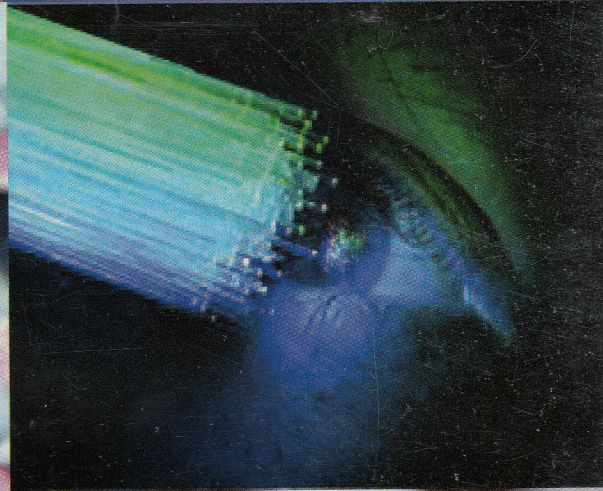
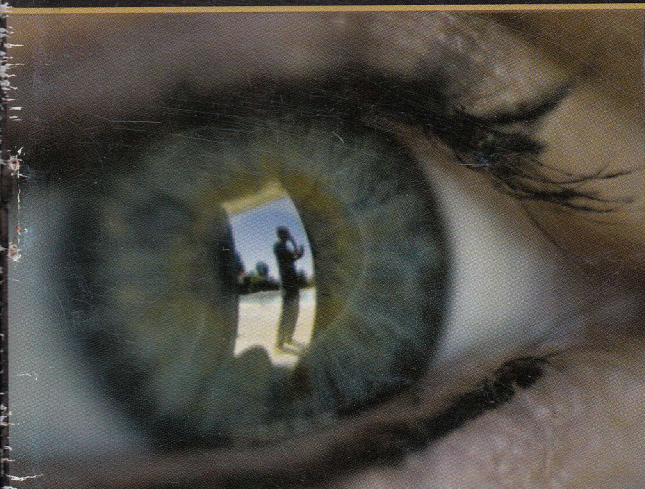


EDUCACIÓN en FÍSICA

ISSN: 0797-9045

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay





EDUCACIÓN EN FÍSICA

Volumen 7 N° 8
Diciembre 2009

Depósito Legal:
299222/09

Redactor Responsable:

Sandry Ramírez
sandryramirez@gmail.com

Consejo de Redacción:

Mario Guerra
Ismael Nuñez
Carlos Zalmavide

Educación en Física es una revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay, que se distribuye gratuitamente entre sus socios.

Comisión Directiva de la APFU:

Fernando Fontán
Carlos Zalmavide
Marta Marroig
Antonio López
Mauricio Rodríguez

Dirección de la Revista:

Gaboto 1435 / Of. 002
Montevideo CP 11200
Telefax: (598 2) 400 1258
E-mail: revistaapfu@gmail.com
apfu@adinet.com.uy

Publica: Ediciones IDEAS

Mercedes 1786
11200 Montevideo-Uruguay
Telefax: 408 6985
E-mail: edideas@adinet.com.uy

M.E.C.: Ed. amparada por Decreto
218/996



Portada:

Composición con imágenes del
certamen FOTO.FÍSICA

EDITORIAL

Estimados colegas, lectores y amigos, aquí estamos nuevamente, presentes con esta nueva edición, con nueva directiva y renovados esfuerzos, con algunos cambios que irán decantando en sucesivas entregas.

Nos llena de alegría seguir viendo en nuestros congresos, jornadas y distintas actividades, gente «nueva» realizando talleres, interesándose por «viejas cosas» en sus nuevas formas y por reediciones de temas y teorías que vuelven a estar en el «tapete». Esa participación se ha visto en dos aspectos fundamentales: brindando y participando; es decir, dando talleres y participando en ellos. Un reconocimiento especial para aquellos que, estando en las partes organizativas de los eventos, se pierden de algunas actividades que son de su interés.

El año pasado la ciencia perdió a uno de sus grandes, nos referimos a Edward Norton Lorenz, matemático y meteorólogo, con muchos puntos de contacto con nuestra disciplina, conocido por muchos de sus aportes a la teoría del caos y por las menciones al llamado «efecto mariposa» en diversos ámbitos, vaya nuestro recuerdo en estas páginas para él. Actualmente un científico uruguayo recibe un importantísimo premio que tiene directa relación con sus teorías y desarrollos. Nuestro reconocimiento también para Marcelo Barreiro (PhD) quién recibirá su premio en abril del año próximo.

Las aspiraciones de nuestra publicación, viven y se nutren de quienes realizan sus aportes en todas sus formas posibles, por eso y como siempre no dejamos de reconocer las «pequeñas» y grandes ayudas que vamos recibiendo a lo largo del camino y a quienes aportan sin que se llegue a publicar les instamos a perfeccionar el trabajo que han hecho y seguir colaborando pues las instancias de intercambio no están, ni por asomo, agotadas ni totalmente exploradas. Alentamos con firmeza a aquellos que están «ahí», en el debate consigo mismo, entre si es importante o no, si aporta o no, si tiene el «nivel adecuado» o no, a que envíen sus trabajos y nos permitan unirnos al intercambio.

Entre las ideas que nos llegan para mejorar la publicación hay muchas que apuntan a fortalecernos a través de las redes sociales de Internet, foros, muros, blogs, etc. Pero también llegan otras para secciones fijas, mejoras en la presentación de artículos y de la tapa; entre otras. Todas ellas nos dan incentivo para seguir configurando una publicación que con aciertos y errores se mantiene con vuestros aportes.

Los esperamos en nuestra despedida de año, ocasión en que nos reunimos para «cerrar» un nuevo año de intenso trabajo. A todos y sus familias un muy buen año 2010 y como siempre que la Física los acompañe.

Prof. Sandry Ramírez
Redactor Responsable

PROCEDIMIENTO DE PRESENTACIÓN DE TRABAJOS

Pueden ser enviadas para su publicación contribuciones de diverso tipo: trabajos teóricos, experimentales, de investigación, tesis, comentarios de libros, trabajos de divulgación, sugerencias de sitios web, comentarios acerca de software, y todo artículo que promueva el conocimiento o la enseñanza de la Física o ciencias afines.

Estos trabajos pueden enviarse impresos, manuscritos o en formato electrónico; por e-mail a: apfu@adinet.com.uy o revistaapfu@gmail.com, por fax al (598 2) 400 1258 o entregados personalmente en el local de la Asociación (Gaboto 1435 Of. 002, días hábiles de 14.00 hs a 19.00 hs) en forma impresa o manuscrita y si es en formato electrónico en CD, DVD, pendrive o tarjetas de memoria, debidamente identificados adjuntando una carta donde se solicita la consideración de dicho trabajo para ser publicado en la Revista.

En general no se aceptarán trabajos que ya hayan sido publicados, o estén en consideración de publicación, por otro medio diferente a esta Revista. El Comité Editorial podrá autorizar en forma extraordinaria la publicación de trabajos que se encuentren en la condición anterior atendiendo a razones justificadas.

Cuando la APFU recibe un trabajo para su publicación en la Revista asume que:

a) dicho trabajo puede ser publicado en la Revista o reimpresso, como considere el Comité Editorial. Para su publicación en un medio diferente a la Revista, la APFU requerirá de los autores una autorización por escrito.

b) es responsabilidad de los autores, no de la APFU, requerir el consentimiento de otras partes para la publicación de dicho material, como ser por ejemplo, imágenes o datos previamente publicados.

El contenido de los trabajos publicados en la Revista es de exclusiva responsabilidad de sus autores, no de la APFU.

Los trabajos serán arbitrados en forma anónima y del informe de este arbitraje se decidirá si dicho trabajo amerita ser publicado en la Revista. Durante el arbitraje se puede requerir de los autores explicar, ampliar o reescribir parte de su trabajo.

Si se decide publicar el trabajo, se les comunicará a los autores la aceptación y se les pedirá, si aún no lo han hecho, de enviar el trabajo en formato electrónico y con el estilo fijado por la Revista.

Para su publicación los trabajos deben ser presentados en formato electrónico susceptible de ser editado. Se prefiere que lo hagan en formato .doc ya sea con MS Word, Writer de OpenOffice.org u otro editor de texto que genere archivos .doc. No se aceptan en formato .pdf

Los trabajos deben ser enviados a la Asociación o la Revista en la forma descrita anteriormente.

Estos trabajos deben ser presentados siguiendo ciertas reglas de estilo. Estas reglas, así como una plantilla que sirve de modelo para la presentación de los trabajos, se encuentran en la página web de la APFU: <http://apfu.fisica.edu.uy>

FOTO.FÍSICA

Uruguay 2010

Martín Monteiro

Laboratorio Abierto de Física Electrónica (L.A.F.E.) | Instituto Tecnológico Superior | CETP-UTU

Laboratorio de Física | Facultad de Ingeniería | Universidad ORT

Asistente de Instrumentación Científica | Instituto de Física | Facultad de Ciencias | UdelAR

Montevideo, Uruguay | E-mail: fisica@adinet.com.uy

I. ¿Qué es FOTO.FÍSICA?

FOTO.FÍSICA es un concurso de fotografía científica organizado por iniciativa de la Sociedad Uruguaya de Física (SUF). Está dirigido a todo público, aunque especialmente orientado a estudiantes, docentes, aficionados e investigadores. El concurso es una oportunidad para involucrarse con la ciencia desde la perspectiva que brinda el arte. Es una forma de motivar a través de la creatividad, ofreciendo la ocasión de acercarse estéticamente a la ciencia. Es también un modo de difundir la ciencia a través de imágenes, es decir, una invitación a la comunidad a participar en actividades de comunicación pública de la ciencia. Las fotografías pueden representar a la ciencia en sus más diversas relaciones con la actividad humana. Pueden mostrar la actividad de un investigador en su actividad profesional, así como el modo en que interviene la ciencia en la vida cotidiana del no científico. Pueden reflejar un fenómeno natural que espontáneamente sea demostrativo de un principio físico o pueden ser montajes especialmente diseñados para captar en una imagen algún fenómeno o concepto físico. En cualquiera de los dos casos las fotografías deben reflejar la física presente en nuestra vida. Finalmente podemos sintetizar este concurso como un desafío a la creatividad, por encontrar las conexiones entre el arte y el conocimiento, entre la observación y la comunicación.

II. ¿Cómo se participa?

Participar es tan simple como tomar una cámara, preguntarse sobre la física que nos

rodea y desafiar a nuestra propia creatividad para captar en una imagen los principios o conceptos físicos involucrados en un fenómeno. Si creemos que podemos abordar la ciencia desde una perspectiva artística, esta es la oportunidad. Recordemos que la física como toda ciencia natural tiene a la observación como uno de sus pilares fundamentales. Con la cámara tenemos una herramienta que nos permite cumplir el reto de poner a prueba nuestra propia capacidad de observación para descubrir y comunicar.

III. ¿Qué se valora?

Se valorará en primer grado la calidad artística y estética de la fotografía, así como el impacto visual y la elocuencia respecto del fenómeno ilustrado. También se valorará la originalidad en la presentación del fenómeno expuesto, y finalmente la pertinencia del título y la claridad del texto explicativo de la imagen.

IV. Sobre categorías y modalidades

A partir del 2010, el concurso cuenta con 2 categorías:

- 1º La investigación científica en el área de la Física que se realiza en Uruguay y sus aplicaciones tecnológicas. Esta fotografía deberá ilustrar algún aspecto del objeto de estudio de la actividad científica o de sus aplicaciones.
- 2º La física en mi vida cotidiana. Esta fotografía deberá ilustrar cómo intervienen

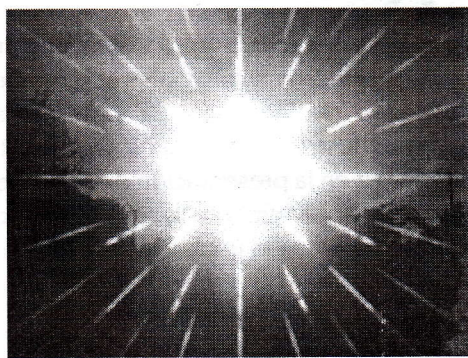
la ciencia y la tecnología en la vida cotidiana de cualquier persona que no se dedica profesionalmente a la actividad científica-tecnológica.

Además, en cada categoría existen 2 modalidades:

- 1º Fotografías Espontaneas o Naturales: todas aquellas fotografías obtenidas en situaciones cotidianas, que son encontradas o buscadas por el fotógrafo pero no preparadas a tales efectos, y que a su criterio reflejan algún fenómeno, principio o concepto físico.
- 2º Fotografías Preparadas: todas aquellas fotografías obtenidas a partir de un montaje especialmente diseñados para captar un principio o concepto físico a través de la imagen.

V. Fotografías 2008:

Primera edición de Foto.Física (que fue dirigido únicamente a estudiantes).



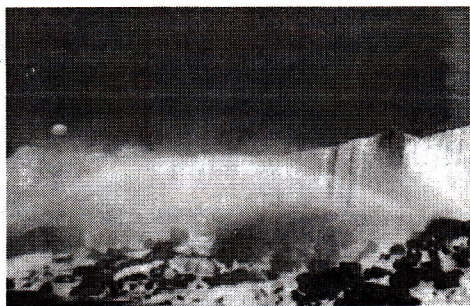
1er premio

Título: Descomposi-sol

Autores: Club de Ciencias «Conchillas Alternativa». Macarena Costabel, Karen Sugo, Robert Giménez, Antonella Perotti, Micaela Pilón.

Liceo Rural de Conchillas (Colonia)

Profesora: Paola Hernández



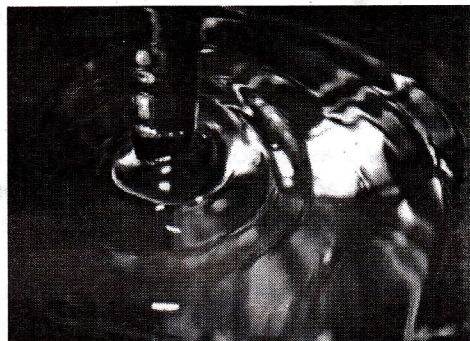
Mención

Título: Cataratas del Niágara

Autor: Alejandra Cecilia Cara Pirán

Liceo N° 2 de Carmelo (Colonia)

Profesora: Cristina Araújo



Mención

Título: Ondas Mecánicas Superficiales

Autor: Mariana Iraola Matto

Colegio y Liceo Jesús María (Montevideo)

Profesor: Guzmán Trinidad

VI. REFERENCIAS: sobre concursos similares en el mundo

AAPT American Association of Physics Teachers

Photo Contest

<http://www.aapt.org/Contests/PhotoContest.cfm>

AIP Australian Institute of Physics

Physics Photo Contest

<http://www.vicphysics.org/photocontest.html>

MILSET Europe (International Movement for Leisure Activities in Science & Technology)

Science Photo Contest: «When Art Meets Science»

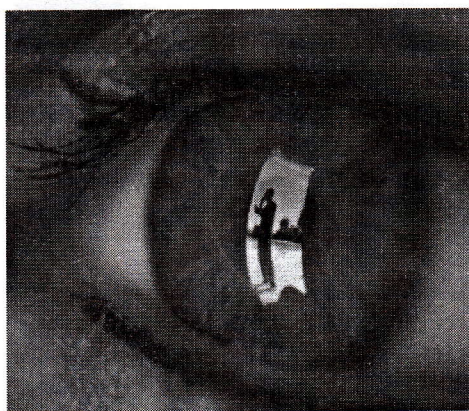
<http://espc.milset.org/>

CONACYT México (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología)

Concurso Nacional de Fotografía Científica.

http://www.conacyt.mx/Convocatorias/Convocatoria_Concurso-Fotografia.html

VII. Ejemplos de Fotografías premiadas en otros concursos similares en el mundo

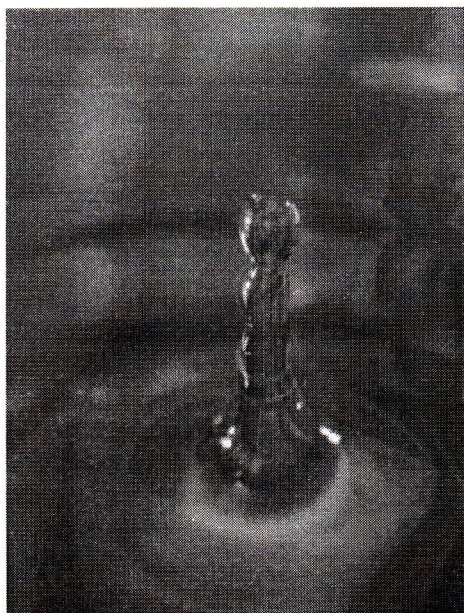


AAPT Photo Contest 2007

1er. Lugar

Categoría: Natural

Título: Córnea actuando como espejo convexo.

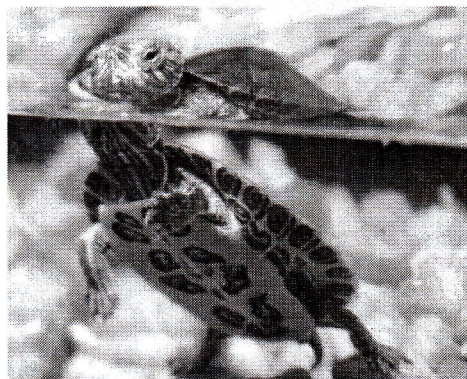


AAPT Photo Contest 2004

Mención Honorable

Categoría: Natural

Título: El maravilloso mundo del agua.



AAPT Photo Contest 2004

2do. Lugar

Categoría: Natural

Título: Una tortuga refractiva.

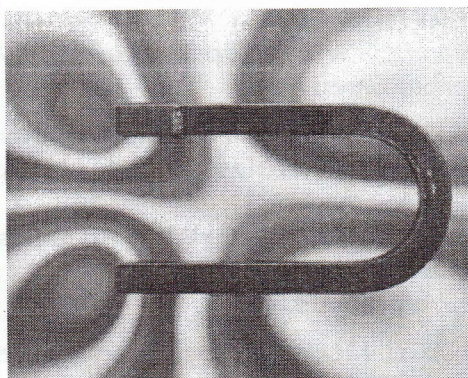


AAPT Photo Contest 2008

1er. Lugar

Categoría: "Preparada"

Título: Peculiaridades de un sujetapapeles.



AAPT Photo Contest 2006

Mención honorable

Categoría: "Preparada"

Título: Distorsiones magnéticas.



AAPT Photo Contest 2007

1er. Lugar

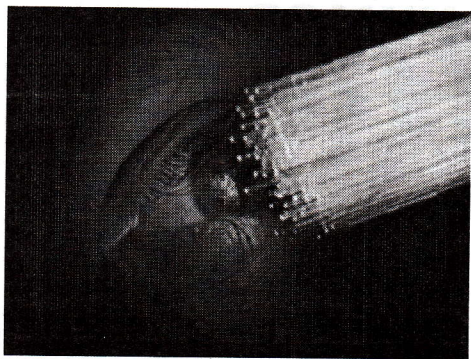
Categoría: "Preparada"

Título: Inversión de imagen.



CONACYT México 2008
Concurso Nacional de Fotografía Científica

Título: Grial de luz.



**MILSET Europa 2008
Science Photo Contest**

Foto Ganadora



**AIP Australia 2008
Physics Photo Contest**

Título: Arco iris, refracciones y reflexiones espectaculares.

VIII. Las bases

Bases del Concurso Fotográfico Foto.Fisica 2010

REQUISITOS: Podrán participar todos los uruguayos naturales o con residencia permanente.

MOTIVOS: La fotografía participante debe exponer e involucrar algún fenómeno físico, ya sea espontáneo, natural o preparado especialmente.

FORMATOS: Las fotografías participantes deben estar en formato digital BMP, TIF, PNG o JPG, con resolución mínima 1024x768. No serán aceptadas las fotografías con trucos digitales.

INSCRIPCIÓN: La fotografía debe enviarse por correo electrónico a: **fotos.fisica.uy@gmail.com**, enviando la descripción y los datos personales como archivos adjuntos. En el 'asunto' debe indicarse la categoría en la que se participa y el título de la fotografía. Cada autor puede participar con todas las fotografías que considere.

DESCRIPCIÓN: Cada fotografía debe ir acompañada de un archivo de texto en el que se indique la categoría, el título y una descripción, que explique el fenómeno y/o el concepto físico involucrado, así como descripción de la circunstancia y/o técnica del momento capturado. En total no se deben superar las 500 palabras. Esta descripción debe adjuntarse en formato .odt, .txt o .rtf.

DATOS PERSONALES: Cada fotografía debe ir acompañada de los datos personales del autor, Nombres y Apellidos / Documento de Identidad / Fecha de Nacimiento / Ciudad / Departamento / Dirección / Código Postal / Teléfono / Correo electrónico / Ocupación / Lugar. Estos datos deben adjuntarse en formato .odt, .txt o .rtf.

Al enviar su fotografía el participante acepta estas bases y afirma ser el autor de las fotografías que presenta, y concede autorización para su utilización no comercial por parte de la Sociedad Uruguaya de Física.

PLAZOS: La fecha límite para la presentación de fotografías es el 15 de agosto de 2010.

EXPOSICIÓN: A partir del 15 de setiembre de 2010, las fotografías seleccionadas formarán parte de una exposición en fotogalería virtual, accesible a todo público vía internet.

FÍSICA DEL HUMOR

Humor: Lenguaje que emplean las personas inteligentes para entenderse con sus iguales. (Edgar Neville, escritor). Sensación que hace que te rías de aquello que te irritaría si te sucediera a ti. (William Davis).

Un Periodista le pregunta a un astronauta estancado en órbita:

– ¿Cómo se siente en estos momentos?

R: ¿Cómo se sentiría Ud. si estuviera varado aquí, sentado sobre la «unión» de 20000 partes suministradas cada una por el proveedor más barato?

• • •

Invitación Física: «¿Vamos a convertir nuestra energía potencial en cinética?».

• • •

– ¿Cuál es el nombre del inspector de UTE más famoso?

– Sherlock Ohms

– Y ¿qué le dice a su ayudante cuando descubren un fraude?

– Elemental mi querido Watt.

• • •

La masa gravitatoria coincide con la masa inercial. Es decir, la inercia que algo presenta y la «gravedad» que posee son, en la práctica la misma. Lo interesante es que no parece haber ninguna razón por la que esto tenga que ser cierto. Podríamos imaginar un objeto extremadamente grande con una gran resistencia ante las fuerzas pero sin «gravedad» (o viceversa), pero esto no se ha observado nunca ... ¿Sabes qué? Voy a saltarme el resto de la preparación y decirlo directamente: «Tu madre está gorda».

• • •

Diálogo en una «Centrifugadora» de ropa.

Buzo: ¿qué te parece «gotita», ahora me van a secar y por fin me desharé de ti.

Gotita: a sí, mirá como me agarro.

B: – En cuanto encienda la máquina verás como la fuerza centrífuga te expulsa por esos agujeritos.

G: – ¡Já!, la fuerza centrífuga no existe, existe la centrípeta.

B: – Ridícula, pareces profesora de Física, deja que esto entre en rotación y verás.

G: – ¿Pretendes que por propia voluntad cambie de sistema de coordenadas mientras esto esté en marcha?

B: – No, pretendo que te vayas por el drenaje.

• • •

A neutron walked into a bar and asked, «How much for a drink?» The bartender replied, «For you, no charge».

• • •

¿Será cierto que un gato radiactivo tiene 18 vidas medias?

• • •

Cuentan que cuando Eistein vino a Uruguay quiso viajar en tranvía, lo hace y se sienta frente a un estudiante de Física que al verlo no lo puede creer y atina a preguntarle: «Excuse me, professor. Does Palacio Legislativo stop at this tranvía?» (NR: is fictional, obviously)

• • •

Un niño pequeño le comunicó a su madre que nunca más volvería a correr. La madre (Profesora de Física) preocupada le preguntó porqué y el niño le explicó «Porque te oí decir que cuánto más rápido se mueve más corto se vuelve».

DINOSAURIOS EN MOVIMIENTO:

La estimación de velocidad a través de sus pisadas

Martín Ghizzoni

Liceo N° 4 de Salto - martinghizzoni@hotmail.com

Mucho de lo que se sabe acerca de la forma de vida de los dinosaurios y otros animales extintos se debe a la aplicación de los principios de la Física y la Ingeniería. Han podido ser extraídas interesantes conclusiones sobre las características de las faunas fósiles a través del análisis de la biomecánica de sus cuerpos.

En este caso se describe cómo es posible realizar una estimación de la velocidad a la que se mueve un animal estudiando sus huellas y qué solución se encontró para determinar la forma en que se movieron estas fascinantes criaturas hace 65 millones de años.

Las características del rastro que deja un animal en el suelo puede decirnos mucho acerca de la forma en que se movió. Cuando una persona camina lentamente, por ejemplo, da zancadas cortas, cuando camina rápido da zancadas largas y cuando corre sus zancadas son más largas aún. Por zancada entendemos la distancia entre huellas dejadas por el mismo pie. La figura 1 muestra cómo cambia la longitud de zancada de un humano adulto a diferentes velocidades.

Lo mismo puede ser observado en animales: a mayor velocidad mayor es su longitud de zancada. Ahora, cuando un niño camina con un adulto, puede notarse que el adulto da menos zancadas y más largas, y el niño da más zancadas pero más cortas. De forma similar los animales de diferentes tamaños dan zancadas de distintas longitudes cuando viajan a la misma velocidad. Esto significa que para cada tamaño diferente hay una relación distinta entre la longitud de zancada y la velocidad, por lo tanto si se encuentra una serie de pisadas y se quiere calcular la velocidad a la que se mueve el animal es necesario conocer qué especie fue la que produjo esas huellas y a su vez si fue un adulto o un juvenil de la especie para así saber cuál es la relación matemática a aplicar.

Esta relación se obtiene de la observación de animales vivos, midiendo para distintas velocidades las correspondientes longitudes de zancada, método que resulta imposible aplicar a los dinosaurios.

Pero existe una forma de resolver esta cuestión que funciona bastante bien para aves y mamíferos, entonces sería posible

aplicarlo a dinosaurios ya que estos animales se movían de forma similar (Benton 1993, 2005) adoptando una postura completamente erecta: esto es con los miembros saliendo directamente debajo del cuerpo.

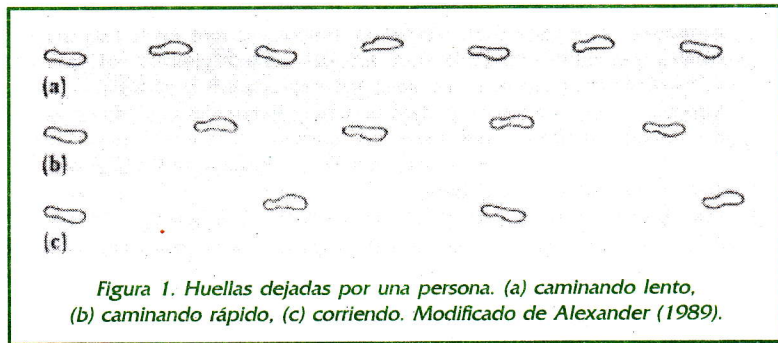
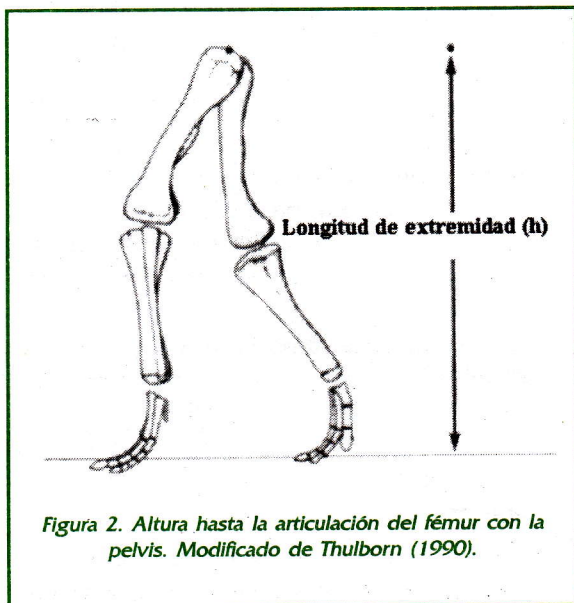


Figura 1. Huellas dejadas por una persona. (a) caminando lento, (b) caminando rápido, (c) corriendo. Modificado de Alexander (1989).

Se define la longitud relativa de zancada como la relación entre la longitud de zancada y la longitud de la extremidad:

$$SL / h = \text{longitud de zancada} / \text{longitud de extremidad}$$

considerándose que la longitud de extremidad es la altura desde el suelo hasta la articulación con la pelvis (figura 2). Esta magnitud se define porque se espera que animales de diferentes tamaños tengan igual valor de SL / h cuando se muevan a velocidades equivalentes.



El concepto de velocidad equivalente se utiliza, por ejemplo, en la prueba de modelos de barcos para testear su comportamiento en el agua antes de construir el de tamaño real.

Que dos cuerpos se muevan a velocidades equivalentes significa que ambos tienen el mismo Número de Froud, en este caso sería:

$$v^2 / (L \cdot g)$$

donde L es la longitud del casco del barco, v es la velocidad a la que viaja y g la aceleración gravitatoria. Por ejemplo un barco de 200 m de largo que viaja a 10 m/s tiene un Número de Froud de $10^2 / (200 \cdot$

$9,8) = 0,051$. Si se quiere entonces estudiar un modelo de 4 m de largo, por ejemplo, se deberá moverlo a $\sqrt{(0,051 \cdot 4 \cdot 9,8)} = 1,4$ m/s para que tenga un comportamiento similar al del barco real en el agua. En este caso el barco real y su modelo se dice que tienen similitud dinámica.

Por otra parte también es de esperar que dos animales que se mueven con similitud dinámica también tengan el mismo Número de Froud (Alexander 2003), que en este caso se determina como:

$$v^2 / (h \cdot g)$$

A partir de estudios en animales actuales Alexander (1976) induce que:

$$SL / h = 2,3 \cdot (v^2 / (h \cdot g))^{0,3}$$

Por lo tanto la velocidad es $v = 0,25 \cdot SL^{1,67} \cdot h^{-1,17} \cdot g^{0,5}$ de manera que conociendo la longitud de zancada de un dinosaurio y la altura de la extremidad hasta la pelvis sería posible estimar cuán rápido se movió cuando dejó sus huellas sobre el suelo.

Para determinar cuál es el valor de h correspondiente a una huella determinada hubo que realizar mediciones en muchos esqueletos de dinosaurios para encontrar finalmente que la longitud de extremidad es aproximadamente 4 veces la longitud de la huella (no la de la zancada sino el largo de la huella de un solo pie), tanto en bípedos como en cuadrúpedos (Alexander 1989).

Así entonces, un dinosaurio con una longitud de huella (FL) de 64 cm tendría una altura hasta la cadera de $h = 4 \cdot 64 = 256$ cm, y si la longitud de zancada fuera $SL = 3,3$ m:

$$v = 0,25 \cdot 3,3^{1,67} \cdot 2,56^{-1,17} \cdot 9,8^{0,5} = 1,9 \text{ m/s}$$

Es posible además hacer inferencias sobre el tipo de marcha a la que se mueve el animal a través del análisis del valor de la longitud relativa de zancada. Si $SL / h < 2,0$

el animal está caminando, si $2,0 < SL / h < 2,9$ está trotando y si $SL / h > 2,9$ está corriendo (Alexander 1976). Para el caso del dinosaurio anterior $SL / h = 3,3 / 2,56 = 1,3$ por lo que se estima que estaría caminando.

Estudios posteriores más detallados (Thulborn 1990) revelaron que h no es en todos los casos 4 veces la longitud de la huella (FL) y se propuso las siguientes relaciones:

Grupo	Relación $h - FL$
Terópodos pequeños ($FL < 0,25 \text{ m}$)	$h = 4,5 \cdot FL$
Terópodos grandes ($FL > 0,25 \text{ m}$)	$h = 4,9 \cdot FL$
Ornitópodos pequeños ($FL < 0,25 \text{ m}$)	$h = 4,8 \cdot FL$
Ornitópodos grandes ($FL > 0,25 \text{ m}$)	$h = 5,9 \cdot FL$
Saurópodos	$h = 5,9 \cdot FL$

Recalculando h para el dinosaurio anterior, cuyas huellas están en Queensland, Australia, se obtiene que es de $4,9 \cdot 64 = 314 \text{ cm}$ porque es un terópodo de gran tamaño y la velocidad según el nuevo modelo es $0,25 \cdot 3,3^{1,67} \cdot 3,14^{-1,17} \cdot 9,8^{0,5} = 1,5 \text{ m/s}$.

Mazzetta y Blanco (2001) han aplicado este análisis al yacimiento de huellas fósiles de Península Nueva, Neuquén, Argentina estimando la velocidad de distintos grupos de dinosaurios (en ese estudio consideraron $h = 4,0 \cdot FL$ para los saurópodos). Por ejemplo lograron determinar que un ejemplar de *Limayichnus* (un ornitópodo) se movía a unos $2,6 \text{ m/s}$ y tenía una relación $SL / h = 1,59$ lo que indica que estaría caminando. Por otra parte *Sauropodichnus* (un saurópodo) se movía a apenas $0,5 \text{ m/s}$ con $SL / h = 0,55$ lo que indica una marcha muy lenta.

Es interesante notar que los dinosaurios de Península Nueva presentan todos una SL / h menor de $2,0$ indicando se movían con marchas lentas (caminando). Este resultado se ha repetido en otros estudios de huellas de dinosaurios de otras partes del mundo, lo cual puede deberse a que si los rastros fueron preservados fue en primer lugar porque el suelo estaba blando y los

animales que por allí pasaron tuvieron que hundirse para dejar las marcas, entonces la caminata en sedimentos blandos dificultó su movimiento. Pero también si se observan animales actuales puede notarse que la mayor parte del tiempo caminan, y corren solamente cuando es necesario por ejemplo cuando cazan o escapan de sus depredadores.

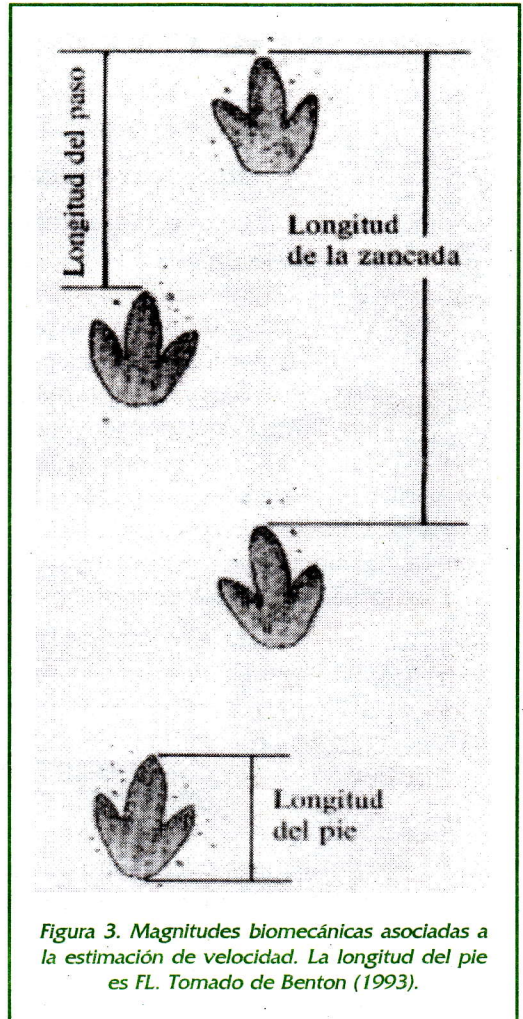


Figura 3. Magnitudes biomecánicas asociadas a la estimación de velocidad. La longitud del pie es FL. Tomado de Benton (1993).

Referencias

- Alexander, R. McN. 1976. Estimates of speeds of dinosaurs. *Nature* **261**, 129-130.
- Alexander, R. McN. 1989. *Dynamics of Dinosaurs and Other Extinct Giants*. Columbia University Press. New York.

Benton, M. 1993. *Tras las huellas de los dinosaurios*. Acanto. Barcelona.

Benton, M. 2005. *Vertebrate Palaeontology*. Blackwell. Oxford.

Mazzetta, G y Blanco, E. 2001. Speeds of dinosaurs from the Albian-Cenomanian of Patagonia and sauropod stance and gait.

Acta Palaeontologica Polonica 46, 2, 235-246.

Thulborn, T. 1990. *Dinosaur Tracks*. Chapman and Hall. New York.

Alexander, R McN. 2003. *Principles of Animal Locomotion*. Princeton University Press. Princeton.

CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS I

Eppur si muove. 22 de junio de 1633

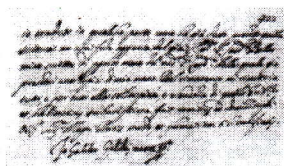
<http://asv.vatican.va/ES/doc/1616.htm>



«Yo Galileo, hijo del finado Vicenio Galilei, florentino, de setenta años de edad, habiendo comparecido personalmente ante este tribunal y arrodillado ante vos, los Reverendísimos Señores Cardenales Inquisidores Generales contra la depravación herética en toda la comunidad cristiana, teniendo ante mis ojos y puesta la mano sobre los Santos Evangelios, juro que siempre he creído, creo y con la ayuda de Dios creeré



todo cuanto es sostenido, predicado y enseñado por la Santa Iglesia Católica Apostólica y Romana. Pero como luego de un requerimiento que me fuera intimado judicialmente por el Santo Oficio a efectos de que debería abandonar para siempre la falsa opinión de que



el Sol se halla en el centro del mundo, e inmóvil, y que la Tierra no es el centro del mundo y se mueve, y que no debo sostener, defender ni enseñar en modo alguno, ya sea verbal y escrito, la dicha falsa doctrina y luego de haber sido notificado de que tal doctrina es contraria a las sagradas escrituras, escribí e imprimí un libro en el que discuto esta nueva doctrina ya condenada y aduzco

argumento de gran fuerza lógica a su favor, sin pronunciar ninguna solución de los mismos, he sido proclamado por el Santo Oficio como fuertemente sospechoso de herejía, o sea de haber sostenido y creído que el Sol se halla en el centro de la tierra inmóvil y que la Tierra no es el centro y se mueve... Por tanto, deseoso de apartar de la mente de Vuestras Eminencias y de la de todo fiel cristiano tal sospecha vehemente justamente concebida contra mí, con todo mi corazón y fe sincera abjuro, maldigo y detesto los predichos errores y herejías y en general todo otro error, herejía y secta contrarios en modo alguno a la Santa Iglesia y juró que en adelante no diré ni aseguraré verbalmente o por escrito la dicha falsa doctrina...».

... Yo, el dicho Galileo Galilei, he abjurado, prometido y obligándome según he acabado de expresar y en testimonio de cuya veracidad he suscrito de mi propia mano el presente documento de mi abjuración y recitándolo palabra por palabra, en Roma, en el convento de Minerva, este día 22 de junio de 1633» (La Vanguardia n° 149, noviembre 1992, Uruguay).

Imágenes: Lit. G. Galilei; Galileo ante el Santo Oficio de Joseph-Nicolas Robert-Fleury; texto parcial de la abjuración museo Galileo.

ENSEÑAR A ESCRIBIR EN CLASE DE FÍSICA

Prof. Mag. Gabriela Tomás

gabytomas60@hotmail.com

Resumen:

Este artículo contiene una reflexión sobre el valor de incorporar el «enseñar a escribir» al «enseñar física». Para ello incorpora conocimientos de la lingüística, disciplina de gran desarrollo en la actualidad y que integra las ciencias cognitivas.

El mismo contiene una serie de preguntas sobre cómo aterrizar esas ideas fruto de la investigación a la enseñanza de la física, ensayando para ella algunas respuestas.

Finalmente, presenta una propuesta de escritura reflexiva para el bachillerato, en torno al tema flotación, en el marco del estudio de los Principios de Newton. La misma se desarrolla en torno a dos preguntas guía: ***¿Cómo logran flotar y moverse los peces a diferentes profundidades? ¿Existen diferencias entre los peces de agua dulce y los de agua salada respecto a la flotación?***

Palabras clave:

Lenguaje; escritura reflexiva; funciones cognitivas; habilidades comunicativas; formación científica.

Introducción

Los lingüistas señalan respecto a los procesos de escritura, que éstos promueven el desarrollo del pensamiento, revelándose en esos procesos verdades que luego aprende la mente y no al revés (Wells, 1987). Se refieren a la escritura que se desarrolla en forma reflexiva.

El hecho de que escribir «informa» a la mente podría generarnos la inquietud de ¿cómo puede ser que el autor de un texto se sorprenda de su propia obra?, ¿acaso no es su autor?

Sin embargo, si ponemos en juego nuestra experiencia como «escritores», encontraremos el sentido de esta idea.

Cuando se escribe en torno a un problema, sobre alguna interrogante o buscando integrar ideas o conceptos sobre una determinada temática, podemos experimentar cómo la escritura tiene un nivel epistémico, donde el acto de escribir nos obliga a ordenar las ideas, hilvanarlas e integrarlas.

El producto final, el texto que producimos, las ideas que en él desarrollamos, con frecuencia pueden quedar plasmadas de una forma que no era evidente o suficientemente clara, previo a la escritura.

La escritura concebida de esta forma se vuelve un poderoso instrumento para el desarrollo y construcción del propio pensamiento, convirtiéndose en una actividad de alta exigencia cognitiva para quien la realiza.

Se aprende a escribir escribiendo, y éste es un aprendizaje que transforma nuestra mente (Gabbiani, 2000), por lo que en nuestras prácticas como docentes de física deberíamos promover más este tipo de escritura, porque sin duda pensar en conceptos del mundo físico requiere construir nuevas formas de pensar que no exige el contexto cotidiano.

El escribir requiere de procesos que trascienden lo lingüístico hacia lo cognitivo, pues quien escribe con autoría realiza actividades de pensamiento superior.

Por ello, realizar acciones en nuestras clases que promuevan el aprender a escribir se reconoce hoy como un objetivo primordial que trasciende disciplinas y niveles.

Las palabras son el «soporte» a través del cual pensamos, por lo que enriquecer el

lenguaje de nuestros alumnos debería ser un objetivo siempre presente en nuestras clases.

Al respecto Reinoso (2006, p.153) cita a Millás (s.f.) quien expresa «La reducción del lenguaje estrecha el campo de la visión y el pensamiento, porque la lengua es un órgano de la visión. Cuando voy al campo sólo, dada mi ignorancia, sólo veo árboles. Pero si voy con un experto, además veo acacias, pinos, álamos y robles».

Las palabras tienen la capacidad de representar nuestra realidad, ocupan un «espacio» en nuestra mente en lugar de las cosas que representan, sin ser ellas mismas. A partir de una sintaxis ordenamos las palabras al mismo tiempo que otorgamos un orden a aquella porción de la realidad con la que se corresponden (Rago, 2000).

Al respecto Rago, et al., 2000 expresa:

«Las palabras son signos que constituyen un sistema que nos permite comunicarnos; las cosas conforman nuestro mundo, nuestra realidad y son el referente de las palabras. Pese a que en las definiciones el lenguaje y la realidad tengan un lugar diferenciado, en el seno de la relación que los une hay un punto en que no podemos disociarlos. Por un lado, la evolución de las distintas comunidades de hombres corre paralela al desarrollo de su lenguaje; por otro lado, nuestro conocimiento de las cosas está condicionado por un *a priori* que es la gramática». (p.1)

Las representaciones que construye nuestro cerebro respecto a la realidad, al aprender física, logran trascender la experiencia personal y nuestras posibilidades *a priori* de pensamiento. Reconstruimos la experiencia y el pensamiento, de mentes brillantes como han sido los físicos de todos los tiempos.

Este aprendizaje que debe transformar nuestra mente sólo puede realizarse como expresaba Newton «pensando y pensando», y para ello realizar procesos de escritura reflexiva constituye una excelente herramienta.

La construcción de los significados de la información que se comparte en clase, requiere de la activación de procesos mentales que implican funciones cognitivas como la atención y la memoria. Esa activación en términos biológicos implica «comunicación» entre neuronas, sinapsis, que modifican la arquitectura cerebral. Esto es lo que debemos provocar en la mente de nuestros alumnos, y es lo que llamamos aprender.

Es imposible que el saber del docente pase directamente de su mente a la mente de los alumnos.

Debemos activar procesos cognitivos en la mente de otros, hecho por el cual debemos diseñar y validar modelos didácticos más centrados en los alumnos. Entre esos procesos, se encuentran aquellos que posibilitan la expresión escrita en situaciones comunicativas (Cuellar, 2007 cita a Hernández y Quintero, 2001).

¿Cuál es la voz que prevalece en nuestras clases? Los docentes mantenemos el control conversacional en nuestras clases ejerciendo formas de silenciar la voz de los alumnos, modulando sus intervenciones y respondiendo a una tríada pedagógica pregunta-respuesta-evaluación (Gabbiani, et al., Proyecto aprobado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica-UdelaR, s.f.)

Si nuestra inquietud didáctica es desarrollar una enseñanza dialéctica que promueva interacciones no con receptores pasivos de información sino con procesadores de información significativa y con intención, entonces deberíamos ofrecer más posibilidades para que la voz de nuestros alumnos se escuche más en nuestras clases.

En el marco de una enseñanza colectiva la posibilidad de que se escuchen la voz de todos de forma sostenida y no fragmentada es baja. Por ello resulta válido promover con más frecuencia actividades de escritura reflexiva en nuestra práctica.

La escritura hace visible el proceso de aprendizaje que sigue cada alumno, per-

mitiendo que desarrollemos nuestra mediación de una forma diferenciada de acuerdo a las necesidades de cada uno.

Sus producciones escritas nos permitirían comprender cómo los alumnos construyen sus aprendizajes, y nuestra intervención debería estar orientada a que los mismos logren progresivamente mayor conocimiento y regulación de sus procesos cognitivos. Esto implica reconocer que el enseñar a aprender es un objetivo importante en sí mismo pero además el medio para lograr los otros objetivos educativos como por ejemplo, el aprendizaje conceptual.

En consideración a estas ideas, debemos aprender a realizar nuestra mediación generando contextos estimulantes donde sea posible escuchar a los alumnos y que se logren escuchar entre ellos, para luego escribir sobre aspectos de la realidad en los cuales están implicados los significados que encierran los conceptos físicos. Mediante este recurso es posible que organicen y reestructuren sus conocimientos, desarrollando al mismo tiempo habilidades comunicativas.

Si se nos generara alguna duda de por qué debemos desarrollar acciones como docentes de física para promover paralelamente el aprendizaje de conocimientos del mundo físico, que los alumnos aprendan a escribir, y que enriquezcan su lenguaje, podemos apelar a continuación, a algunas metáforas llenas de sentido, que pueden conmover nuestros referentes.

Según el valenciano Juan José Millás (Reinoso et., 2006, p.153) «una sociedad que habla mal o que escribe mal no puede pensar bien.... Cada palabra que se cae del vocabulario es como una pieza dental que se pierde. Con esos dientes que llamamos «palabras» masticamos la realidad para digerirla y comprenderla».

Enriquecer el vocabulario de nuestros alumnos es un objetivo válido para orientar nuestra acción pedagógica, pues quien tiene un vocabulario de 500 palabras tiene un pensamiento de 500 palabras.

Sanmartí, Izquierdo (1997) al respecto señalan que nuestro proceso de enseñanza tiene objetivos que trascienden el propio conocimiento disciplinar, integrando contenidos procedimentales y actitudinales que constituyen instrumentos mediadores para el aprendizaje de contenidos conceptuales. Entre esos contenidos se destacan aquellos que se relacionan con las habilidades cognitivo-lingüísticas ya que para aprender ciencias es necesario aprender a hablar y a escribir sobre ciencias.

¿Qué significa aprender a escribir?

Cabe plantearnos entonces esta pregunta como docentes de física. Significa saber planear, organizar ideas, textualizar, revisar, corregir, comparar, releer y reescribir (Ares, 2006).

Resulta movilizante encontrar que muchas de las habilidades cognitivas que requiere la actividad científica y que nosotros promovemos en nuestras clases, las requiere la escritura.

La misma puede constituirse para los alumnos de la enseñanza media en un instrumento para poner en relación conceptos, organizarlos y estructurarlos.

Para ello escribir no debe reducirse a transcribir información «textual», debe implicar pensar y reflexionar sobre determinado fenómeno, buscando construir respuestas a ciertas interrogantes «productivas» y no «reproductivas».

Montserrat Castelló citada en Monereo, 2000:151-152, expresa:

«Los escritores que siguen este modelo, en el momento de escribir no se paran demasiado rato a planificar y decidir qué es lo que escribirán; más bien empiezan a escribir tal como le viene a la mente, enlazando una idea detrás de otra sin un plan previo que guíe la selección y el orden. [...] Luego, sólo se trata de plas-

mar aquello que sabe, tal como lo sabe y el texto puede ser muy coherente. Sin embargo, es imposible que escribiendo de esta manera tan poco reflexiva se produzca conocimiento [...] tampoco acostumbra a ser posible responder a demandas complejas y específicas que implican reorganizar el propio conocimiento.

¿Cuántas oportunidades ofrecemos en nuestras clases de física de desarrollar actividades de escritura que impliquen estos procesos?

Nuestros clásicos «escritos» de la enseñanza media no promueven este tipo de saber ya que en ellos, ciertos procesos como la planificación, revisión, y relectura están ausentes pues el tiempo en que éstos se desarrollan no lo permiten.

Más cercano a esta concepción de escritura podrían ubicarse los informes de laboratorio, sin embargo, si estas actividades son desarrolladas en torno a protocolos que ya definen objetivos, procedimientos, breves desarrollos teóricos, poco margen dejan para la planificación, la organización de las ideas, para la revisión y la reescritura.

A través de la escritura es posible observar el proceso individual de aprendizaje que sigue cada alumno, lo que puede pensar-expresar y lo que aún se encuentra «potencial», teniendo la posibilidad de ofrecer apoyos y orientaciones diferenciadas. De este modo, podemos dar batalla a la heterogeneidad, ya que en educación, la evidencia empírica, aunque tal vez no contrastable de la misma manera que el conocimiento físico, demuestra que es imposible que los seres humanos aprendamos todos al mismo ritmo y con la misma explicación.

Allí donde se quiebra el discurso, es el «lugar» donde debemos realizar nuestra mediación.

Esto le otorga a estos textos un gran valor para la enseñanza del propio conocimiento físico, ya que es indudable que uno de los fines de la educación es la transmisión de saberes a las nuevas generaciones. Al respecto, Mariano Martín Gordillo 2006, señala:

«Que la educación tiene en la transmisión de los saberes a las nuevas generaciones uno de sus fines principales es algo obvio. Hay buenas razones para defender que la educación debe propiciar la adquisición de conocimientos. La idea de humanización ha de incluir necesariamente la dimensión cognoscitiva como definitoria de nuestra especie. Somos homo sapiens. O mejor dicho, llegamos a ser homo sapiens si nos educamos, si aprendemos a conocer. Porque conocer forma parte de la esencia del ser humano». (Revista Electrónica de Educación OEI N°42).

Pero como muy bien ha señalado este autor educar para conocer no nos debe hacer perder de vista, que también debemos educar para desear conocer, promoviendo el placer por descubrir, vaya desafío cuando sabemos que la construcción de conceptos del mundo físico es un proceso lleno de obstáculos como ha afirmado el epistemólogo francés Gastón Bachelard.

La investigación didáctica ha demostrado que la mente individual, cuando realiza procesos de aprendizaje referido al conocimiento físico y a otras formas de conocimiento, sigue las mismas etapas que históricamente implicó su construcción. No puede aprenderse el conocimiento como «producto final» pues el aprendizaje tiene una naturaleza evolutiva.

Por ello no se construyen en un sólo curso, como muy bien lo sabemos los docentes de física, sobretodo de nuestra experiencia como alumnos, ya que muchos de ellos los fuimos construyendo a través de la reiterada interacción con los mismos, y a nuestro pesar, muchos continúan en un proceso de revisión y construcción continua, que acompaña nuestra práctica docente.

Lo interesante es que a través de ellos, sin embargo, es posible promover otros saberes, como aquellos vinculados a la escritura.

No puede enseñarse a escribir sin un «contenido» que le de sostén a la acción y si no se genera una genuina inquietud por comunicar.

Es decir la enseñanza de la expresión escrita debe desarrollarse en un contexto comunicativo real por ello forma parte de la acción pedagógica de todos los docentes. Quien enseña a escribir debe conocer la materia sobre la cual se escribe, para poder corregir y ayudar.

Al promover prácticas de escritura sobre fenómenos del mundo físico puede observarse cómo éstas, mejoran con mucho más eficiencia que la construcción del propio conocimiento físico.

La aplicación de evaluaciones sobre el aprendizaje de un mismo concepto físico, antes de su enseñanza, una vez finalizada y un mes después, nos permite observar la fragilidad que tiene el proceso de construcción de conocimientos (Cros y Respaud, s.f., p.3).

En cambio el «saber» asociado a la escritura, a pesar que se construye en un proceso largo y continuo, cuya consolidación y desarrollo se prolonga durante toda la vida, se consolida más al corto plazo, cuando lo promovemos a través de procesos de enseñanza específicos (Cros, et al., s.f., p.3).

Es posible integrar a nuestras clases la propuesta de escribir un texto explicativo sobre determinado fenómeno real que le otorgue validez y valor instrumental al conocimiento físico. Esta propuesta debería promover procesos de escritura con las características ya señaladas, donde la coherencia y cohesión del texto, requiera de poner en juego los diversos significados que encierran los conceptos físicos.

De este modo el texto se constituirá en una «unidad comunicativa» con un significado global.

La propuesta de confeccionar un texto de estas características debe desarrollarse en un entorno estimulante, centrado en un problema o interrogante.

El mismo debería ser planificado en forma colectiva, requiriendo búsqueda y revisión de información, promoviendo interacciones entre todos, compartiendo objetivos y realizando muchos acuerdos. Por dónde empezar, qué no podrá faltar, cuál será la idea más importante a desarrollar, si el mismo deberá estar acompañado de imágenes y representaciones, etc. De este modo, ubicaremos a la actividad de escritura no sólo como un proceso individual, sino como «un proceso comunicativo y social» (Hernández, et al.).

La actividad deberá presentar exigencia cognitiva para todos, por lo que no podrá ser realizada en forma autónoma en primera instancia, requerirá de nuestra mediación para, por aproximaciones sucesivas, comenzar a avizorar la solución o respuesta buscada.

En nuestro rol de mediadores deberemos darle «dirección» al proceso que siguen los alumnos, ofreciendo aquellas preguntas intermedias que no surgen y que destraban, colectivizando recursos cognitivos, señalando dónde hay que profundizar en la lectura, compartiendo no productos del pensamiento sino formas de pensar. Todo esto en un contexto que permita que los alumnos conserven la autoría de sus textos, pues a pesar de todas las interacciones con materiales de consulta, con los pares, con el docente, finalmente tendrán que expresar ideas, secuenciando las palabras, por lo que deberán pasar por el «filtro» de su pensamiento.

Estimular la escritura de los alumnos, así como apoyar la revisión y control de la misma es nuestra tarea, donde intervenimos y nos replegamos alternadamente, para promover algo que no podemos hacer por los alumnos: aprender.

De este modo, el enseñar y el aprender, no son concebidos respectivamente, como

«desarrollar y seguir» explicaciones, sino que el binomio será cambiado por «mediar y desarrollar» acciones para lograr objetivos compartidos. Tal vez así en nuestras clases se escuche menos nuestra propia voz y tomen un papel más protagónico los alumnos.

Los textos escritos pueden constituir la «huella» del camino colectivo, de donde partimos y donde llegamos (Brugière, Lacotte, s.f., p.4).

Si conservamos los sucesivos textos que un mismo alumno va reescribiendo luego de cada interacción, en ellos podrá observarse su proceso de aprendizaje. Este aspecto resulta relevante para el propio alumno, quien debe construir conocimiento sobre su propia cognición (metacognición), tomando conciencia de sus formas de aprender, de los factores que explican los resultados que obtiene, para lograr así progresivamente, autonomía y autorregulación de sus aprendizajes.

¿Sobre qué podemos escribir en la clase de Física?

Escribir para transcribir observaciones, escribir para anticipar, escribir para explicar, para reflexionar y clarificar el pensamiento, escribir para comunicar a otros (Triquet, s.f.).

Escribir sobre las ideas fundamentales que hoy aprendimos en clase. Escribir sobre las conclusiones que se extraen de una actividad experimental.

Pensar para escribir, escribir para pensar. Escribir-pensar hasta lograr comprender a partir del conocimiento físico un aspecto de la compleja realidad, como puede ser el movimiento de un ser vivo, por qué la torre de Pisa no cae a pesar de su peso e inclinación, o cómo se determina la velocidad de un fluido por un conducto a través de una Ecografía Doppler.

Debemos integrar a nuestras competencias para enseñar conocimiento físico, el saber desarrollar acciones para gestionar la

producción de textos que involucran conceptos físicos.

En esos textos todos escriben sobre lo mismo, utilizan los mismos términos, sin embargo, en los mismos podrá observarse muy diferentes niveles de integración y organización de conceptos y por tanto, de comprensión de los mismos.

Aquellos que escuchen ideas desarrolladas por otros, pero no reflexionen sobre ellas, no lograrán escribir lo mismo, ofreciendo explicaciones no totalmente desarrolladas o como verdades acabadas.

La escritura requerirá de una transposición, pues el lenguaje escrito requiere de una formalidad que no tiene el lenguaje oral. A través de la escritura se incorporan términos y modismos nuevos.

Este es un aspecto de la escritura que se pone en juego al escribir en Física donde cambiamos el «consumir» o «dar» energía por «transferir», el «derretir» por «fundir», y donde cada magnitud física a describir tiene en general, asociado un verbo de acción. La fuerza se aplica, el trabajo se realiza, la corriente eléctrica circula, la diferencia de potencial eléctrico se aplica.

En nuestras clases es posible observar el progresivo cambio que se produce en el discurso de los alumnos, al ir insertándose a la cultura científica, donde el «vimos» se vuelve «observamos», el «salía humo» se transforma en «desprendió un gas», «se calentó» se torna «elevó su temperatura». Más allá de lo semántico, subyace en estos términos, representaciones correspondientes a una teoría, la cual es revisada y desestabilizada continuamente mediante nuestra mediación.

La utilización de conectores tales como «por lo tanto», «en consecuencia», «de este modo», permiten ir secuenciando ideas vinculadas, logrando integrarlas. Estas son «marcas» que pueden observarse en los textos científicos y que los alumnos van incorporando.

Un aspecto importante a la hora de planificar la escritura es definir el perfil de los destinatarios ya que esto determinará los «implícitos» que puede tener nuestro texto. Si no se lo hace es frecuente observar como los alumnos asumen que el destinatario es el docente quien puede entender todo, a pesar de lo que sus textos no dicen. Por ejemplo, cuando se escribe un informe de laboratorio es importante definir como destinatario estudiantes de física con los mismos conocimientos que ellos tenían antes de realizar la práctica.

Así, términos como «campo electromagnético» podrán ser utilizados sin necesidad de especificar su implicancia o no, según el caso.

Respecto a los informes de laboratorio, puede resultar útil para superar las dificultades que los alumnos presentan, en general, para redactar las conclusiones, optar por elaborar en forma colectiva y por escrito, al comienzo de la actividad, más objetivos y más concretos, y no un único objetivo. Por ejemplo «Estudio de la descarga de un capacitor».

Esos objetivos son a los que se deberá apelar a la luz de las observaciones realizadas, para realizar el cierre de la actividad.

Para comunicar las observaciones puede resultar positivo realizar sugerencias de buena escritura más allá del conocimiento físico implicado. Por ejemplo, a los efectos de favorecer la claridad y poder de síntesis de lo que se expresa, es conveniente no comunicar todas las observaciones particulares realizadas sino la idea clave que subyace a ellas.

Por ejemplo: «Se encontró un vínculo entre el sentido de la corriente eléctrica inducida en la espira y el movimiento relativo del imán respecto a ella», seguido de algún ejemplo, y no describir todos los casos encontrados reiterando descripciones innecesarias.

Al trabajar sobre estos aspectos de la escritura, puede observarse como los alum-

nos tienen la idea a priori que deben expresar todo lo observado en detalle, como si fuera el registro personal e informal de un científico, confundiendo éste con lo que dicho científico comunica a su comunidad, seleccionando aquellas ideas claves que habiliten la reproducción y validación del experimento y sus conclusiones.

En ese sentido se obvia que los científicos entre los problemas que enfrentan, se encuentran los referidos a la comunicación de las ideas a las que arriban a sus pares, siendo el conocimiento científico una construcción social. El nuevo conocimiento surge de un proceso que contiene aciertos e intentos fallidos, pero que al transmitir ese proceso, se obvian detalles, eligiendo una «ruta» que permita a sus colegas reproducir su investigación con el propósito de validarla.

Al respecto puede citarse las palabras del físico alemán Niels Bohr que revelan su preocupación por la comunicación de conceptos y la expresión de su pensamiento: «Estamos suspendidos en el lenguaje de una manera que no podemos decir qué está arriba y qué está abajo. La palabra «realidad» es también una palabra, una palabra que debemos aprender a utilizar correctamente».

Estos aspectos a enseñar resultan tan significativos como el propio conocimiento físico, debiendo formar parte de la formación científica.

Una propuesta de escritura en la clase de Física

Las ideas desarrolladas hasta aquí, con el aporte de diferentes autores, constituyen insumos para la Didáctica de la física, que como disciplina científica debe recogerlos, y con ellos construir un conocimiento propio que permita elaborar respuestas alternativas a la pregunta siempre abierta de qué implica enseñar física.

En base a cómo elaboramos respuestas a esta pregunta en forma explícita o implícita

es cómo resolvemos los problemas emergentes que surgen en nuestra práctica.

A pesar de las inevitables incongruencias que puede haber entre lo que digo y lo que hago, pues humanos somos al fin, el hecho de mantener vigente esta pregunta nos permite revisar los modelos epistemológicos que subyacen en las acciones que desarrollamos en nuestras clases.

Con estas inquietudes es que a continuación se presenta una propuesta de escritura planificada que se desarrolló en torno al tema flotación en los quintos años de los bachilleratos de orientación científico-biológico.

Sus objetivos fueron:

- Reconocer los **Principios de Newton** como una herramienta para describir e interpretar el movimiento de los peces, integrando al análisis una nueva ley física: la **Ley de Arquímedes**.
- **Transferir el conocimiento físico a contextos diferentes** en los que se ha enseñado en primera instancia, forzando así a que los alumnos desarrollen discursos propios en los que deben ponerse en juego los múltiples significados que encierra el mismo.
- **Promover el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas** a través de la elaboración de un texto, donde las ideas que se desarrollan en él son construidas e «hilvanadas», en concomitancia a que se escriben. El texto se convierte así en un «objeto» que puede ser observado y revisado, que permite identificar lo que está claro y lo que no.
- **Movilizar el interés de los alumnos hacia la comprensión** de los fenómenos de flotación, siendo la motivación «la puerta del aprendizaje».

El diseño de la actividad cumplió con principios didácticos incuestionables ya que la didáctica a pesar de mantener hoy muchas deudas, pues ha heredado más conocimientos de los que propiamente ha construido, como disciplina científica que es, investiga y construye un conocimiento que

debemos considerar a la hora de enseñar. Entre esos conocimientos podemos encontrar dos principios: «poner en juego el saber previo de los alumnos», y «la motivación es la puerta del aprendizaje».

Es decir, para introducir a los alumnos en el estudio de un determinado fenómeno, debemos desarrollar acciones de modo que emerjan las interpretaciones que los alumnos ya tienen sobre él y, al mismo tiempo, promover que los alumnos se sientan interpelados por el mismo.

En consideración a ambos, la actividad comenzó escuchando la canción de Les Luthiers «La gallinita dijo Eureka», donde al término de la misma se enuncia el Principio de Arquímedes como elemento gravitante para comprender la flotación de los barcos.

Instalado así el tema flotación en la clase, se ofrecieron para valorar frases como: «**Los objetos pesados se hunden y los livianos flotan**», cuya veracidad es fácilmente cuestionable a través de los barcos y objetos relativamente livianos como una aguja de coser, «**Los materiales que flotan tienen aire**», ideas que se derriban introduciendo al debate la densidad, hasta llegar a considerar finalmente no sólo la densidad del propio objeto sino ésta en relación a la del fluido en el que se encuentra.

Para poner en juego las ideas que surgieron del intercambio, donde no faltaron los clásicos diagramas de fuerza, se realizó una actividad experimental que permitió medir el empuje aplicado sobre una pesa totalmente sumergida en agua y suspendida a la vez, de un dinamómetro. La aplicación de los Principios de Newton permitió determinar la fuerza aplicada por el agua y encontrar el vínculo entre ésta y el peso del agua desalojada.

La oportunidad de transferir los nuevos conocimientos a un contexto diferente y más estimulante llegó a través del estudio de los peces y sus posibilidades de flotación. La misma se problematizó instalando dos interrogantes: **¿Cómo logran flotar y mo-**

verse los peces a diferentes profundidades? ¿Existen diferencias entre los peces de agua dulce y los de agua salada respecto a la flotación?

Para dar respuesta a ellas, se generó un contexto de intercambio y expresión de ideas, donde lo colectivo incidiera en lo individual, donde se revisaron los principios involucrados en el fenómeno y los diagramas de fuerza correspondientes.

De este modo, se ofreció la oportunidad de que los alumnos elaborarán y expresarán sus primeras explicaciones sobre el tema a abordar, y que se acompasara instancias de reflexión colectiva con instancias de escritura individual. Dicha escritura no implicaba «transcribir información» textual sino que requería de reflexión y autoanálisis, promoviendo el desarrollo de habilidades de pensamiento superior.

A continuación se generó un contexto que posibilitará la libre circulación de información, donde fuera posible consultar libros, cuadernos, hipertextos, a sus pares, al docente, en el entendido que conocimiento es la información que un individuo utiliza con sentido, y en los contextos actuales ricos en información, no importa donde ésta esté almacenada, si en su mente o en la memoria expandida que constituyen todos los soportes de información posibles. Lo importante era que finalmente lograrán expresar, aquello que habían leído o escuchado, con sus propias palabras, inserto en un texto que tuviera coherencia y cohesión de su autoría.

Teniendo una actitud más replegada en esta actividad, se los pudo observar, buscar y revisar información, elaborar preguntas genuinas que surgían en su intento de escribir, escuchar con atención, para volver a escribir y describir. Las acciones que se observaron desarrollar evidenciaron que en sus mentes se están activando las funciones que implican la cognición humana: la memoria, la inteligencia, el lenguaje, la percepción y la atención.

En cada interacción era posible observar tanto logros como lo que aún estaba potencial y precisaba de mediación.

Observándolos era posible reconocer que estaban activos y realizando un proceso de aprendizaje independientemente de los resultados, de modo que la actividad dejaría residuos cognitivos en ellos.

A medida que se encontraban con la información, se originaban una sucesión de preguntas y respuestas inesperadas al comienzo de la actividad: **¿Utilizan al agua para realizar movimientos ascendentes y descendentes? ¿Habrán desarrollado recursos que les permita realizarlos con mínimos costos energéticos? ¿Esos recursos son posibles de interpretar a través de principios y/o leyes físicas? ¿Qué papel juega la vejiga natatoria en la condición de equilibrio mecánico en estos peces? ¿Cómo se rompe ese equilibrio para que el pez pueda desplazarse verticalmente?**

Para responder estas interrogantes los alumnos debieron investigar e integrar lo que leían, a las actividades de clase y las conclusiones de ellas extraídas, ya que abunda la información biológica desprovista del conocimiento físico y viceversa.

El rol de mediador y no de expositor permitió interacciones más individualizadas pudiendo observar y evaluar el proceso que seguían los alumnos y no sólo el «producto». De este modo, a través de la actividad sí fue posible evaluar a los alumnos, pero pensando en la evaluación no sólo como un instrumento para acreditar aprendizajes sino también para mejorarlos.

A la acreditación se llegó luego de cumplido un proceso, donde el error formó parte, pero también la posible de revisar y subsanar él mismo.

La actividad se hizo eco de una preocupación por generar estrategias e instrumentos que permitan establecer relaciones entre el genuino discurso de los estudiosos

de la problemática evaluativa y la genuina necesidad de los docentes de aula por poner en práctica procedimientos de evaluación más acordes con los que se concibe hoy por enseñar y aprender.

Las explicaciones esperadas y las encontradas

La clave para explicar las interrogantes planteadas se encontraban en que al ser el empuje igual al peso del agua desalojada, cuanto más «pesada» sea el agua, genera mayor flotabilidad, como las aguas del Mar Muerto.

El agua «salada» es más densa que el agua «dulce». Por ello, si comparamos volúmenes iguales de ambas aguas, el agua salada pesa más.

De acuerdo al principio de Arquímedes, los peces de agua salada reciben un empuje mayor respecto a los de agua dulce, al desplazar igual volumen de agua.

Así, los peces de agua dulce necesitan una vejiga natatoria mayor pues, necesitan desplazar mayor volumen de agua para que el peso de ésta logre equilibrar su propio peso.

Un pequeño descenso «voluntario» de un pez se corresponde con un aumento de la presión exterior al aumentar la profundidad y soportar un mayor volumen de agua sobre su superficie. Este cambio brusco de la presión exterior, provoca una compresión de sus órganos y en particular de su vejiga natatoria, la cual al comprimirse hace que el pez desaloje menos agua, y en consecuencia, reciba menor empuje. De este modo el pez desciende por la acción del agua, sin que dicha acción le signifique gasto de energía.

Un similar análisis permite describir los movimientos ascendentes de los peces.

Éste es el nivel de explicaciones que se promovía que los alumnos llegaran o se acercaran a construir. Para ello se generaron espacios de intercambio, donde los alum-

nos compartieron sus textos y tuvieron posibilidad de revisar su escritura.

A continuación se presenta un extracto de las partes claves de algunos textos que permitirán hacerse una representación del proceso diferenciado que siguieron los alumnos y su grado de acercamiento progresivo al problema planteado. Los mismos son un testimonio de cómo esos textos abrieron la posibilidad de ofrecer orientaciones diferenciadas.

«...El agua salada es más densa que el agua dulce, por ello es que los peces tienen la vejiga natatoria más chica. Por lo tanto, les es más fácil igualar o disminuir su densidad con la del agua, ya que la densidad es más alta». 5ºB Tahiana C.

La transcripción parcial del texto de esta alumna permite observar como la misma sobrevuela la problemática planteada, exhibiendo como paliativo información que requiere ser procesada para cumplir con los objetivos de la actividad. Se afirma que el agua salada es más densa que el agua dulce, pero el conector «por ello» es un recurso lingüístico ya que no desarrolla la explicación de por qué eso se corresponde con diferentes tamaños del órgano de la flotación.

Hace referencia a lograr igualar la densidad del pez y del agua pero no lo vincula con los principios de Newton y Arquímedes.

En sus expresiones no se ponen en juego el marco teórico construido previamente, faltan términos claves que debe ser incorporados al texto. Términos como «equilibrio», «volumen», «peso» están ausentes. Sus expresiones no las acompaña además de los diagramas de fuerza que han acompañado el estudio de otros sistemas y que se deberían haber transferido al estudio de la flotabilidad de los peces.

Esto son indicadores de las orientaciones que deben ofrecerse para volver a rescribir este texto y a través de él, realizar avances significativos en el aprendizaje de los principios físicos involucrados.

«...Entre los peces de agua dulce y agua salada hay ciertas diferencias. La vejiga natatoria en los peces de agua dulce es más grande que los peces de agua salada. Esto ocurre porque si colocamos igual cantidad de agua salada y dulce, el agua salada va a ser más pesada, produciendo más flotación». 5ºB Martín H.

En este otro texto, puede observarse como si bien hay transcripción de información textual respecto al tamaño relativo de la vejiga natatoria, cambia la expresión de que el agua salada es más densa por la de más pesada, «si colocamos igual cantidad», lo cual le otorga límites de validez a su afirmación.

Parece encontrarse un paso más cerca de las respuestas buscadas, pues introduce el peso del agua a su análisis. Sin embargo, no especifica que lo relevante es el peso del agua que desalojan estos peces, el cual determina la fuerza de empuje que los mismos reciben.

Colectivizar este fragmento del texto de forma oral, instalar la pregunta de por qué puede ser importante valorar que a iguales volúmenes, el agua salada pesa más, puede ser una idea nueva a considerar para unos y marcar la necesidad de desarrollar más esa idea para otros.

En este texto no aparece aún la explicación de por qué el hecho de que el agua salada sea más pesada produce más flotación, una pregunta cuya respuesta requerirá apelar a los principios físicos estudiados e incorporar los términos ya mencionados como ausentes en el texto anterior.

«...Para responder esta pregunta tenemos que recordar que la densidad del agua dulce es menor a la del agua salada, entonces los peces que nadan en la primera necesitan una **mayor densidad** para que su volumen sea mayor y por lo tanto sea mayor el empuje que reciben del agua (recordando la ecuación de empuje). Es por esto que los peces de agua dulce tienen una vejiga

natatoria más grande, para permitirles aumentar su volumen más que los de agua salada». 5ºB Valentina B.

En primer lugar en este texto puede observarse el desarrollo de una idea equivocada: a mayor densidad, mayor volumen, que debe ser puesta en conflicto a través del análisis de objetos de igual masa y diferente material, como corcho y hierro, comparando sus volúmenes respectivos. Sobre ella sedimenta otra idea que sí es correcta: un incremento en el volumen de estos peces, mejora su condición de flotabilidad.

Si por efecto de los cambios de volumen de la bolsa de gases que es, en definitiva, la vejiga natatoria de estos peces, los mismos aumentan relativamente su volumen, desalojarían más agua, y al considerarse despreciables los cambios en su masa, se incrementaría relativamente el peso del agua que desalojan respecto a su propio peso.

Estos cambios permitirían ya sea, el equilibrio de estas dos fuerzas, peso y empuje, o por el contrario, un incremento relativo del empuje respecto al peso del propio pez, provocaría el inicio de un movimiento ascendente.

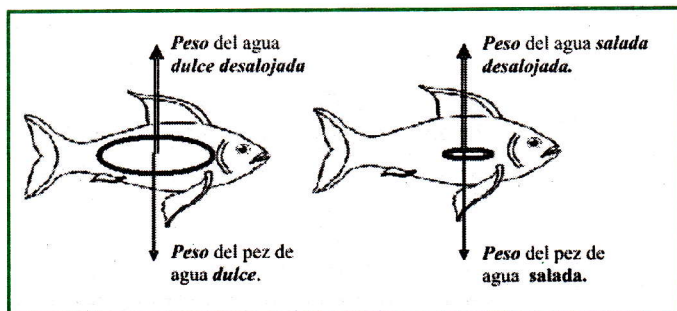
La expresión «recordando la ecuación de empuje» debe ser desarrollada en forma explícita poniendo en juego las ideas más importantes que regulan el fenómeno. No es válido esos sobreentendidos en este texto respecto a los objetivos que tiene el mismo.

Sin embargo, en este último texto hay un acercamiento mayor al problema y su solución, a pesar de que permanecen ausentes, por lo menos en forma explícita, el concepto de equilibrio y los Principios de Newton.

«...En esta figura se muestra a un pez en agua salada en un estado de equilibrio este logra igualar su densidad con respecto a la densidad del agua, al tener la vejiga natatoria en un equilibrio; este logra que el peso del agua que desalojó sea igual al suyo mismo. Como

vemos la vejiga natatoria está expandida pero no tanto como en la figura del pez en agua dulce.

En esta figura vemos al pez en agua dulce, como el agua dulce es menos pesada tiene que desplazar más agua, esta agua es menos densa que el agua salada porque tiene menos salinidad, por lo tanto los peces necesitan una vejiga natatoria más grande para poder ponerse en equilibrio». 5ºB Nicolás B.



En este texto hay una diferencia importante con los textos anteriores pues, este alumno recurrió en su explicación, al concepto de equilibrio y al principio de Arquímedes, logrando «pensar» a través de él y no sólo «enunciarlo», como otros lo hicieron en sus textos, al expresar con sus propios términos «el peso del agua que desalojó sea igual al suyo mismo». Sus explicaciones son acompañadas de representaciones coherentes con sus expresiones.

Integra al análisis la idea de igualdad de densidades, en forma declarativa sin fundamentar su idea, y vincularla con el equilibrio de fuerzas. Por ello, se orientó a este alumno para que, a partir del equilibrio de fuerzas, analizara las variables de las cuáles éstas dependen, para encontrar explicaciones de por qué la flotación ocurre cuando la densidad del pez iguala la densidad del agua.

«...La vejiga natatoria es más grande en los peces de agua dulce que en los de agua salada; ya que deben desplazar más agua y por consiguiente deben tener un volumen mayor. Esto se debe a que el agua salada es más pesada y por

lo tanto un pez en agua salada, según el principio de Arquímedes, recibirá un empuje mayor en comparación al que tendría si se encontrara en agua dulce, lo que lo ayudará a flotar mejor. Otra manera de explicarlo es que al ser el agua salada más pesada que el agua dulce y la masa directamente proporcional a la densidad, el agua salada será más densa que la dulce y los peces de agua salada podrán tener una densidad mayor para llegar a un equilibrio con ésta». 5ºB Nicolás B.

Este alumno pone en juego las mismas ideas que el anterior pudiéndose observar un mayor intento por desarrollar ideas en forma integrada. Analiza el problema desde el enunciado de Arquímedes pero también desde la relación

de densidades que se derivan de éste, para la condición de flotación.

A pesar, de que no hace referencia a los esquemas y no utiliza el término equilibrio, sí acompañó sus expresiones de representaciones, y de ellas puede inferirse que en su explicación subyace el concepto de equilibrio. A este alumno se lo orientó para que incorporara este término a su texto, y que intentara integrar más el equilibrio de fuerzas con el equilibrio de densidades.

«Los peces son más densos que el agua pero tienen en su interior una vejiga, llamada vejiga natatoria, responsable de su flotación. ...su tamaño está condicionado por el tipo de agua en que este habite. Un pez que vive en agua dulce va a necesitar una vejiga natatoria más grande ya que es menos densa que el agua salada, o sea que va a necesitarse una cantidad de gas mayor como para reducir su densidad frente a la baja densidad del agua dulce. De acuerdo con el principio de flotación de Arquímedes, cuando el pez flota en el centro del agua el E es igual al P , si el animal quiere subir

hincha su vejiga natatoria llenándola de gases, de esta forma el volumen de su cuerpo aumenta, el peso del agua que desaloja se hace mayor que el suyo (el peso del pez no varía) y, de acuerdo con la ley de flotación, el pez se eleva $E > P$. Cuando quiere descender, el pez hace lo contrario; comprime su vejiga natatoria. Con esto disminuye su volumen y el peso del agua que desaloja y el pez se va al fondo $E < P$.

A lo largo del proceso observamos que la variable crucial es la densidad, ya que de ella depende la posición del pez y su movimiento.

Observamos entonces que se cumple lo dicho en el principio de Arquímedes, dado que el pez recibe «una fuerza vertical de abajo hacia arriba igual al peso del líquido desalojado», y al alterar su densidad, varía el peso del líquido que desaloja el pez, ascendiendo o descendiendo respectivamente». Emilia F. 5ºB

En este texto se logra un acercamiento significativo al problema respecto a los anteriores, pues se integra la densidad al análisis dinámico, pero en vez de referirlo a la condición de equilibrio, lo hace al movimiento: «al alterar su densidad, varía el peso del líquido que desaloja el pez, ascendiendo o descendiendo respectivamente».

De él parece desprenderse que el peso del pez se logra equilibrar con el peso del agua desalojada, solo cuando ambas densidades son iguales; pero no está expresado con esa claridad. Al plantearle tal posibilidad a Emilia, esta manifestó «creo que sí,... que es así», por lo que se le sugiere que piense en eso, y que para hallar certezas, se apoye en las expresiones formales de ambas fuerzas involucradas y que intente expresar ambas en términos de densidad.

Asimismo se le plantea que incorpore a su análisis el efecto de la presión exterior en el pez al cambiar la profundidad, poniendo en conflicto sus expresiones que dejan entrever que los cambios de volumen de la vejiga natatoria son voluntarios.

En general, fue significativo observar como la falta de estrategias manifestadas para acercarse al problema, se correspondieron con poca pericia para seleccionar la información relevante para la problemática planteada, a pesar de que todos recurrieron a la misma fuente de información: los hipertextos disponibles en la red.

A pesar, de lo que aquí se exhibe de los textos, los mismos no tuvieron grandes diferencias en cuanto a su extensión, donde la falta de explicaciones físicas, se intentaron compensar con mayor información biológica, la cual si bien no era pertinente, dio indicios del tiempo dedicado a la actividad, y del compromiso asumido con la misma. Las diferencias estuvieron fundamentalmente en los conocimientos y recursos de cada alumno para desarrollar la actividad.

Cierre final

La propuesta incluyó el análisis de variables como la temperatura del agua, la presión, los cambios en su composición, la diversidad de vejigas natatorias en diferentes especies de peces, los recursos de flotación de otros habitantes de mares y océanos que no cuentan con este órgano, entre otros. Estos elementos lograron poner en evidencia la complejidad del fenómeno en estudio, que trasciende los simples modelos construidos en clase para realizar un primer acercamiento hacia su comprensión.

Esta actividad requirió procesos de reescritura e instancias de colectivización de los textos elaborados en forma oral, no en un orden al azar, sino buscando compartir primero los textos con menor avance, para poder en ellos resaltar sus aciertos pero a su vez, ser orientados hacia respuestas de mayor poder explicativo.

Los textos con mayor avance constituyeron pistas claves para el resto, pues abrieron la posibilidad de pensar en «lo impensable» dado el contexto generado, que permitió a pesar de las «distancias cognitivas», que la actividad fuera abordable para todos.

Dado el tiempo disponible para la actividad y los puntos de partida muy diferentes de los alumnos, los textos confeccionados no alcanzaron el mismo nivel, pero sí pudo observarse el avance logrado por cada uno, durante el desarrollo de esta actividad.

El diseño de esta propuesta, se realizó a partir de lecturas realizadas, parte de las cuáles han sido citadas en este trabajo, las cuáles permitieron valorar otras alternativas impensadas a partir de mi formación inicial como docente o desde mis años de práctica anterior. Esto me lleva a coincidir con el pedagogo argentino Daniel Feldman respecto a que los docentes para nuestro desempeño profesional debemos adquirir dos capacidades: reflexivas y técnicas, algo no ajeno a otras, pero que el aislamiento de nuestra práctica puede hacernos olvidar cuando nos gana la rutina.

Bibliografía de referencia

- BAJOUR, C. (s.f.) Extraído de la fundamentación de experiencia relacionada con la enseñanza de la escritura realizada en la Escuela No. 52 Habilitada de Práctica, San José en 2007. Obtenido el 20 enero del 2009 de http://www.ceibal.edu.uy/portal/contenidos/areas_conocimiento/lengua/081017_nandi/index.html.
- BRUGIERE, CROS, LACOTTE, RESPAUD, TRIQUET y otros. (s.f.) «Escribir para comprender las ciencias». Obtenido el 12 de noviembre del 2008 de <http://www.inrp.fr/editions/revues/aster/pdf/ra033/aster-33-sumarios.pdf>
- CUELLAR, L. «Enseñanza del texto organizacional». Revista electrónica Acción Pedagógica N°16. Enero-Diciembre, 2007, pp 110-125. Obtenido el 20 diciembre del 2008 de <http://ecotropicos.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/accionpedagogica/vol16num1/articulo10.pdf>
- GABBIANI, BEATRIZ. Escuela, lenguaje y poder. Universidad de la República. Fac. de Humanidades y C. de la Educación, Montevideo, 2000. Cap.1. El análisis del discurso en el salón de clase.
- Gordillo, M. «**Conocer, manejar, valorar, participar: los fines de una educación para la ciudadanía**». Revista Iberoamericana de Educación. N°42. OEI. Obtenido el 24 agosto del 2008 de <http://www.rieoei.org/rie42a04.htm>
- HERNÁNDEZ, A.; QUINTERO, A. (2001). Comprensión y composición escrita: estrategias de aprendizaje. Madrid: Síntesis.
- MARÍN, Marta. Lingüística y enseñanza de la lengua. Capítulo 4. Los textos. Editorial Aique. Bs.As. 1999
- MONEREO, C. (2000) Estrategias de aprendizaje. Madrid:Visor.
- RAGO, M (2008) «Lenguaje y realidad en Cien años de soledad de Gabriel García Márquez». GRAMMA Virtual, Publicación de la Facultad de Historia y Letras de la Universidad de Salvador, Año I; N°1, Setiembre 2000? Obtenido el 20 setiembre del 2008 de <http://www.salvador.edu.ar/ua1-7-gramma-01-01-19.htm>
- REINOSO, S. «Hablar y escribir bien, el camino más seguro para pensar y crear». Revista Electrónica Internacional, Glosas Didácticas, 2005, N°13. Obtenido el 20 setiembre de 2008 de http://www.um.es/glosasdidacticas/GD13/GD13_13.pdf
- SANMARTÍ, N(1997). Enseñar a elaborar textos científicos en la clase de ciencia. Revista Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales. abr. IV(12) p. 51-61.
- WELLS, Gordon Aprendices en el dominio de la lengua escrita En: Amelia Álvarez (comp.), Psicología y educación. Realizaciones y tendencias en la investigación y en la práctica. Actas de la II Jornadas Internacionales de Psicología y Educación. Visor - Aprendizaje / MEC, Madrid. 1987.

GEOMAGNETISMO

Martín Monteiro

Laboratorio Abierto de Física Electrónica (L.A.F.E.) | Instituto Tecnológico Superior | CETP-UTU

Laboratorio de Física | Facultad de Ingeniería | Universidad ORT

Asistente de Instrumentación Científica | Instituto de Física | Facultad de Ciencias | UdelAR

Montevideo, Uruguay | E-mail: fisica@adinet.com.uy

El presente trabajo pretende ser no más que una introducción a la ciencia del geomagnetismo. Y surge inspirado en necesidades prácticas de los cursos de magnetismo, tras consultas realizadas por el Departamento de Física del Instituto Tecnológico Superior. Se presentan las bases fundamentales de conocimiento y se ofrecen recursos y referencias imprescindibles. Así mismo se brinda información geomagnética de interés práctico para diferentes puntos del territorio uruguayo. Finalmente se reseñan algunos eventos históricos considerados claves en el desarrollo de esta ciencia.

[Ubicación digital de este documento en estándar PDF: www.fisica-its.edu.uy]

I. Introducción

El geomagnetismo es una ciencia cuyo objeto de estudio es la actividad magnética de la Tierra (de origen natural). El término fue introducido por el geofísico Sydney Chapman en 1938. Es un área de las ciencias naturales que involucra geología, física, geografía y astronomía. Hoy forma parte de las denominadas ciencias de la Tierra y del espacio.

Su conocimiento se inicia en la prehistoria. Ya griegos y chinos conocían –siglos antes de nuestra era– las propiedades de la piedra magnetita, un imán natural. Hace ya mil años que se conoce la brújula inventada por los chinos y que se utiliza para la navegación. Ya en el siglo XX, Einstein llegó a manifestar que conocer el origen del magnetismo terrestre era uno de los grandes desafíos que enfrentaba la ciencia. Pero fue William Gilbert, hace 4 siglos, el primero en proponer que la Tierra es ella misma un gran imán.

Se ha desarrollado en las últimas décadas abundante investigación sobre el tema, que es de interés científico, de interés para la navegación e incluso de interés militar.

Instrumentos muy precisos se han diseñado con este fin: el magnetómetro de flujo, el magnetómetro absoluto de precesión de protones, el teodolito de flujo, entre otros, que realizan mediciones en superficie. Así como numerosos satélites.

II. Parámetros

Se sabe que el módulo y la dirección del campo cambia de un punto a otro de la Tierra así como con el paso del tiempo.

Para caracterizarlo en un lugar determinado son de uso estandarizado los 7 parámetros siguientes:

F = Módulo del vector B (Tesla)

**Z = Componente vertical de B
(positivo hacia abajo)**

H = Componente horizontal de B

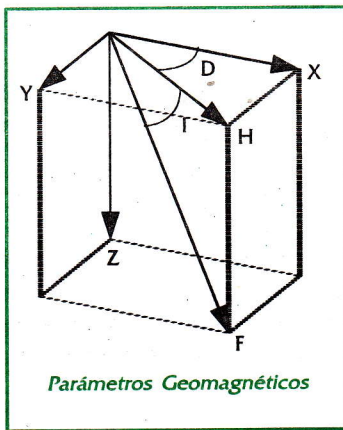
X = Componente norte de B

Y = Componente este de B

**D = Declinación. Ángulo de B con la
dirección norte (positivo si B esta
hacia el este)**

**I = Inclínación. Ángulo de B con el
plano horizontal (positivo si B esta
hacia abajo)**

Obviamente estas coordenadas son redundantes (aunque esta redundancia es aprovechada eficazmente por los sistemas de medición al momento de verificar medidas de mucha precisión) y es suficiente en general con conocer 3 de ellas para determinar B completamente, por ejemplo F, D, I (coordenadas esféricas), o X, Y, Z (coordenadas rectangulares).



Los puntos del planeta que poseen igual declinación forman una línea conocida como isógona o línea isogonal.

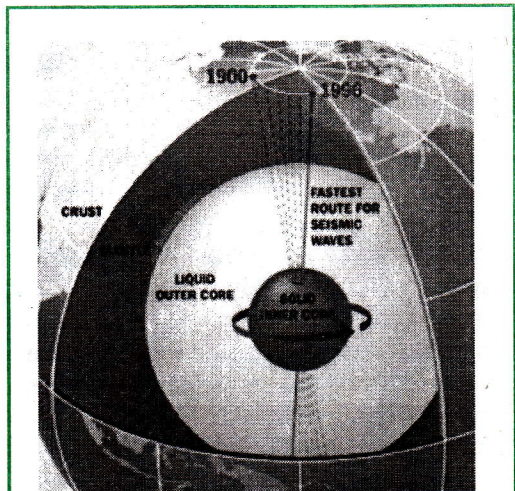
Similarmente, los puntos con igual inclinación forman las isoclinas o líneas isoclínicas. Aquellos puntos del planeta donde la inclinación magnética es 90° se conocen como polos magnéticos. Mientras que los puntos donde la inclinación magnética es 0° , o sea, donde el campo magnético es horizontal se conoce como línea acónica.

III. Origen del Geomagnetismo

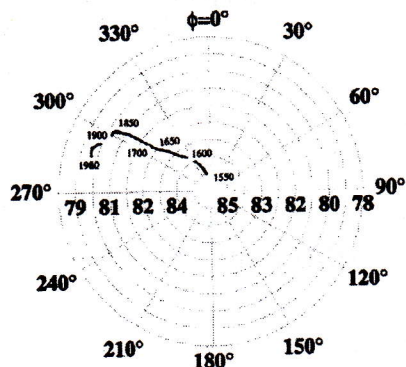
La principal fuente de geomagnetismo es de origen interior a la Tierra y constituye un 90% del campo total. A esta componente del campo se la conoce como Campo Principal. El mecanismo al que se le atribuye su origen se denomina Efecto Dínamo, un proceso magnetohidrodinámico desencadenado por la circulación del núcleo exterior de la Tierra, un líquido conductor constituido principalmente de hierro que se encuentra sujeto a las fuerzas geológicas, así como a las fuerzas no inerciales centrípeta y de coriolis.

En la actualidad el dipolo terrestre o eje geomagnético se encuentra formando unos 11° con respecto al eje de rotación de la Tierra y posee una variación secular irregular.

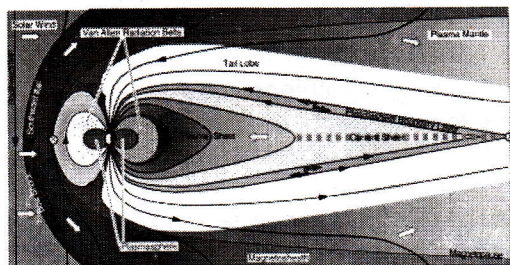
Casi un 10% del campo magnético terrestre se debe a la actividad de la magnetósfera y de la ionósfera, muy influenciadas por la actividad solar.



Modelo de Dínamo y Precesión del Dipolo Geomagnético (Fuente: NASA)



Deriva del Polo Magnético con el Tiempo (Fuente: "El Geomagnetismo" de Luis Muniz Barreto)

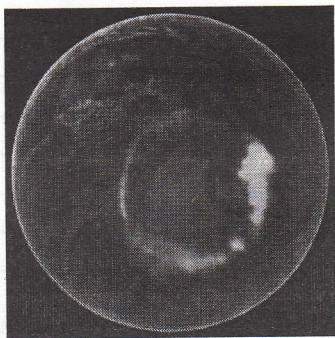


Magnetósfera modificada por el Viento Solar. Se destacan: el frente de choque, la magnetopausa, las corrientes de partículas cargadas y la trampa de partículas conocida como cinturones de van Allen. (Fuente: Rice University)

Y por último, en medida mucho menor contribuyen al campo magnético las fluctuaciones peculiares de la geología local. Estas últimas se denominan Anomalías Magnéticas y no superan algunas centenas de nT.

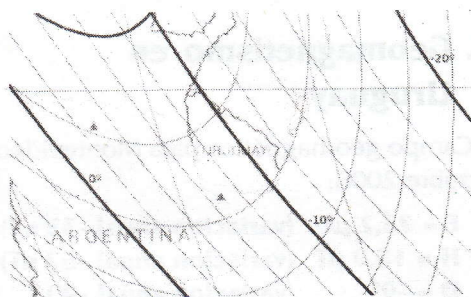
IV. Investigación actual

Actualmente existen varios modelos matemáticos para determinar la componente principal del campo, los más importantes son el Campo de Referencia Geomagnético Internacional (International Geomagnetic Reference Field, IGRF) y el Modelo Magnético Mundial (World Magnetic Model, WMM). Sobre anomalías magnéticas, se ha desarrollado en los años recientes un proyecto que recopila la información de diversas fuentes. Al mismo se le conoce como World Digital Magnetic Anomaly Map (WDMAM) y representa un gran esfuerzo de la comunidad científica internacional. Por último existen fluctuaciones impredecibles o semi predecibles debidas fundamentalmente a la actividad solar: producción de manchas solares, vientos y tormentas que afectan a la magnetósfera y a la ionósfera (uno de cuyos efectos se manifiesta en las conocidas auroras boreales y australes).

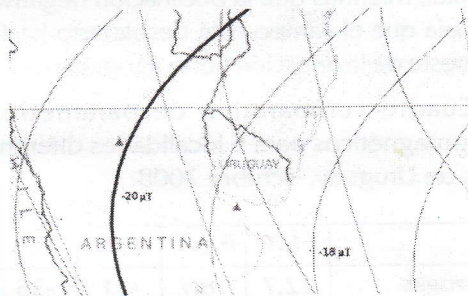


Aurora Austral captada por el satélite «Image» de la NASA. Cuatro días después de una explosión solar, llegan partículas cargadas que ingresan a través de las aberturas magnéticas de la tierra y al chocar con la atmósfera generan las descargas luminosas observadas. La imagen en falso color representa emisiones en el ultravioleta. Foto tomada el 11 de setiembre de 2005. (Fuente: Earth Observatory NASA).

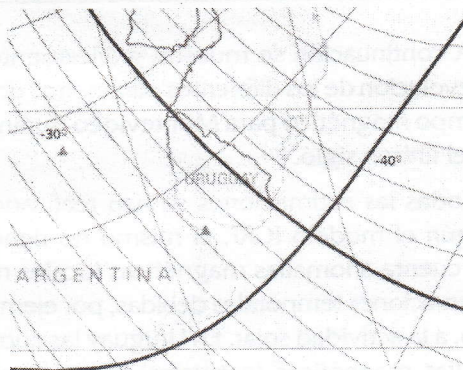
Buena parte de este conocimiento se traduce en información gráfica. A continuación –y anticipando la próxima sección– se



Carta geomagnética de **Inclinaciones (I)**, mostrando líneas isoclinas (en rojo), para la región de Uruguay. (Fuente: Rukstales y Quinn, The International Geomagnetic Reference Field, 2000, United States Geological Survey).



Carta geomagnética de **Declinaciones (D)**, mostrando líneas isogonales (en rojo), para la región de Uruguay. (Fuente: Rukstales y Quinn, The International Geomagnetic Reference Field, 2000, United States Geological Survey).



Carta geomagnética mostrando **componente horizontal (H)** del campo (líneas rojas), para la región de Uruguay. (Fuente: Rukstales y Quinn, The International Geomagnetic Reference Field, 2000, United States Geological Survey).

muestran fragmentos extraídos de cartas geomagnéticas correspondientes a nuestra región. La información está basada en los modelos antes mencionados.

V. Geomagnetismo en Uruguay

Campo geomagnético para Montevideo, octubre 2008:

- F = 23,2 μ T (variación anual -33 nT)
- H = 18,0 μ T (variación anual -67 nT)
- D = -9° (variación anual -9')
- I = -39° (variación anual -10')

Como se aprecia, el campo en Montevideo tiene inclinación negativa, esto significa que su dirección está por encima del plano horizontal, mientras que la declinación negativa señala que el campo está desplazado hacia el oeste de la dirección norte geográfica.

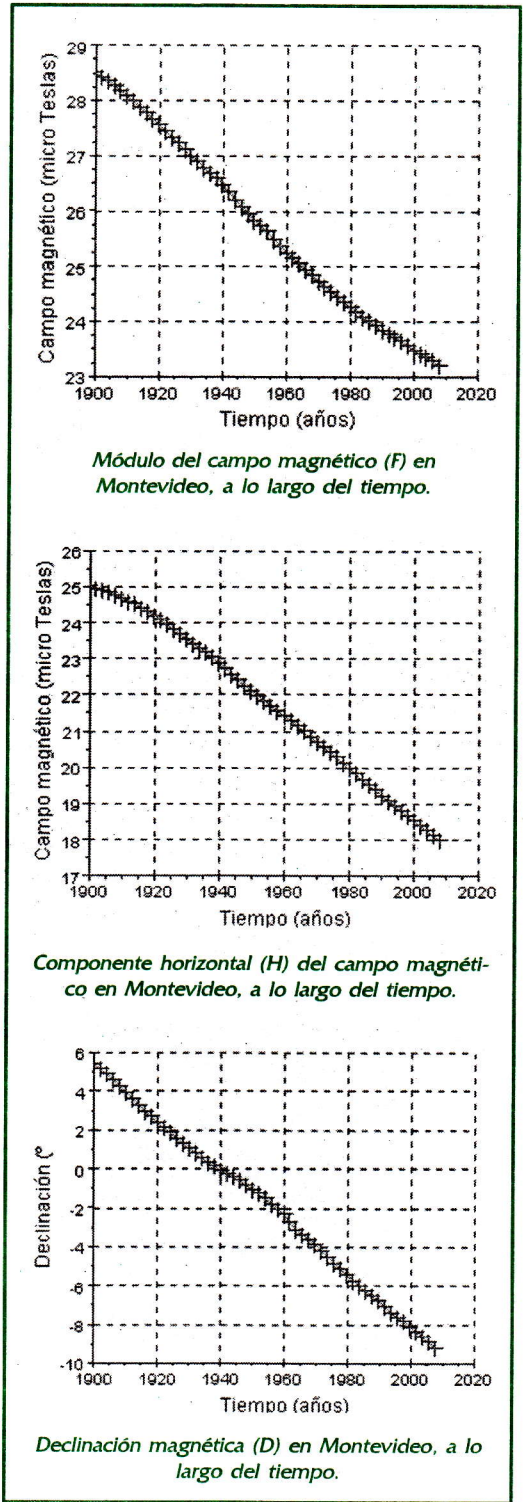
Cuadro comparativo de parámetros geomagnéticos para 5 localidades diferentes de Uruguay, octubre 2008:

	F (μ T)	H (μ T)	F (°)	I (°)
Artigas	22,7	18,7	-11	-35
Colonia	23,2	18,3	-8	-38
Melo	22,9	18,0	-12	-38
Montevideo	23,2	18,0	-9	-39
Rocha	23,1	17,8	-11	-40

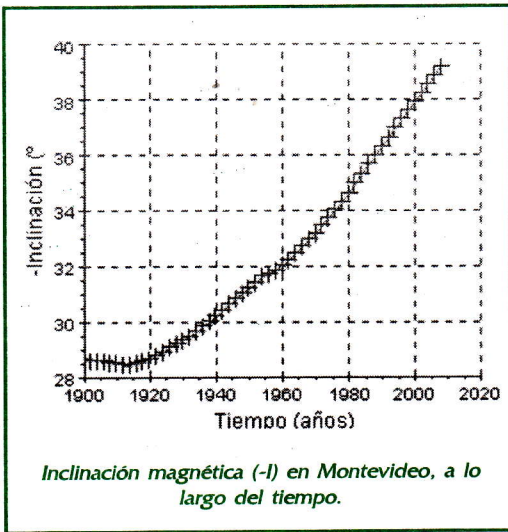
A continuación se muestra gráficamente la evolución de los diferentes parámetros del campo magnético para Montevideo durante el último siglo.

Todas las estimaciones se han realizado según el modelo IGRF. El mismo no tiene en cuenta anomalías magnéticas locales ni fluctuaciones temporales debidas, por ejemplo, a la actividad solar. En Uruguay las anomalías magnéticas (naturales) no superan los 20 nT, despreciables en las aproximaciones mostradas para el campo principal.

Sin embargo, es de destacar que las anomalías magnéticas locales debidas a factores



artificiales pueden modificar considerablemente el estado del campo magnético. Un fenómeno que no debe ser menospreciado.



VI. Recursos sobre Geomagnetismo

- **Calculadora geomagnética del National Geophysical Data Center (NGDC):**
 - Permite determinar las componentes geomagnéticas en cualquier punto del planeta y para casi cualquier época.
 - Utiliza los modelos IGRF o WMM.
 - <http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/IGRFWMM.jsp>
- **Calculadora geomagnética del United States Geological Survey (USGS):**
 - Permite elegir diferentes modelos y épocas.
 - <http://geomag.usgs.gov/models/models/>
- **Cartas geomagnéticas globales del USGS:**
 - Disponibles en diferentes proyecciones: Mercator, Polar o Mollweide.
 - Mapas de diferentes parámetros con sus respectivas líneas de variación anual.
 - <http://geomag.usgs.gov/charts/>
- **Cartas geomagnéticas globales del NGDC:**
 - Solo disponibles en proyección Mercator.
 - Basados en WMM.
 - Los mapas de variación anual se en-

cuentran separados de los mapas de magnitud.

- <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/image.shtml>

• Mapas animados:

- Muestran los cambios geomagnéticos en el transcurso de los últimos siglos.
- <http://geomag.usgs.gov/movies/>

• Mapa de Anomalías Magnéticas:

- Edición 2007 en proyección Mercator.
- <http://projects.gtk.fi/WDMAM/>

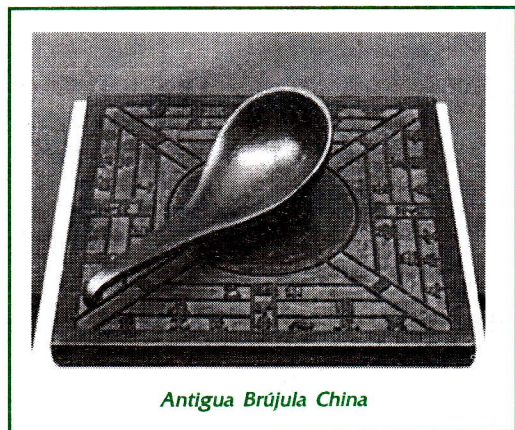
VII. Referencias sobre Geomagnetismo

- El Centro Nacional de Información Geofísica de los Estados Unidos (National Geophysical Data Center, NGDC), dependiente de la Administración Nacional para la Atmósfera y los Océanos (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA): <http://www.ngdc.noaa.gov>
- Muniz Barreto, L., El Geomagnetismo, Cuadernos del Instituto de Geofísica de México.
- El Servicio de Prospección Geológica de los Estados Unidos (United States Geological Survey, USGS): <http://geomag.usgs.gov/>
- El esfuerzo internacional para la investigación de las anomalías magnéticas conocido como World Digital Magnetic Anomaly Map (WDMAM): <http://projects.gtk.fi/WDMAM/>
- El "Observatorio de la Tierra" de la Agencia Nacional Aero Espacial de los Estados Unidos (Earth Observatory, NASA): <http://earthobservatory.nasa.gov/>

VIII. Cronología

A continuación se presenta una línea temporal de eventos claves en el desarrollo del conocimiento sobre el geomagnetismo:

2634 A.C. **Los Chinos** descubren que la piedra imán flotando se inclina en dirección sur-norte.



Antigua Brújula China

250 A.C. (aprox.) **Eratóstenes** (276-192 BC) calcula el tamaño de la Tierra.

1187 **Alexander Neckham** da la primera referencia sobre la brújula en Europa.

1269 **Petrus Peregrinus** describe las propiedades de los imanes.

1504 **Pedro Reinel** realiza la primera carta isogónica. Estas cartas de declinaciones magnéticas son de especial interés para la navegación, pues establecen la discrepancia entre la dirección de la brújula y la verdadera dirección del norte geográfico.

1581 **Robert Norman** publica «El Nuevo atrayente», anunciando el descubrimiento de la inclinación magnética.

1600 **William Gilbert** publica «**De Magnete**» («El Imán»): Propone que la Tierra misma es un gran imán (terrella).

1634 **Henry Gellibrand** descubre la variación secular de la declinación.

1699 **Edmond Halley** dirige el primer sondeo magnético.

1722 **George Graham** descubre la variación diurna de la declinación.

1741 **Graham** en Londres y **Celsius** en Suecia observan perturbaciones magnéticas debidas a la aurora polar.

1820 **Oersted** descubre el magnetismo debido a corrientes eléctricas.

1820 **Ampere** describe el magnetismo como una fuerza entre corrientes eléctricas.

1828 **Gauss** es alentado por **Alexander von Humboldt** a estudiar el magnetismo. Más tarde desarrolla un método para medir la intensidad magnética y un telégrafo eléctrico.

1831 **Faraday** descubre la inducción eléctrica, más tarde introduce el dínamo.

1831 **Rosses** y **Sabine** llegan al polo norte magnético.

1832 **Faraday** trata de detectar una corriente dínamo en las aguas fluyendo en la superficie de la Tierra.

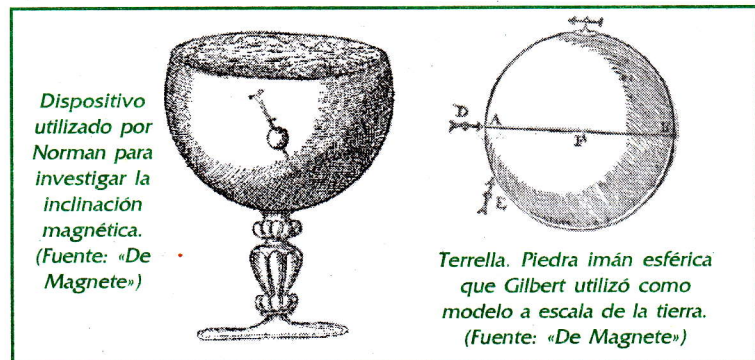
1834 **Gauss** funda la Unión Magnética Göttingen, más tarde (1836-9) aplica el análisis de esfera armónica al análisis del campo magnético de la Tierra.

1843 **Heinrich Schwabe** publica la primer evidencia del ciclo de la mancha solar.

1852 **Sabine** descubre evidencia de que las tormentas magnéticas vienen luego del ciclo de manchas solares.

1859 **Richard Carrington** observa llamadas solares con luz blanca, seguidas por una gran tormenta magnética.

1895 **Kristian Birke-land** comienza a experimentar con haces de



Dispositivo utilizado por Norman para investigar la inclinación magnética. (Fuente: «De Magnete»)

Terrella. Piedra imán esférica que Gilbert utilizó como modelo a escala de la tierra. (Fuente: «De Magnete»)

electrones y esferas magnetizadas representando la Tierra.

1906 **Bernard Brunhes** hace pública la primera evidencia de rocas magnetizadas en orden inverso.

1908 **George Ellery Hale** descubre que las manchas solares tienen un magnetismo muy fuerte.



*Bucles magnéticos en la superficie del sol siguiendo las líneas del campo magnético.
(Fuente: NASA)*

1909 **Douglas Mawson** llega al polo magnético sur, a orillas de la Antártida.

1912 **Arthur Schuster** sostiene que las tormentas magnéticas son evidencia de una corriente en anillo en el espacio, rodeando la Tierra.

1918 **Alfred Wegener** publica «El origen de los Continentes y Océanos», promoviendo su teoría de «deriva continental».

1919 **Joseph Larmor** sostiene que los campos magnéticos de las manchas solares pueden ser producidos por una acción de dínamo que se auto mantiene.

1929 **Motonori Matuyama** produce evidencia de que las rocas magnéticas de orden inverso pueden haberse originado cuando la polaridad magnética de la Tierra se revirtió.

1930 **Chapman y Ferraro** dan indicios de que las tormentas magnéticas se deben a nubes de plasma provenientes del sol (no de haces de electrones), envolviendo el campo magnético de la Tierra.

1933 **Thomas Cowling** prueba que los dínamos autosustentados nunca son simétricos en los ejes.

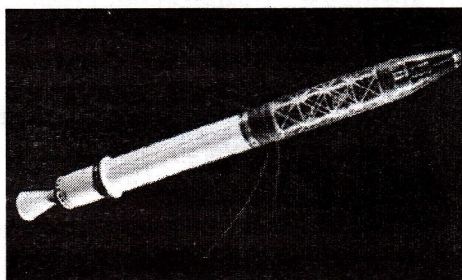
1946 **Walter Elsasser** trata de calcular soluciones del dínamo.

1951 **Jan Hospers** publica un estudio sobre las lavas Islandesas, por su magnetización concluye que las inversiones eran reales.

1952 **Kelth Runcorn** promueve la idea de «polo errante» para explicar las inversiones magnéticas.

1955 **Eugene Parker** presenta la manera en que los campos magnéticos toroidales del sol refuerzan los campos poloidales.

1958 La primera sonda espacial estadounidense **Explorer 1** descubre una región que rodea a la Tierra, conteniendo partículas cargadas atrapadas magnéticamente. Hoy se le conoce como cinturones de **van Allen**.



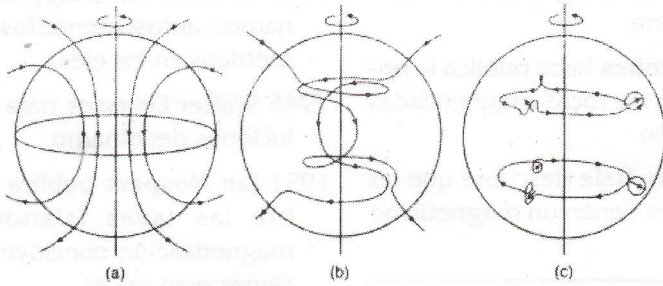
*Satélite Explorer 1
(Fuente: Jet Propulsion Laboratory, NASA)*

1958 **Eugene Parker** predice el viento solar.

1961 **Babcock** plantea la teoría empírica del ciclo de las manchas solares.

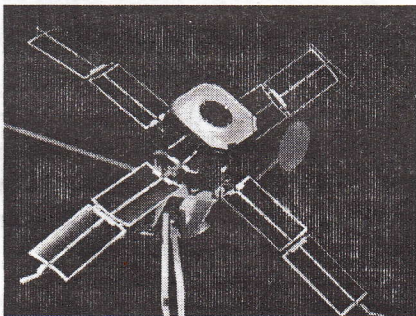
1962 **Morley, Vine y Matthews** sostienen que la agrupación magnética del fondo del océano es producida por un esparcimiento del lecho del mar, e inversiones polares.

1963 Es lanzado el satélite **IMP 1**, que realiza el primer mapeo de la cola magnética de la Tierra.



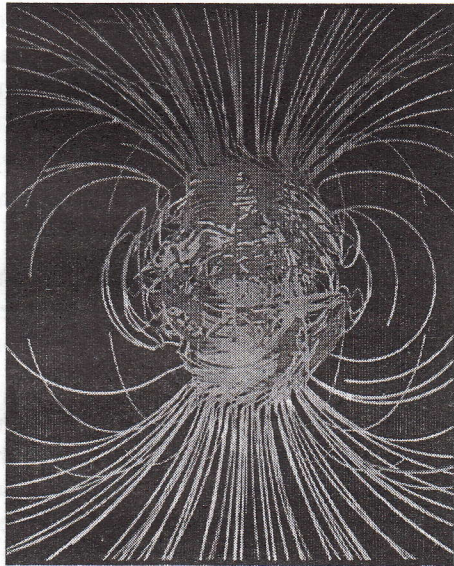
Modelo de Geodinamo Alfa-Omega. Tres etapas de regeneración del campo: a) Líneas de campo poloidales. b) La velocidad diferencial por rotación «enrolla» las líneas en forma toroidal. c) La convección vertical corta las líneas de campo. Finalmente las fuerzas de coriolis regresan al campo a su configuración inicial. (Fuente: C.T. Russell, Space Physics Center, Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California Los Ángeles)

- 1963 El **Vanguard 3** mapea los campos internos de la Tierra desde su órbita.
- 1964 **Braginsky** publica soluciones para el problema del dínamo cinético.
- 1965 **Heirtzler** genera un mapa de la banda simétrica magnética del lecho del océano.
- 1966 **Steenbeck** y colaboradores plantean el «dínamo alfa», generalizando una idea de Parker.
- 1974 La nave **Mariner 10** vuela cerca de **Mercurio** y observa su campo magnético.
- 1975 **Lowes** y **Wilkinson** demuestran la acción del dínamo en laboratorio.
- 1981 El satélite **Magsat** realiza el primer mapeo de precisión del campo magnético de la Tierra desde el espacio.

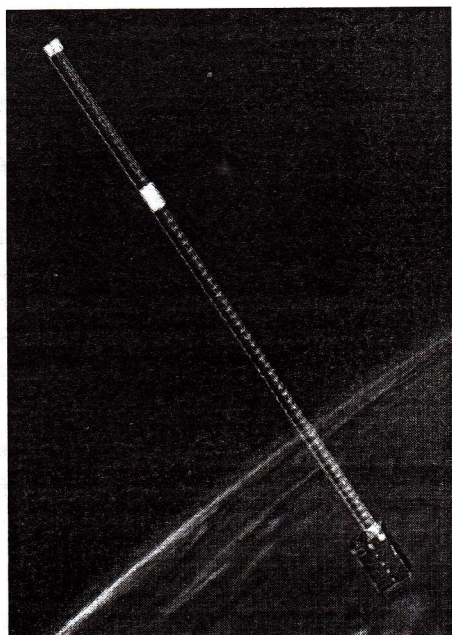


Magsat (Fuente: Museo Smithsonian)

- 1997 **Mars Global Surveyor** observa la magnetización de la costra de Marte.
- 1997 **Glatzmaier** y colaboradores usan una computadora para simular el dínamo de la Tierra y sus inversiones.
- 1999 El satélite **Oersted** es lanzado para mapear el campo magnético principal de la Tierra.



Modelo computacional 3D, mostrando las líneas de campo magnético (azul entrante, naranja saliente) producido según el modelo de geodinamo de Glatzmaier-Roberts. (Fuente: Pittsburgh Supercomputing Center)



Satélite Oersted: primer satélite danés.
Equipado con 5 instrumentos científicos a bordo
para registrar el campo magnético terrestre.
(Fuente: Florida State University)

IX. Nota sobre software libre

Este documento ha sido elaborado enteramente en base a software libre, suscribiendo las recomendaciones y tendencias actuales de la administración pública. En este caso:

- Openoffice ha sido adoptado como paquete ofimático estándar. De este se han utilizado, en esta oportunidad, las aplicaciones Write, Calc y Draw.
- Scilab ha sido utilizado en algunos de los cálculos y gráficos expuestos.
- Gimp ha sido utilizado para edición y proceso de algunas de las fotografías.
- El formato estándar PDF ha sido elegido como formato final de este trabajo.

ideas®

**EDITORIAL
IMPRESORA**

*Un proyecto
editorial
al servicio de
estudiantes
y autores
uruguayos.*

**HISTORIA - MATEMÁTICA
LITERATURA - FILOSOFÍA
CIENCIAS SOCIALES - ECOLOGÍA
ADMINISTRACIÓN - DERECHO
FÍSICA - QUÍMICA**

**Descuentos especiales
para docentes**

Mercedes 1786 CP 11200 - Telefax: 408 6985 - Montevideo, Uruguay
edideas@adinet.com.uy / www.editorialideas.com.uy

**Solicite
Catálogo**

WEB I

Primera Recomendación: <http://www.magodafisica.com/index.htm>

Mago Da Física: «Ensino de Física em ambientes virtuais». Como se describe en sus páginas «MAGO DA FÍSICA é um personagem virtual que foi criado e desenvolvido em



<http://www.magodafisica.com/index.htm>

2007 pelo Prof. Amadeu Albino Júnior, que tem mestrado em Física pela UFRN, e é professor do IFRN - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte e dos

Colégios CEI - Centro de Educação Integrada e FACEX, em Natal/RN. Tal personagem virtual tem como objetivo integrar professores e estudantes e interessados em Ciência, em forma de discussões, exemplos e aplicações».

Si, está en portugués, pero no importa, la Física tiene su lenguaje universal. Videos, ejemplos de prácticas, foros, cuestiones de Física, oficina con YouTube, desafíos interesantes, entre otras cosas que puedes encontrar allí. Imperdible.

Segunda Recomendación: Laboratorios Remotos y Laboratorios Virtuales

Tradicionalmente los conocemos (básicamente) como: laboratorios reales con manipulaciones a distancia, a través de redes locales o globales y laboratorios con prácticas simuladas mediante computadoras respectivamente.

«Los laboratorios remotos o web labs, son laboratorios reales automatizados que se acceden a través de Internet. Permiten desarrollar experiencias didácticas sin la necesidad de estar físicamente presente en el laboratorio.» (fuente: <http://www.cie.cl> - Pontificia Universidad Católica de Chile).



FÍSICA INTERACTIVA

Un ejemplo básico: <http://labfmc.eis.uva.es/>

http://www.etsetb.upc.edu/ilabrs/lab_rem_ilabrs.html

<http://www.unalmed.edu.co/~darlstiz/virtual/laboratoriovirtual.htm>

En nuestra enseñanza pública (liceo) aún no están dadas las condiciones como para experimentar con un Laboratorio Remoto; en la enseñanza privada si, sólo se necesitan cosas que hoy en día son comunes en muchas instituciones (¿oferta no presencial?). Si, se puede, en el liceo, experimentar con laboratorios virtuales, ¿tal vez como complemento de lo «tradicional»?

Tercera recomendación: International Centre For Theoretical Physics



«Founded in 1964 by Abdus Salam (Nobel Laureate), the Centre operates under a tripartite agreement among the Italian Government and two United

Nations Agencies, UNESCO and IAEA. Its mission is to foster advanced studies and research, especially in developing countries. While the name of the Centre reflects its beginnings, its activities today encompass most areas of physical sciences including applications».

<http://www.ictp.it/>

MAGNITUDES RADIOMÉTRICAS Y FOTOMÉTRICAS

Fernando Fontán¹ - Carlos Zamalvide²

¹ Escuela de Tecnología, Facultad de Ingeniería, Universidad ORT,
Montevideo, Uruguay, e-mail: ffontan@adinet.com.uy

² Facultad de Ingenierías y Tecnologías, Universidad Católica Dámaso Antonio Larrañaga,
Montevideo, Uruguay, e-mail: czamalvi@gmail.com

Resumen:

Se enumeran las principales magnitudes radiométricas y fotométricas enfatizando el carácter sico/físico de las magnitudes fotométricas y el papel que juega el ojo humano en su definición.

Palabras clave:

Magnitudes fotométricas y radiométricas.

Introducción

La luz es una onda electromagnética y como tal, las magnitudes asociadas a dichas ondas y en especial a los fenómenos luminosos no deberían plantear en sus definiciones más dificultades que las que se presentan en otras ramas de la Física.

Existen sin embargo en estos fenómenos dificultades especiales. En realidad, el fenómeno de la sensación luminosa que producen ciertas ondas electromagnéticas en el ojo humano no es meramente un fenómeno físico. Hay aspectos físicos y psicológicos que deben ser considerados.

Se establecerá entonces una suerte de correspondencia entre aquellas magnitudes de carácter puramente físico y aquellas otras que se asocian con la sensación que se genera al interaccionar la radiación electromagnética con el ojo humano. Tanto el ojo como el cerebro realizan un procesamiento de los datos provenientes de dicha interacción.

En el segundo caso, es necesario realizar una cuantificación del papel que juega el **ojo humano** actuando como transductor entre un fenómeno electromagnético y una percepción (fenómeno psicológico). Además,

es necesario tener en cuenta que el ojo de otras especies, se ajusta a una interfase diferente y eventualmente, de interesar su estudio, ameritaría otra teoría con elementos distintos a la «fotometría humana».

Más aún, si el ojo humano evolucionara, algunos de los elementos que pasaremos a definir, también cambiarían, aunque los fenómenos electromagnéticos asociados permanecieran idénticos.

Al conjunto de aquellas magnitudes y sus unidades que se vinculan con el fenómeno puramente físico le llamaremos **radiométricas**, mientras que a aquellas que conllevan una componente con rasgos psicológicos, y en consecuencia dependientes del ojo humano, le llamaremos **fotométricas**.

Cabe consignar, que el estudio de la sensación visual se corresponde con un fenómeno cuyo análisis se denomina «*Teoría de la visión de los colores*»[1]. En el presente resumen solamente nos interesará uno de los elementos de dicha teoría: aquel elemento de la sensación visual que se designa con el término «**brillo**» en el idioma cotidiano.

La presente recopilación comentada, de un conjunto de magnitudes radiométricas y fotométricas, puntualizará especialmente esa relación entre la radiación electromagnética y la sensación de brillo que ésta produce en el ojo humano.

Magnitudes radiométricas asociadas a una onda electromagnética

Una onda electromagnética está caracterizada por ciertos parámetros: frecuencia,

amplitud, y en un medio determinado, su longitud de onda. Eventualmente, estos datos se ven complementados por información acerca de su grado de coherencia espacial y temporal. Además, una onda electromagnética como fenómeno físico, es energía en tránsito. Nos interesa en particular, cuantificar la energía que transporta dicha onda electromagnética y que pueda incidir sobre o ser emitida por una superficie.

1) Flujo radiante (P)

Es la energía total emitida en forma de ondas electromagnéticas en la unidad de tiempo por un manantial puntual o extenso en todas direcciones.

El flujo radiante es una potencia y su unidad es por tanto el watt.

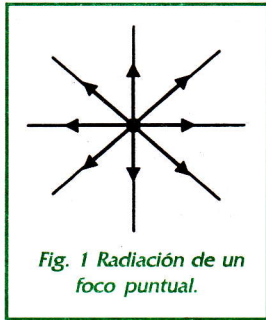


Fig. 1 Radiación de un foco puntual.

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \left(\frac{J}{s} = W \right)$$

2) Intensidad radiante (I_r)

Es necesario definir una magnitud que pueda describir las fuentes de emisión *no isótropas* en las cuales la potencia en forma de flujo radiante emitido no es la misma en todas las direcciones.

Debemos analizar, en esos casos, la densidad de flujo radiante por unidad de ángulo-sólido¹ en el entorno de una dirección dada.

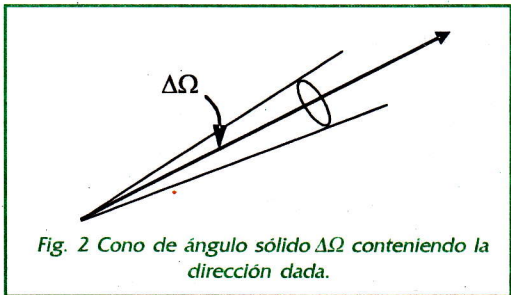


Fig. 2 Cono de ángulo sólido ΔΩ conteniendo la dirección dada.

Definimos **Intensidad radiante**, emitida por una fuente puntual en una cierta dirección, como el límite del cociente entre el flujo radiante ΔP emitido dentro de un elemento de ángulo sólido ΔΩ que contenga esa dirección y el valor de dicho ángulo sólido, cuando el ángulo sólido ΔΩ tiende a cero

$$I_r = \lim_{\Delta\Omega \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta\Omega}$$

Formalmente, se trata de una densidad de potencia, esto es: potencia por unidad de ángulo sólido. La unidad de medida de la Intensidad radiante es entonces el:

watt/estereorradián (W/sr)

Si la emisión es *isótropa*, la intensidad de radiación es la misma en todas direcciones y su valor es igual a su valor medio:

$$I_r = \frac{P_{total}}{4\pi} \quad W/sr$$

3) Densidad radiante (H)

En la práctica nos encontramos con superficies que emiten radiación, superficies (de carácter teórico) que son atravesadas por una radiación o superficies sobre las cuales incide una radiación. Por tal razón es conveniente definir una magnitud que relacione el flujo radiante con la superficie correspondiente.

Definimos la *densidad radiante*, flujo radiante por unidad de superficie, esto es, la densidad radiante es una densidad de flujo radiante.

$$H = \frac{\Delta P}{\Delta S}$$

La unidad de medida de la densidad radiante es el: W/m²

4) Magnitudes radiométricas de importancia en las aplicaciones tecnológicas

Por su importancia en múltiples aplicaciones, se define una magnitud específica para

¹ Ver Anexo B

un caso particular. Esta magnitud se refiere solamente al flujo radiante ΔP **recibido** desde todas direcciones por un elemento de superficie ΔS .

Irradiancia E_r

Se llama *irradiancia* al flujo radiante recibido por un elemento de superficie desde todas direcciones por unidad de dicha superficie.

$$E_r = \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad \text{W/m}^2$$

Conociendo la intensidad radiante del foco en dirección a la superficie, la densidad radiante puede calcularse como:

$$E_r = \frac{I_r}{d^2}$$

Esta relación es válida cuando la incidencia es normal.

Como la intensidad radiante I_r solo depende del foco emisor, observamos que la potencia recibida decrece con el cuadrado de la distancia entre el foco emisor y la superficie receptora.

Magnitudes fotométricas asociadas a la sensación luminosa

Las magnitudes radiométricas antes definidas no son idóneas para describir los fenómenos asociados a la visión pues la forma de respuesta del ojo humano no es obtenible por deducción analítica a partir de las leyes de la Física, por tanto las magnitudes en función de las cuales se describirá este fenómeno de carácter sico/físico deben ser definidas por otro procedimiento, de carácter empírico experimental.

1) Introducción Cualitativa

La obtención experimental de una relación funcional que vincule al estímulo, onda electromagnética, con la respuesta del ojo humano (percepción visual), requiere ciertos condicionamientos que pasamos a analizar.

Se concluye en la teoría de la visión de los colores que son necesarias tres variables para caracterizar la percepción visual. Una de ellas, es una variable asociada a la sensación de brillo que en dicha teoría se denomina *luminancia*. La luminancia es una magnitud fotométrica.

En el resto del presente trabajo utilizaremos solamente el término «brillo».

Si nuestra meta es estudiar la forma de dependencia de esa variable (brillo) con las variables radiométricas, será necesario diseñar un experimento en el cual se ponga de manifiesto esa dependencia funcional. Concretamente: diseñar un experimento usando como instrumento el ojo humano en el cual pueda medirse la sensación de brillo en función de una variable radiométrica.

Dicho esquema experimental existe y la CIE²[2] realizó series de mediadas de la sensación de brillo que producen distintos tipos de luces monocromáticas de diferentes longitudes de onda (diferente color), buscando una dependencia exclusiva del brillo con la longitud de onda para diferentes radiaciones electromagnéticas monocromáticas.

Los resultados de dichos experimentos muestran en primera instancia que:

- No todos los individuos poseen la misma forma de respuesta.
- Un mismo individuo tiene dos formas de respuesta, una llamada visión diurna o *fotópica* y otra visión nocturna o *escotópica*. El ojo humano puede decirse posee dos transductores diferentes de diferente respuesta.

Como consecuencia de lo antes mencionado deben efectuarse:

- a) Series de experiencias entre muchos individuos.
- b) Diseñar las experiencias de modo de caracterizar a uno solo de los transductores, es decir la visión fotópica o la visión escotópica.

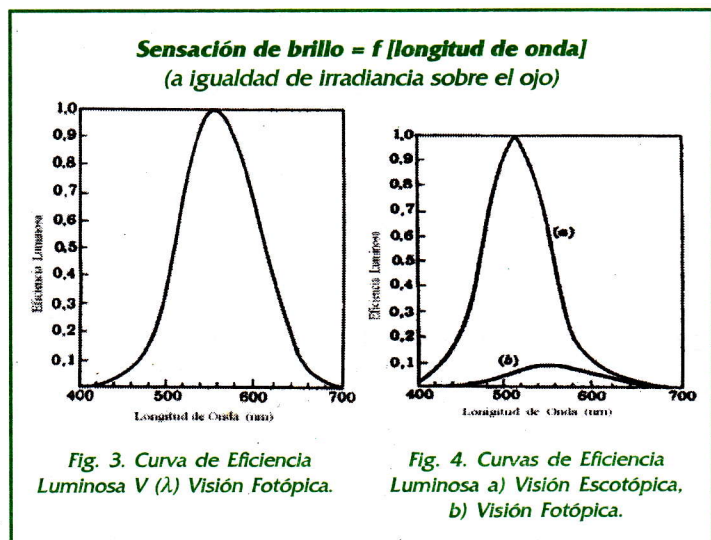
² Commission Internationale de L'Eclairage.

Se obtienen de esta forma dos curvas que representan valores medios de respuesta para poblaciones de individuos, cada una de las cuales corresponde a uno de los dos tipos de visión.

2) Eficiencia luminosa del observador estándar

Se puede afirmar, que excepto en casos de patologías muy específicas de la visión (por ej.: daltonismo), existe una relación de dependencia entre el brillo, como función de la longitud de onda, para un mismo tipo de visión. Los ojos de diferentes humanos se apartan poco de esta dependencia funcional.

El resultado obtenido para la visión diurna se expresa por medio de una función:



Esta curva[3], que corresponde a la visión fotópica y que es de origen experimental, **se tomará como patrón** para la ulterior definición de las magnitudes y unidades fotométricas. Se la denomina «Eficiencia luminosa del observador estándar» $V(\lambda)$.

Veamos seguidamente algunas consideraciones derivadas del análisis de la función $V(\lambda)$ obtenida:

- Producen sensación de brillo solamente aquellas radiaciones electromagnéticas cuyas longitudes de onda en el vacío pertenecen al intervalo.

$$400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$$

Ese intervalo se denomina «espectro visible». Fuera de este intervalo $V(\lambda) = 0$

- La ordenada de la curva $V(\lambda)$ tiende a cero cuando la longitud de onda tiende a los extremos del espectro visible.
- La curva $V(\lambda)$ presenta un máximo para $\lambda = 555 \text{ nm}$. Luz de esta longitud de onda es la más «eficiente» para generar la sensación de brillo. La ordenada de este máximo $V(555 \text{ nm})$ se toma arbitrariamente igual a la unidad.
- El carácter de «visible» de la luz no es un fenómeno meramente cualitativo de todo o nada, si se tiene en cuenta su capacidad para producir la sensación de brillo. Aumentando los valores de λ se pasa

de la invisibilidad $V(400 \text{ nm}) = 0$ y por un proceso continuo de eficiencia luminosa creciente se alcanza un máximo de eficiencia luminosa para $\lambda = 555 \text{ nm}$ y luego un descenso continuo hasta la invisibilidad a partir de $\lambda = 700 \text{ nm}$. El violeta y el rojo son los colores menos eficientes en cuanto a su capacidad de generar en el ojo sensación de brillo y un «amarillo verdoso», $\lambda = 555 \text{ nm}$, el más eficiente.

Interpretación:

Supongamos dos luces de longitudes de onda $\lambda_1 = 555 \text{ nm}$, eficiencia luminosa igual a 1 y $\lambda_2 = 510 \text{ nm}$ con $V(\lambda_2) = 0,50$ ¿Qué representa lo anterior desde el punto de vista experimental?

Representa:

- Si las dos luces producen la misma irradiancia sobre la retina, un individuo percibe la primera con un brillo doble que la segunda.
- Para que un individuo perciba la segunda con el mismo brillo que la primera esta última debe producir sobre la retina una irradiancia doble.

La curva de eficiencia luminosa del observador estándar aceptada como un patrón de respuesta del ojo humano es el «puente» que permite pasar de las unidades radiométricas a las unidades fotométricas.

Lo desarrollado hasta el momento, permite sacar ciertas conclusiones. Por ejemplo: realizar comparaciones entre relaciones de brillos y de intensidades de radiación. Pero, no estaremos en condiciones de expresar el resultado de una medida de una magnitud fotométrica hasta haber definido para esa magnitud una unidad de medida.

En un esquema formal, que será particularizado en cada caso, podemos establecer que: **cada magnitud fotométrica tiene su correspondiente radiométrica, cuando es evaluada en cuanto a su capacidad de producir sensación visual de brillo por medio de un factor de eficiencia luminosa dado por la curva $V(\lambda)$, eficiencia luminosa del observador estándar.**

Si llamamos MF a la medida de una magnitud fotométrica y MR a la medida de su correspondiente radiométrica, dicha correspondencia formal será:

$$MF = K \cdot V(\lambda) \cdot MR$$

K es una constante que quedará determinada al definir unidades de medida para las magnitudes fotométricas.

3) Magnitudes y unidades fotométricas, definiciones

a) Flujo luminoso (Φ), lumen

Flujo luminoso. Si bien el flujo radiante (P) mide la potencia radiada por una fuente, esa magnitud no brinda información sobre su capacidad para producir sensación de brillo.

A la magnitud radiométrica flujo radiante se le asocia la magnitud fotométrica **Flujo luminoso**.

Se evalúa el flujo luminoso determinando dicha capacidad por medio de la curva de eficiencia luminosa $V(\lambda)$. Para el caso

teórico de luz monocromática de longitud de onda λ será:

$$\Phi = K \cdot V(\lambda) \cdot P$$

Unidad de medida del flujo luminoso, lumen. «Un lumen es el flujo luminoso asociado a una onda electromagnética de longitud de onda $\lambda = 555$ nm y cuyo flujo radiante vale 1/683 vatios».

Definir una unidad, equivale a asignar un valor a la constante K. La definición anterior significa, con $V(555 \text{ nm}) = 1$, que se le ha asignado un valor a la constante K:

$$K = 683 \text{ lm/W}$$

Para una radiación monocromática de longitud de onda λ y flujo radiante P (magnitud radiométrica) el flujo luminoso asociado (magnitud fotométrica correspondiente) valdrá:

$$\Phi = 683 \cdot V(\lambda) \cdot P$$

En la relación anterior P se expresa en watt y Φ en lumen.

b) Intensidad luminosa (I_l), candela

La **intensidad luminosa** se corresponde con la intensidad radiante; mide la capacidad de una onda electromagnética de determinada intensidad radiante de producir sensación de brillo.

La unidad de radiación luminosa es la **candela**. La candela *podría* definirse como la intensidad luminosa en una cierta dirección de una onda electromagnética de longitud de onda $\lambda = 555$ nm en el vacío y que posee en esa dirección una intensidad de radiación de 1/683 watt/sr.

Observación. Las dos unidades fotométricas lumen y candela no son independientes, su relación es:

$$1 \text{ candela} = 1 \text{ lumen/estereorradián}$$

De esta forma es necesario definir solamente una de ellas. Se ha optado por definir como unidad fotométrica primitiva la candela, unidad de intensidad luminosa, a partir de esa definición surgen como unidades derivadas el resto de las unidades fotométricas.

c) Definición de Candela, unidad básica del Sistema Internacional[4]

Una candela es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hertz y cuya intensidad de radiación en dicha dirección es $1/683$ watt por estereorradián.

Se utiliza en la definición la frecuencia y no la longitud de onda pues de esta forma queda caracterizada la onda sin hacer referencia a un medio determinado.

d) Luminancia e Iluminancia

Siguiendo un criterio que jerarquiza aquellos conceptos de mayor aplicación práctica debemos definir dos magnitudes fotométricas especiales: *Luminancia* e *Iluminancia*.

Ambas magnitudes se refieren a luz interaccionando con una superficie.

En el caso de la luminancia, se refiere a la luz *emitida* por una superficie; en el caso de la iluminancia, a la luz *recibida* por una superficie.

La iluminancia *no* tiene carácter direccional. En este caso, se considera el flujo luminoso (lumen) recibido desde todas direcciones por la superficie.

La luminancia *posee* carácter direccional y considera la intensidad luminosa (candela) emitida por la superficie en una dirección determinada.

Iluminancia. Es el flujo luminoso incidente sobre un elemento de superficie, desde todas direcciones, por unidad de superficie.

$$\text{Iluminancia} = \frac{\text{Flujo incidente sobre un elemento de área}}{\text{Elemento de área}}$$

Unidades de iluminancia: La unidad de iluminancia es el lux:

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$$

La iluminancia es el correspondiente fotométrico de la magnitud radiométrica irradiancia.

Luminancia. Es la intensidad luminosa emitida en cierta dirección por unidad de superficie normal a la dirección de emisión.

$$\text{Luminancia} = \frac{\text{Intensidad luminosa emitida por un elemento de área en cierta dirección}}{\text{Elemento de área normal a la dirección de la intensidad luminosa}}$$

Unidades de luminancia: La unidad de luminancia es la candela/m²

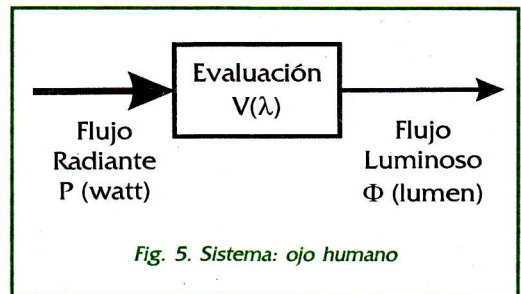
Anexo A

Sobre diferentes significados del término «eficiencia luminosa»

La eficiencia luminosa se refiere, como hemos dicho, a la diferente capacidad que poseen luces de diferentes longitudes de onda de producir sensación de brillo en el ojo humano.

Se utiliza sin embargo, en el idioma cotidiano, el término eficiencia luminosa para designar un concepto diferente, por ejemplo cuando se afirma: «La eficiencia luminosa de una lámpara de bajo consumo es 60 lumen/watt».

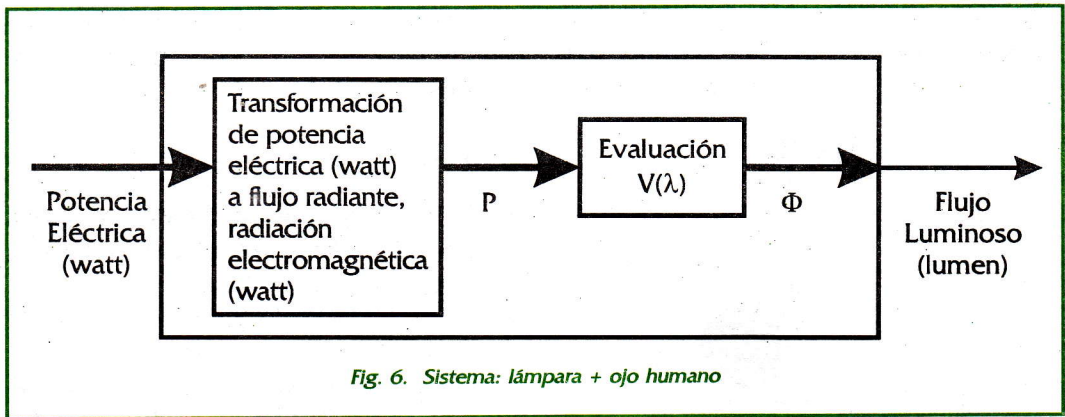
En el primer caso nos referimos a la respuesta del ojo humano, esto es, a la relación entre el flujo luminoso y el flujo radiante:



Esta eficiencia luminosa se expresa en lumen/watt.

En el segundo caso nos referimos a un doble fenómeno.

Veamos el siguiente ejemplo:



- a) Emisión de ondas electromagnéticas por el filamento incandescente de una lámpara.
- b) Capacidad de esas ondas electromagnéticas para producir en el ojo sensación de brillo.

(Ver figura 6)

La eficiencia es ahora la eficiencia global de los dos fenómenos. Aquí estamos relacionando el flujo luminoso con la potencia eléctrica. En general para esta eficiencia se emplea el símbolo η :

$$\eta = \frac{\text{Flujo luminoso producido}}{\text{Potencia eléctrica consumida}}$$

lumen/watt

A las dos «eficiencias» se las designa con el mismo término «eficiencia luminosa» y ambas se miden en las mismas unidades lumen/watt pero se refieren a conceptos diferentes.

Anexo B

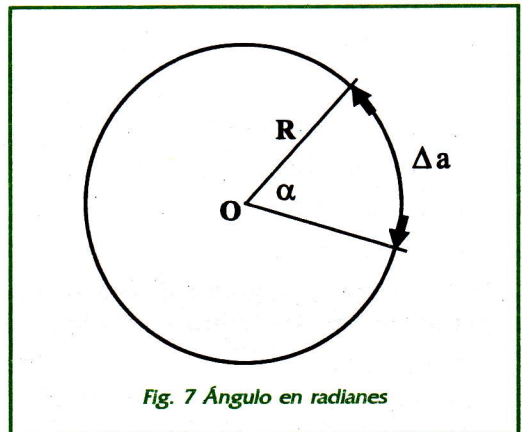
Radianes y estereorradianes

1) Medida de un ángulo en radianes

La medida de un ángulo en radianes es:

$$\alpha = \frac{\Delta a}{R}$$

Donde Δa es la medida del arco que subtende el ángulo sobre una circunferencia de centro en su vértice y radio R .

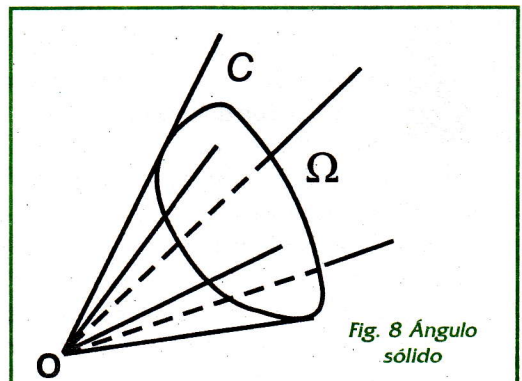


Un ángulo de 360° , medido en radianes vale 2π radianes.

2) Ángulo sólido

Se entiende por ángulo sólido de centro O a la porción de espacio definida por un cono con ese centro.

En ocasiones se define el ángulo sólido a partir de una curva adecuada C y el cono definido por el centro O y dicha curva.



Medida de un ángulo sólido en estereorradianes. Se define Ω medida de un ángulo sólido en estereorradianes:

$$\Omega = \frac{\Delta S}{R^2}$$

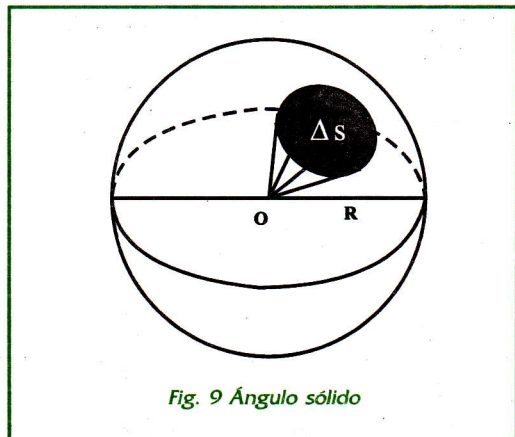


Fig. 9 Ángulo sólido

Donde ΔS es el área de la superficie intersección de dicho ángulo sólido con una superficie esférica de centro en su vértice y radio R .

En especial se dice que un ángulo sólido mide un estereorradián cuando su intersección con la esfera antes definida es una superficie de área R^2 .

Cuando el cono abarca todo el espacio, el ángulo sólido vale 4π estereorradianes.

Referencias

- [1] Bouma, P. J., *Physical Aspects of Colour*, Phillips Research Laboratories, Eindhoven, Netherlands.
- [2] COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECCLAIRAGE <http://www.cie.co.at>
- [3] Sears, Francis W., *Fundamentos de Física - Tomo III Óptica*, 4ª Ed., Aguilar, Madrid, España, 1979.
- [4] Bureau International des Poids et Mesures, BIPM. <http://www.bipm.org/>

Observación

Si bien se ha tomado como referencia el texto de Francis Sears: *Fundamentos de Física - Tomo III Óptica*, debido a la claridad y sencillez con la cual la temática es expuesta, se debe advertir que las definiciones de algunas magnitudes y sus unidades han cambiado, por lo cual parte de la información referida a esos temas, contenida en el texto, no tiene vigencia.

Aletea Pequeña Mariposa ... (...y cambiarás el destino)



«Si agita hoy, con su aleteo, el aire de Pekín, una mariposa puede modificar los sistemas climáticos de Nueva York el mes que viene». (J. Gleick; «Caos»)

Edward Norton Lorenz (23 de mayo de 1917 - 16 de abril de 2008) fue un matemático y meteorólogo estadounidense, pionero en el desarrollo de la teoría del caos. Fue quien introdujo el concepto de atractores extraños y acuñó el término efecto mariposa.

«...estudió las soluciones de su modelo y se dio cuenta que alteraciones mínimas en los valores de las variables iniciales resultaban en soluciones ampliamente divergentes. Esta sensible dependencia de las condiciones iniciales fue conocida después como el efecto mariposa ...»

«...describió un sistema relativamente simple de ecuaciones que dieron lugar a un patrón de complejidad infinita, llamado atractor de Lorenz ...»

Vaya nuestro humilde homenaje al científico (integrante del Departamento de Meteorología del MIT) por sus notables contribuciones.

INTEGRANDO MODELOS FÍSICOS A TRAVÉS DEL USO DE UN SIMULADOR DE INSTRUMENTOS DE MEDICIONES ELÉCTRICAS

Norah Giacosa¹ - Silvia Giorgi² - Sonia Concar²

¹ Departamento de Física. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (UNaM).
Félix de Azara 1552 (3300). Posadas. Misiones, Argentina. E-mail: norah@correo.unam.edu.ar

² GIDEAF - Departamento de Física - Facultad de Ingeniería Química (UNL). Santiago del Estero 2829
(S3000AOM) Santa Fe, Argentina. E-mail: sgiorgi@fiq.unl.edu.ar; sconcar@fiq.unl.edu.ar

1. Introducción

Las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) se entienden hoy como recursos culturales, instrumentos de mediación y herramientas cognitivas que forman parte de la vida cotidiana y que también deben estar presentes en la enseñanza formal (Concar et al, 2006).

Su novedad no reside en los códigos semióticos que utiliza (lenguaje oral, escrito, audiovisual, gráfico, numérico, etc.), sino en la integración de ellos para crear nuevos ambientes que posibilitan operar y transformar la información mientras se aprende. La buena predisposición de los jóvenes a su uso es casi indiscutible, sin embargo, muchos docentes, resistentes al cambio, evitan su incorporación al aula.

La Asociación Internacional para la Tecnología en Educación, en el año 1997, ya insistía sobre las habilidades, capacidades y nociones fundamentales de informática que debería poseer un docente. Entre ellas mencionaban: *«Saber evaluar, seleccionar e integrar curricularmente estos medios en las diferentes áreas de y/o niveles educativos»* (Domingo Segovia, 2002; pp: 115).

En la Nueva Ley de Educación Nacional de la República Argentina, sancionada en el año 2006, se reconoce que es responsabilidad de la escuela la «alfabetización digital». Es ella quien debe garantizar que los actores del sistema educativo, además

del ingreso a la cultura letrada, tengan acceso a los nuevos lenguajes digitales.

Más recientemente, en la declaración de la última Conferencia Regional de Educación Superior para América Latina y El Caribe, celebrada en el año 2008, se advierte que las TICs tenderán a crecer aceleradamente; y que la virtualización de los medios educativos y su uso en los procesos de enseñanza y en las actividades de aprendizaje, desempeñarán un papel preponderante en la formación de competencias de los futuros profesionales (CRES, 2008).

Ahora bien, la incorporación de TICs en ambientes educativos requiere indefectiblemente nuevas competencias docentes que sólo se logran a través de un arduo proceso. Este proceso debe incluir no sólo la toma de contacto con ellas (familiarización, experimentación), el análisis crítico de sus alcances y limitaciones, la reflexión acerca de su potencial utilidad para enseñar, sino también la selección, adaptación y complementación de estos recursos con estrategias didácticas específicas promotoras de procesos de construcción significativa de conocimientos científicos.

De la abundante literatura existente sobre el tema se rescatan algunas recomendaciones. Según Papert (1999), es necesario conocer no sólo cuánto y cómo se interactúa externamente con el medio, sino qué procesos de orden cognitivo superior promueve el uso del mismo; Marchisio

(2007) sostiene que es imprescindible identificar, desde un sistema de valores, la esencia del potencial didáctico del recurso a fin de conocer qué posibilita y/o inhibe en los procesos educativos, mientras que Tedesco (2000) alerta acerca de que el problema no reside en las TICs, sino en su utilización por parte de los actores sociales.

Paralelamente, entre las advertencias a tener en cuenta Domingo Segovia (op cit) señala que si las TICs se utilizan sólo para transmitir información totalmente elaborada y para demandar respuestas repetitivas por parte de los alumnos, reforzarán aún más los modelos tradicionales de relacionarse con el conocimiento. Por su parte, Tedesco (op cit) advierte que si la introducción de las TICs se realiza por prescripción administrativa o por presiones sociales, económicas, o de imagen, es muy probable que se renuncie a su verdadero potencial educativo.

Se sostiene que el uso de las TICs en los procesos educativos debe superar la idea reduccionista consistente en que con ellas se puede enseñar lo mismo que antes, pero de una manera más eficiente, o más motivadora. Las TICs se conciben como nuevos recursos didácticos que integrados, con el debido y necesario reencuadre pedagógico, a los recursos tradicionales de enseñanza, posibilitan otros escenarios para el aprendizaje.

En virtud de lo planteado, el propósito de este trabajo es presentar un sitio interactivo que posibilita estudiar, en entornos virtuales, el funcionamiento de instrumentos de medidas eléctricas en circuitos por los que circula corriente continua: galvanómetro de bobina móvil, amperímetro y voltímetro. Los contenidos temáticos involucrados en el funcionamiento de estos equipos corresponden al *currículum* de Física básica universitaria de carreras científico-tecnológicas.

Se pretende con este trabajo exponer las potencialidades pedagógicas del *applet* teniendo en cuenta la disciplina en la que

encuadra y el proceso de análisis realizado antes de su incorporación a situaciones de enseñanza.

En la próxima sección se exponen los supuestos teóricos que sustentan la investigación, enfatizando la postura que adoptan las autoras de esta presentación ante el uso de simulaciones en la enseñanza de Física. Seguidamente, se explicitan los aspectos metodológicos. En los resultados se presentan los modelos físicos involucrados en el simulador, cómo se opera con él, y las bondades y advertencias para su uso en el aula.

2. Los *applets* en la enseñanza de Física

La Física, por la estructura del cuerpo de conocimientos que abarca, y por la propia lógica de tratamiento de esos conocimientos, requiere trabajar con modelos, hipótesis, procedimientos, técnicas y resultados, relacionar magnitudes, describir y caracterizar sistemas, predecir comportamientos y valores, decidir sobre métodos e instrumentos, manipular instrumentos, medir, estimar y/o calcular valores, confeccionar y/o interpretar gráficas y tablas, procesar datos, obtener resultados, establecer límites de validez y de confianza, comunicar procedimientos y resultados. Los contenidos y los procesos del mundo físico que esta disciplina estudia son inseparables.

En general, la comprensión por parte de los estudiantes del nivel medio y/o universitario básico de las leyes y principios de la Física Clásica (mecánica - electromagnetismo), requiere un gran esfuerzo intelectual.

El objetivo de un curso de Física básica universitaria es lograr que los alumnos sean capaces de comprender, explicar y predecir fenómenos del mundo físico. También, se pretende que tomen contacto con la práctica científica, ello involucra investigar, crear, modelizar y encontrar soluciones creativas e innovadoras a situaciones problemáticas.

La enseñanza de la Física debe contribuir al desarrollo de competencias que posibiliten al alumno organizar sus propios aprendizajes y construir sus conocimientos basados en ciertas destrezas de razonamiento. Según Candau y otros (2001), éstas se pueden estimular, cuando se incluyen gradualmente tareas secuenciadas y ordenadas jerárquicamente tales como: conocer, entender, aplicar, analizar, sintetizar y evaluar.

Las estrategias de aprendizaje coherentes con esos procesos incluyen el diseño y desarrollo de proyectos de investigación, la experimentación y la resolución de problemas de lápiz y papel. Todos ellos diseñados para promover la capacidad para resolver situaciones problemáticas variadas con sentido crítico, y no para la acumulación de contenidos, fórmulas matemáticas y resultados. Es imprescindible que el alumno comprenda que la Matemática es una herramienta fundamental para la Física, ya que las leyes de la naturaleza se expresan en términos de relaciones matemáticas entre magnitudes y que dichas relaciones involucran modelos e hipótesis que limitan su rango de validez.

Entre las TICs empleadas para la enseñanza de la Física se destacan los *applet* que, desde la terminología informática, son *software*, o programas computacionales, no comerciales –realizados generalmente en lenguaje Easy Java o Visual Basic– con los que se puede simular el comportamiento de sistemas o procesos físicos mediante la modelización computacional.

Se sostiene que el uso de simulaciones en la enseñanza de la Física no puede reemplazar a las experiencias reales, dado el indiscutible valor didáctico de estas últimas, sino que puede complementarlas. No obstante, el empleo de estos recursos informáticos puede facilitar la comprensión de fenómenos físicos de difícil reproducción experimental. Cuando los *applet* son incorporados adecuadamente a los procesos de instrucción, resultan de interés en la forma-

ción científica de los alumnos. Desde el punto de vista didáctico, el uso de simulaciones en el mencionado proceso, supone un avance cualitativo porque posibilita visualizar diversos fenómenos y permite promover actividades de investigación basadas en el uso de procedimientos propios del trabajo científico (García Barneto y Gil Martín, 2006).

Los *applet* aplicados a la enseñanza de Física (Bohigas et al, 2003) pueden usarse cualitativa o cuantitativamente. Mientras que con la primera modalidad se reproduce el fenómeno físico de manera pictórica; con la segunda, se ofrece la posibilidad de modificar algunas variables independientes que intervienen en él y obtener resultados numéricos de las variables dependientes. Ambas modalidades posibilitan la exploración y visualización gráfica de la simulación dentro de determinados límites de validez propios del programa.

Los tipos de *applet* disponibles en Internet son básicamente dos: los que se ejecutan directamente desde la página WEB en la que están incrustados y los que pueden «descargarse» e instalarse previamente en una computadora para su utilización.

La flexibilidad y rapidez con que trabajan las computadoras permiten realizar gran número de simulaciones en muy poco tiempo y constituyen un micromundo virtual de trabajo con variedades de representaciones.

Algunos entusiastas defensores de la incorporación de la informática en la enseñanza de la Física han alegado que, a pesar de los inconvenientes que su uso podría ocasionar en la personalidad, producto de la falta de interacción social, su utilidad en el campo educacional, en particular en lo relacionado al desarrollo del pensamiento lógico en esta disciplina, sería incuestionable; también admiten que pueden existir errores en la confección de los programas producidos por cierta falta de cuidado, o aún, cierta falta de conocimiento en Física, lo que puede conducir a los alumnos a pen-

sar de modo incorrecto y, consecuentemente a conceptualizaciones erróneas (Vrankar, 1996).

Es así que se sostiene que la incorporación de un *applet* en las actividades de enseñanza no es inmediata, requiere de un análisis crítico por parte del docente acerca de sus potencialidades y limitaciones antes de su implementación en el aula.

3. Metodología

En el paradigma de la investigación cualitativa, se realizó un estudio de caso (Stake, 1998). Se presenta el análisis crítico de un *applet* que posibilita estudiar, en entornos virtuales, instrumentos de medición eléctrica tales como el galvanómetro de bobina móvil, el amperímetro y el voltímetro. Las categorías de análisis se construyeron teniendo en cuenta que el *applet* seleccionado está disponible en INTERNET, es de uso libre y constituye un *software* educativo apto para la enseñanza del tema mediciones eléctricas, por lo que puede considerarse un potencial recurso didáctico.

Los cinco criterios que se adoptaron en este trabajo para seleccionar recursos disponibles en INTERNET (Candau et al, op cit; Kapoun, 1998) contemplan: la exactitud de la fuente primaria (identificación del autor y posibilidad de comunicación), fiabilidad del origen (credenciales del autor y pertenencia institucional), objetividad de la información, actualidad (de producción y/o actualización) y accesibilidad a los vínculos o referencias citadas.

Los aspectos que se examinan en el *software* (Marquès Graells, 2005; Medeiros y Medeiros, 2002) son de carácter técnico, funcional y estético.

En los aspectos técnicos se analizó el tamaño del programa (espacio que necesita en el disco rígido o memoria requerida, tiempo de carga, etc.), los requerimientos operativos (sistema, plataforma y soporte físico adicional) y la compatibilidad con

otros sistemas informáticos. Entre las cuestiones funcionales analizadas se incluyeron versatilidad (de funciones y de ajuste de parámetros), usabilidad (facilidad de ser aprendido y utilizado), interactividad (interacciones amigables y posibilidad de fácil entrada de órdenes y respuestas), eficiencia (economía en la utilización de los recursos y tiempo de aplicación), recuperabilidad (posibilidad de deshacer una acción una vez reconocido el error) y portabilidad (posibilidad de transportar la información a otros entornos).

Para analizar el recurso didáctico, se tuvieron en cuenta orientaciones para la selección de material curricular (Santos Guerra, 1995; Zabala Vidiella, 1995). Se consideraron destinatarios, objetivos de la formación pretendidos, contenidos involucrados (conceptuales, actitudinales y procedimentales), tipos de actividades propuestas, recursos necesarios, posibilidad de auto-evaluación, tiempo disponible (fundamentalmente, el de la planificación áulica) y contexto socio-cultural.

4. Los modelos físicos involucrados en el simulador

En el sitio: <http://cerezo.pntic.mec.es/~jgrima/aparatosmedida.htm> se puede acceder a simulaciones de instrumentos de medición de corriente continua (galvanómetro y amperímetro) y de voltaje (voltímetro). En el mismo se presenta una introducción en la que se resalta que tanto el amperímetro como el voltímetro son aparatos de medida cuyo funcionamiento se basa en una aplicación práctica de las fuerzas magnéticas.

A partir de un problema cuantitativo concreto, se propone analizar la desviación angular de un galvanómetro de bobina móvil y realizar las modificaciones necesarias para trasformarlo en amperímetro y voltímetro con determinadas características.

Los contenidos conceptuales previos que requiere la explicación del funcionamiento de un galvanómetro de bobina móvil incluyen los conceptos de fuerza magnética sobre un conductor por el que circula corriente eléctrica, momento de fuerza magnética o torque magnético y torque elástico de un resorte.

En la Fig.1(a) (adaptada de Alonso y Finn, 1970) se muestra una espira rectangular de lados l y l' por la que circula una corriente I , inmersa en un campo magnético uniforme β y en la Fig.1(b), una vista superior de la misma.

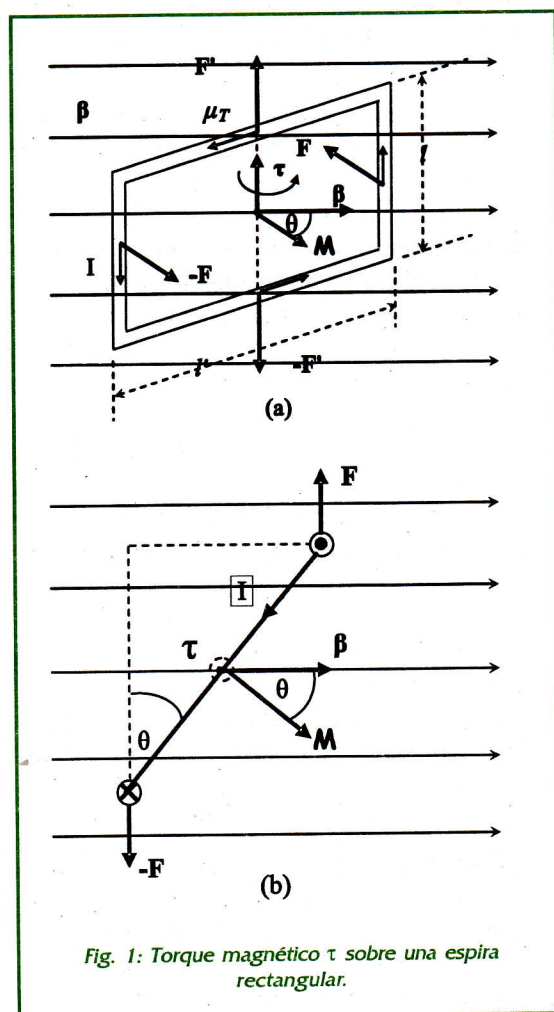


Fig. 1: Torque magnético τ sobre una espira rectangular.

El módulo de la fuerza magnética F que experimenta un conductor rectilíneo de longitud l que transporta una corriente I , y que

está inmerso en un campo magnético β , es la mostrada en la Ecuación (1). Donde α es el ángulo que forman entre sí el vector unitario (definido sobre la tangente al conductor en el sentido de la corriente) y el vector inducción magnética β .

$$F = I \cdot l \cdot \beta \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

Es conveniente recalcar que la función $\sin \alpha$ adquiere, independientemente de la posición de la espira respecto al campo magnético, un valor máximo e igual a la unidad para los lados de longitud l y que si bien la suma de las fuerzas magnéticas es nula, el momento o torque resultante es distinto de cero.

El módulo del torque magnético que experimenta la espira, tomando como eje de rotación al que pasa por su centro y es paralelo a los lados l , está dado por la Ecuación (2), donde F son las fuerzas magnéticas sobre los lados l y $l'/2 \sin \theta$ son sus brazos de palanca. Nótese que los momentos de las fuerzas que actúan sobre los lados l' , respecto al eje mencionado, son nulos ya que la dirección de las fuerzas coincide con el eje de rotación. Siendo θ el ángulo que rotó el plano de la espira, el torque resultante es:

$$\tau = F \frac{l'}{2} \sin \theta + F \frac{l'}{2} \sin \theta \quad (2)$$

Realizando la operación indicada se obtiene la Ecuación (3), que también puede ser interpretada como el módulo del torque magnético que experimenta la espira cuando se toma como eje de rotación uno de los lados denominados con la letra l puesto que el mismo resulta independiente del eje de rotación.

$$\tau = F \cdot l' \cdot \sin \theta \quad (3)$$

De las Ecuaciones (1) y (3), se obtiene la Ecuación (4), que proporciona el módulo del torque magnético en función de la intensidad de corriente que circula por

la espira, su superficie ($S = l \cdot l'$), la intensidad de campo magnético uniforme y el ángulo de rotación.

$$\tau = I \cdot S \cdot \beta \cdot \sin \theta \quad (4)$$

En la Fig. 1(b) se aprecia que el ángulo θ es igual al ángulo que forman entre sí el vector momento magnético M (normal al plano de la espira y con el sentido determinado por la regla de la mano derecha, teniendo en cuenta la circulación de la corriente eléctrica) y el vector campo magnético.

Es importante recordar que las dos últimas ecuaciones fueron deducidas para una sola espira inmersa en un campo magnético uniforme. Si se tratara de un conjunto de N espiras, el módulo del torque magnético se incrementaría N veces.

Finalmente, el tercero de los contenidos conceptuales, consiste en que el módulo del torque elástico de un resorte ideal, de constante de recuperación k cuando haya girado un determinado ángulo γ medido respecto de su posición de equilibrio, está dado por la Ecuación (5), donde γ es el desplazamiento angular del elemento elástico.

$$\tau = k\gamma \quad (5)$$

4.1. El galvanómetro de bobina móvil

En un galvanómetro de bobina móvil, las espiras que se enrollan en el cilindro central son generalmente rectangulares (de base igual al diámetro d del cilindro y altura l igual a la altura del cilindro) y están conectadas, por un lado con un resorte, y por otro, con una aguja encargada de indicar en una determinada escala, la desviación o rotación que experimenta el conjunto de espiras cuando por ellas circula corriente eléctrica.

En la Fig. 2 se muestra una vista superior del galvanómetro de bobina móvil. El imán con polos en forma de herradura identificados como N (norte) y S (sur) junto con el cilindro de sustancia ferromagnética proporcionan un campo magnético radial en la región comprendida entre ellos.

Esto asegura que cualquiera sea la posición que adopten las espiras enrolladas en el cilindro, la fuerza magnética sobre los

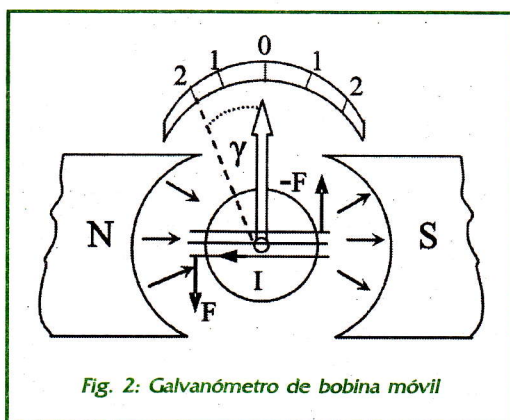


Fig. 2: Galvanómetro de bobina móvil

conductores perpendiculares a la base sea máxima ($\alpha = 90^\circ$) y nula sobre los conductores paralelos a ella ($\alpha = 180^\circ$ para el superior y $\alpha = 0^\circ$ para el inferior).

El torque magnético hará que la bobina rote un ángulo γ en sentido antihorario, en el caso de la figura mostrada, en tanto que el torque elástico del resorte solidario a la bobina, hará que la misma rote en sentido horario. Cuando se establezca el equilibrio entre ambos torques (Ecuación 4 para N espiras y Ecuación 5), la aguja indicará una desviación γ dada por la Ecuación (6).

$$\gamma = \frac{NIS\beta}{k} \quad (6)$$

La deflexión de la aguja un ángulo γ , permite detectar el paso de una corriente I .

4.2. Transformación de un galvanómetro en amperímetro y en voltímetro

En lo que sigue se analizan los conceptos involucrados para transformar un galvanómetro en un amperímetro y en un voltímetro respectivamente.

Para realizar la primera transformación es necesario adosar al aparato una resistencia «pequeña» en paralelo, que asegure que por el galvanómetro circulará una corriente proporcional a su tolerancia.

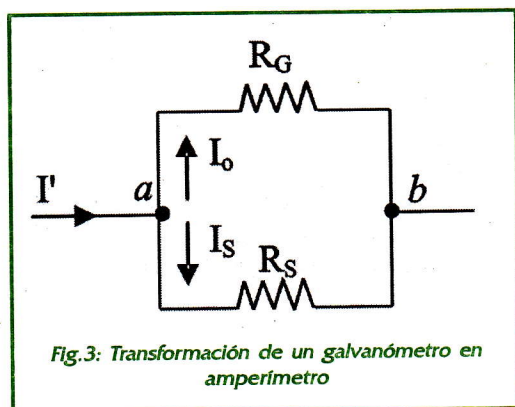
Si la aguja del galvanómetro, para una cierta corriente I , se desvía un determinado valor de γ , es posible averiguar qué valor

de corriente haría que la desviación sea máxima (γ_0) mediante la Ecuación (7).

$$\frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{I}{I_0} \quad (7)$$

Una vez determinada I_0 , conociendo el valor de corriente I' que circulará por el circuito y la resistencia interna del galvanómetro R_G , es posible, aplicando la ley de Ohm, calcular el valor de la resistencia que se deberá colocar en paralelo, usualmente nombrada como *shunt* (R_S) y representada en la Fig. 3. La ecuación que se obtiene es la (8).

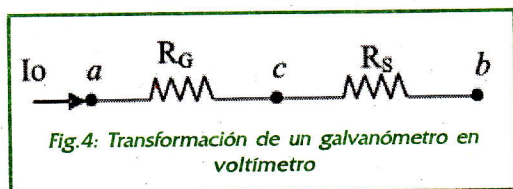
$$R_S = \frac{R_G I_0}{I' - I_0} \quad (8)$$



Si se desea transformar el galvanómetro en un voltímetro se deberá colocar una «gran» resistencia en serie.

Una vez establecida I_0 y sabiendo el valor de voltaje máximo (V_{ab}) y el de la resistencia interna del galvanómetro (R_G) es posible calcular el valor de la resistencia que se deberá colocar en serie (R_S) mediante la Ecuación (9). En la Figura 4 se muestra un esquema de la conexión.

$$R_S = \frac{V_{ab} - R_G I_0}{I_0} \quad (9)$$



5. Análisis del simulador

La página WEB en la que se encuentra el simulador es un servidor que pertenece actualmente al Centro de Información y Comunicación Educativa (CNICE, antes PNTIC) de España y está dirigido principalmente al profesorado. Este sitio, desarrollado por M^a Josefa Grima y Javier Soriano, presenta hipervínculos, esquemas, gráficos y elementos móviles.

El simulador que aquí se analiza, según se aprecia en la pantalla, es autoría de Javier Soriano. El mismo es de acceso libre y para utilizarlo, se requiere conexión a INTERNET y tener instalado en la computadora el programa Easy Java, que también es de uso libre.

El simulador no posee instrucciones de uso. Su manejo y el control de variables dependen de la modalidad en la que opera el instrumento, pero en todos los casos, al hacer correr el programa, el resultado obtenido es la desviación angular de la aguja sobre una escala.

Se pueden seleccionar de un menú cerrado tres modos diferentes de operación: **Normal**, **Amp** y **Volt** que representan al galvanómetro, y al galvanómetro transformado en amperímetro y voltímetro, respectivamente. La corrida, o inicio, del programa se realiza mediante el comando «Simular», y con «Reiniciar» se puede reiterar la misma experiencia, o proponer una nueva.

Seleccionando la opción **Normal**, e iniciada la corrida del programa, el *applet* informa la desviación angular en grados sexagesimales pudiendo la misma variar entre -30° y 30° . Se aprecian los siguientes elementos:

- Valores que pueden ser modificados: intensidad de corriente I entre $-1,75$ mA y $1,75$ mA, intensidad del campo magnético β entre 0 y $0,05$ T y número de espiras N , que se puede fijar en valores naturales de 1 a 10.
- Representación pictórica de partes componentes del galvanómetro, el vector

campo magnético, los vectores fuerza magnética, el sentido de circulación de la corriente eléctrica y la desviación angular de la aguja.

Eligiendo la opción **Amp** e iniciada la corrida, el programa calcula la desviación angular en función de la intensidad de corriente mostrando el valor de dicha desviación en grados sexagesimales, y los valores de corriente que circulan por el galvanómetro (I_1) y por la resistencia en paralelo (I_2). En esta modalidad de operación, es importante tener en cuenta que el galvanómetro se ha convertido en un amperímetro de escala 3 A. En este caso cabe señalar que:

- La única variable que puede ser modificada es la intensidad de corriente, que admite valores en un rango de -3 A a 3 A.
- El número de vueltas y la intensidad de campo magnéticos son fijos y sus valores son: $N = 10$ y $\beta = 0,05$ T.
- La resistencia en paralelo que se adosó al galvanómetro, para transformarlo en amperímetro, admite un único valor de $12 \text{ m}\Omega$.
- En la simulación, además de los elementos ya mencionados, se aprecia la resistencia conectada en paralelo, el sentido de circulación de la corriente entrante y de las corrientes que circulan por el galvanómetro y por la resistencia adicional.

Por último, si se opera en modo **Volt** y se realiza la simulación, el *applet*, como en el caso anterior, calcula la desviación angular en grados sexagesimales y la corriente que circula por el galvanómetro, que ahora opera como un voltímetro de escala 300 V. Algunas cuestiones de importancia son:

- El cuadro que en los casos anteriores indicaba el valor de la corriente eléctrica, en este modo de operación informa la diferencia de potencial, que admite valores comprendidos entre -300 V y 300 V.
- Los valores del número de vueltas y de la intensidad de campo magnético

son fijos e iguales a los ya citados en el modo **Amp**.

- La resistencia en serie que se adosó al galvanómetro, para transformarlo en voltímetro, es también fija e igual a $172 \text{ k}\Omega$.
- Además de los elementos ya mencionados, en la simulación se aprecia la resistencia conectada en serie y el sentido de circulación de la única corriente.

Si bien entre las utilidades del *applet*, los autores mencionan que se puede comprobar que el ángulo girado en un galvanómetro de bobina móvil depende de: la intensidad de corriente, el número de espiras, la superficie de las espiras, la intensidad de campo magnético y de la constante de torsión, en el simulador los valores de la superficie de las espiras y de la constante de torsión son implícitos e invariantes.

Una interesante sugerencia que realizan los autores consiste en cambiar el sentido de circulación de la corriente y verificar que el giro de la aguja será en sentido contrario. La última de sus indicaciones hace referencia a la posibilidad de observar cómo se puede transformar un galvanómetro en un amperímetro y en un voltímetro.

En la Fig. 5 se aprecia parte de la pantalla, cuando el simulador se usa en modo amperímetro.

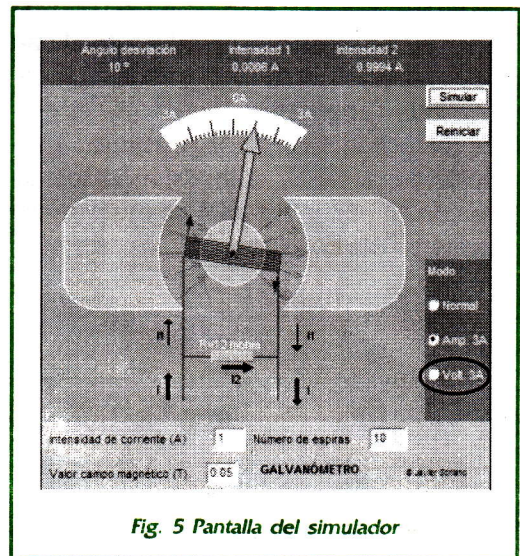


Fig. 5 Pantalla del simulador

Del análisis de la presentación y funcionamiento de este simulador se señalan los siguientes aspectos de aptitud para su uso en clases de física del ciclo básico universitario:

- Cuando se utiliza como galvanómetro de bobina móvil, es posible realizar análisis cualitativos y cuantitativos que posibilitan evidenciar la dependencia de la desviación angular con la intensidad de corriente, la intensidad del campo magnético y el número de vueltas de la bobina. En este modo de operación, también es posible analizar los sentidos de giro de la aguja en función del sentido de circulación de la corriente eléctrica.
- Adaptado el simulador en amperímetro, y utilizado en esas condiciones, se aprecia además de la desviación angular, el valor de la resistencia conectada en paralelo, los valores de corriente y sus sentidos de circulación.
- Utilizado como voltímetro se puede observar, además de la desviación angular, el valor de la resistencia conectada en serie y el valor, y sentido de circulación, de la corriente.
- Los aspectos estéticos del programa son agradables y tienen un alto valor didáctico.
- Si bien admite sólo tres modos de uso, ofrece la posibilidad de realizar variadas experiencias controlando variables.
- La pantalla se puede transportar a un procesador de texto, lo que facilita la preservación de la información y la revisión de los procesos de experimentación.

En cuanto a las advertencias para el uso del simulador se señala que:

- El problema cuantitativo propuesto por los autores, tal como están presentados los datos, no se puede reproducir en el simulador. Pero es de hacer notar que es posible ajustar convenientemente los valores de N y β , de manera tal que su producto resulte un valor aproximado al usado en el problema planteado.

- Cuando opera como voltímetro, a la derecha de los comandos de selección de la modalidad de operación, en lugar de indicarse «Volt 300 V» se muestra la escala máxima del amperímetro. El error se encerró con una línea roja en la Fig. 5.
- Para que las variables numéricas decimales sean reconocidas por el programa como tales, se deben introducir con punto y no con coma.
- La introducción de este simulador podrá hacerse en el momento que el docente estime más conveniente, teniendo en cuenta que los contenidos conceptuales en él involucrados se suelen presentar, en capítulos separados en los textos de uso habitual de física, (Interacción magnética: torque magnético, Campos electromagnéticos estáticos: instrumentos de medida en circuitos con tensión constante de corriente continua).

6. Conclusiones

Se han mostrado las bondades y advertencias para el uso, en las clases de física del ciclo básico universitario de carreras científico-tecnológicas, de un simulador que posibilita realizar experiencias con instrumentos de mediciones eléctricas analógicos que se utilizan en circuitos por los que circula corriente continua. Si bien este tipo de instrumentos ha sido reemplazado en los laboratorios de física por los digitales, cabe señalar que cuando se necesita realizar mediciones eléctricas instantáneas con exactitud, los instrumentos analógicos son más adecuados que los digitales ya que no presentan el problema de retardo de conversión de la señal analógica en digital. Debido a ello, en general, el uso de estos instrumentos ha quedado reservado para mediciones analíticas en laboratorios de investigación, sin embargo, la comprensión por parte de los estudiantes del funcionamiento de los mismos brinda una buena oportunidad de integración de conceptos físicos.

Comprender el principio de funcionamiento de los instrumentos mostrados en este trabajo involucra la integración de contenidos de electromagnetismo y mecánica. Se sostiene que el uso por parte de los estudiantes del simulador presentado no sólo facilita dicha integración, sino que además posibilita que los mismos «vean por dentro» cómo funcionan estos instrumentos, situación que no es de fácil observación experimental.

Con el uso del simulador propuesto el docente puede plantear diversos diseños didácticos que incluyan problemas abiertos o cerrados y análisis cualitativos o cuantitativos. Utilizando el *applet* analizado el alumno puede modificar parámetros del equipo, predecir el comportamiento de dicha manipulación y observar el resultado de esa interacción a través de representaciones pictóricas que amenizan la situación de aprendizaje y son agradables a la vista. También puede establecer su propio ritmo de aprendizaje y replicar la experiencia las veces que estime necesario.

Se sostiene que las simulaciones probadas y analizadas críticamente constituyen recursos didácticos de gran potencialidad en los procesos educativos. No obstante, hay evidencias de estudios que indican que un recurso puede dar excelentes resultados en un contexto y no tan buenos en otro. De allí la necesidad de continuar esta línea de trabajo en situaciones áulicas concretas de manera de comprobar los resultados de su implementación en procesos de instrucción que se desarrollen en ciertos lugares y tiempos, y que involucren determinados actores del ámbito educativo.

Referencias

- Alonso, M. y Finn, E. (1970) Física. Volumen II: campos y ondas. Fondo Educativo Interamericano S. A. España.
- Bohigas, X.; Jaén, X. y Novell, M. (2003) «Applets en la enseñanza de la física». Enseñanza de las Ciencias. 21 (3), pp: 463-472.
- Candau, D.; Doherty, J.; Yost, J. y Kuni, P. (2001) Intel. Educar para el Futuro. Loyaltech. Buenos Aires.
- CRES (2008) Declaración de la Conferencia Regional de Educación Superior para América Latina y El Caribe. Disponible en los sitios web www.cres2008.org o www.iesalc.unesco.org.ve
- Concari, S., Giorgi, S., Cámara, C. y Giacosa, N. (2006) Didactic strategies using simulations for Physics teaching. Current Developments in Technology-Assisted Education, Vol. III, Publisher: FORMATEX, Badajoz. Printed by INDUGRAFIC S.A. Spain. p: 2042-2046.
- Domingo Segovia, J. (2002) La utilización educativa de la informática. En Cabrero, J. (Edit.); Salinas, J.; Duarte, A. y Domingo Segovia, J. Nuevas Tecnologías aplicadas a la educación. Síntesis Educación. España.
- García Barneto, A. y Gil Martín, M. (2006) «Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas» Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 5 N°2. pp: 304 -322
- Kapoun, J. (1998) Cinco criterios para evaluar las páginas en red, en «Enseñando a los estudiantes universitarios evaluación de la RED: Una guía para instrucciones de biblioteca». C&RL News, Jul/Ago, 1998. pp: 522-523.
- Marchisio, S.; Concari, S.; Giorgi, S.; Giuliano, M.; Giacosa, N.; Von Pamel, O.; Catalán, L.; Meza, S.; Cruz, R.; Luce-ro, I.; Aguirre, M.; Kofman, H.; Vázquez, J.; Serrano, G.; Carrei, R.; Cámara, C.; Ronco, J. y Plano, M. (2007) «Estrategias y recursos didácticos con empleo de NTICs en una actualización de profesores de Física». Memorias de EDUTEC 2007. Buenos Aires. 23 al 26 de octubre. Editado por la Universidad Tecnológica Nacional. Disponible en: <http://www.utn.edu.ar/aprobedutec.07/docs/52pdf> (consulta diciembre 2008).

- Marquès Graells, P. (2005) Entornos Formativos multimedia: elementos, plantillas de evaluación /criterios de calidad. [En línea] <http://dewey.uab.es/pmarques/calidad.htm> (consulta diciembre 2006).
- Medeiros, A. y Medeiros, C. F. (2002) «Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física». Revista Brasileira de Ensino de Física. 24 (2), (2002), pp77-86.
- Papert, S. (1999) Introduction in Logo Philosophy and Implementation. Logo Computer Systems Inc. LCSi.
- Santos Guerra, M. (1995) La evaluación: un proceso de diálogo, comprensión y mejora. Colección Biblioteca de Educación. Ediciones Aljibe. Granada.
- Stake, R. (1998) Investigación con estudio de casos. Ediciones Morata. Madrid.
- Tedesco, J. (2000) «La educación y las nuevas tecnologías de la información» IV Jornada de Educación a distancia, MERCOSUR/SUL. IIPE/Buenos Aires. Disponible en: http://www.miescuelayelmundo.org/article.php?id_article=325 (consulta, mayo de 2007).
- Vrankar, L. (1996) Computer Games and Physics. Proceedings of the GIREP-ICPE-ICTP International Conference: New Ways of Teaching Physics. Ljubjana. Slovenia.
- Zabala Vidiella, A. (1995) La práctica educativa. Cómo enseñar. GRAÓ. España.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos: PICT 1427 - UNL CAID 2005/PI 06-31 y UNL CAID 2005/PI 06-32.

CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS II

Mensa/so ¿yo?

Real Academia Española: «Falto o escaso de entendimiento o razón»; sin embargo, según Wikipedia, **Mensa** como organización es una «asociación internacional de superdotados fundada en Inglaterra en 1946 por Roland Berrill y Lancelot Ware».

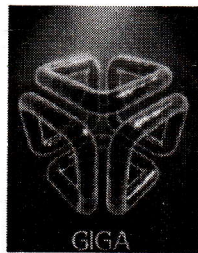


Para ser un/a «menso/a» «es necesario estar en el percentil 98 o mayor en una prueba de cociente intelectual (por ejemplo, una puntuación de 150 de CI en la escala Cattell o 131 en la Wechsler)».

Entre los miembros famosos de **Mensa** (<http://www.mensa.org/index0.php>) hay personalidades muy reconocidas por nuestra asignatura, por ejemplo Stephen Hawking e Isaac Asimov, así como de otras «tíendas», por ejemplo, Sir Clive Marles Sinclair (Creador del popular ZX Spectrum) y Marilyn vos Savant (la persona con el Cociente Intelectual más elevado del mundo, 228). (vea <http://www.mensa.es/juegosmensa/>).

Es interesante destacar que muchos científicos (algunos Físicos) y de campos tan diversos como Literatura, Boxeo, Mentalistas, parecen buscar el unirse a estas sociedades de superdotados y niños prodigio como se los define, e incluso contribuyen a formarlas. Tanto es así que existe desde la más exigente, GIGA (<http://giga.iqsociety.org/>) con sólo 7 miembros, hasta la tan exclusiva que por sus exigencias de ingreso aún no tiene miembros, The Grail Society (<http://www.paulcooijmans.com/iqsocieties/grail.html>).

(Fuentes: http://es.wikipedia.org/wiki/Asociaciones_de_superdotados y las páginas mencionadas en el texto)



WEB II

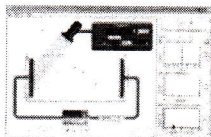
Cuarta Recomendación:

<http://phet.colorado.edu/simulations/index.php?cat=Physics>



Pendulum Lab

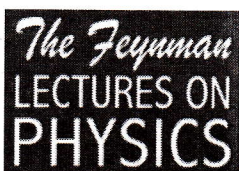
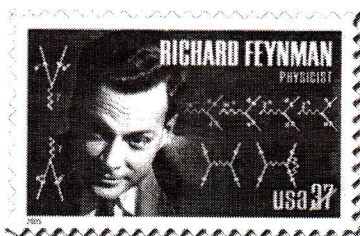
Indudablemente las simulaciones más usadas y de mayor difusión. Pueden «bajarse» y usarse on line y/o independientes (Motion; Sound & Waves; Work, Energy & Power; Heat & Thermo; Quantum Phenomena; Light & Radiation; Electricity, Magnet & Circuits; figuran entre otras muchas).



Photoelectric Effect

Quinta Recomendación:

<http://www.feynman.com/> y <http://www.feynmanlectures.info/>



Como en muchas oportunidades, existen en la red lugares recomendables en inglés, en esta oportunidad se trata de un sitio importante por sus contenidos (y sus links); el primero expresa «*This web site is dedicated to Richard P. Feynman (1918-1988), scientist, teacher, raconteur, and musician. He assisted in the development of the atomic bomb, expanded the understanding of quantum electrodynamics, translated Mayan hieroglyphics, and cut to the heart of the Challenger disaster. But beyond*

all of that, Richard Feynman was a unique and multi-faceted individual»; y el segundo refiere: «*This website is not connected in any official way with the California Institute of Technology (Caltech), which owns the rights to The Feynman Lectures on Physics. However, Caltech has no objection to the website and wishes the community of*

Feynman's readers much enjoyment and success as they pursue their study of Feynman's Lectures on Physics». Lecturas únicas sobre los más diversos temas de Física y links a sitios imperdibles para la aproximación a temas muy actuales.

Sexta Recomendación:



MITOPENCOURSEWARE
MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

¿Le gustaría hacer un curso en el MIT?
¿Gratis? Visite:
«FreeOnline MIT

Course» y tal vez le gustaría leer sobre los más diversos y actuales temas de nuestra materia en sus escritos originales, pues visite:



THE NET ADVANCE OF PHYSICS
Review Articles and Tutorials in an Encyclopaedic Format

<http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Physics/Index.htm> y
<http://web.mit.edu/~redingtn/www/netadv/>

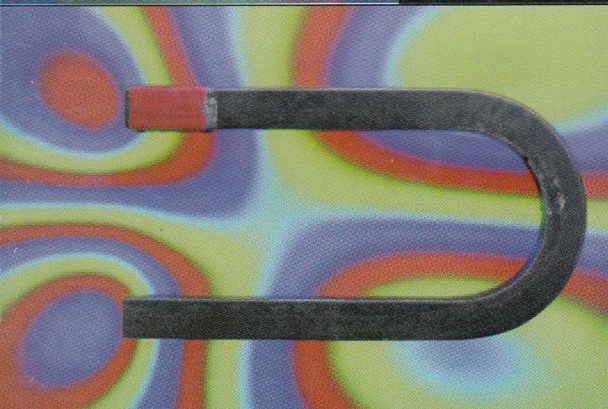
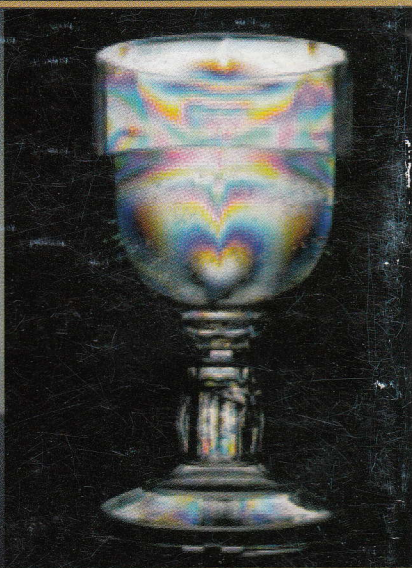
SUMARIO

EDITORIAL	pág. 1
PROCEDIMIENTO DE PRESENTACIÓN DE TRABAJOS	pág. 2
FOTO.FÍSICA Uruguay 2010 Martín Monteiro	pág. 3
FÍSICA DEL HUMOR	pág. 8
DINOSAURIOS EN MOVIMIENTO: La estimación de velocidad a través de sus pisadas Martín Ghizzoni	pág. 9
CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS I	pág. 12
ENSEÑAR A ESCRIBIR EN CLASE DE FÍSICA Gabriela Tomás	pág. 13
GEOMAGNETISMO Martín Monteiro	pág. 27
WEB I	pág. 36
MAGNITUDES RADIOMÉTRICAS Y FOTOMÉTRICAS Fernando Fontán - Carlos Zamalvide	pág. 37
INTEGRANDO MODELOS FÍSICOS A TRAVÉS DEL USO DE UN SIMULADOR DE INSTRUMENTOS DE MEDICIONES ELÉCTRICAS Norah Giacosa - Silvia Giorgi - Sonia Concarì	pág. 45
CURIOSOS CASOS, COSAS CURIOSAS II	pág. 55
WEB II	pág. 56

EDUCACIÓN en FÍSICA

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay
Volumen 7 Número 8

Diciembre, 2009



Gaboto 1435 Oficina 002 - 11200 Montevideo - Uruguay