

# Los experimentos discrepantes como un escenario cautivante con rol social educativo



Luis H. Barbosa<sup>1,2</sup>, Paco Talero<sup>1</sup>, José O. Organista<sup>1</sup>, Leonor Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Depto de Ciencias Naturales, Universidad Central, Carrera 5 No 21-38, Bogotá, D. C., Colombia.

<sup>2</sup>Depto Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Av. Legaria 694, Col. Irrigación, C. P. 11500, México D. F.

E-mail: lhbfsica@gmail.com

(Recibido el 12 de Septiembre de 2010; aceptado el 10 de Enero de 2011)

## Resumen

El propósito general de este artículo es plantear una dimensión de uso de los experimentos discrepantes para generar lúdica y cautivación en distintas poblaciones de estudiantes. Se ilustran algunas reflexiones sobre el escenario que pueden implementar estos montajes, así como su función social en distintos momentos validada por algunas experiencias en Expo ciencia de Bogotá, Semana de Ingeniería de la Universidad Central y unas Jornadas Sabatinas para colegios desde nuestra universidad.

**Palabras clave:** Física educativa, experimentos discrepantes, demostraciones experimentales, física recreativa.

## Abstract

The overall purpose of this article is to present a dimension of the discrepant experiments used to generate fun and dissenting captivation in different populations of students. We illustrate some reflections on the stage that can implement these assemblies, as well as its social function at different times validated by some experiments in Expo ciencia-Bogota, Engineering Week and some Saturdays Days for schools from our university.

**Keywords:** Discrepant events, discrepant experiments, science inquiry, experimental demonstration.

**PACS:** 01.40.-d, 01.40.Fk, 01.50.My, 01.50.Pa, 01.50.Wg, 01.50-i, 01.40.gb, 01.40.Ha

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

Por mucho tiempo la Física ha guiado el avance del hombre. Su incidencia en distintos ámbitos ha influenciado enormemente los imaginarios, las actitudes y las acciones en la construcción permanente de la comunidad y por ende de la humanidad. Grandes proyectos como el gran colisionador de hadrones (LHC) [1], el satélite espacial (COBE) [2], la estación internacional (ISS) [3], el reactor de fusión nuclear (ITER) [4], entre otros, llaman la atención e incluso incitan distintas posiciones entre científicos, filósofos, religiosos y el común de la gente. Ideas como la teleportación, la antimateria, la superconductividad, los condensados de Bose-Einstein, entre muchas más, sirven de ficción en la trama de películas y libros. Cuando en nuestras clases hablamos de estas ideas vemos que los estudiantes caen perplejos y asombrados ante semejante maravilla. Sin embargo, ¿por qué la mecánica de Newton o el electromagnetismo de Maxwell no causan el mismo revuelo y asombro en los estudiantes?, y ¿por qué distintos países del mundo evidencian un cambio conceptual muy bajo en las ideas previas de los estudiantes luego de los cursos de Física? La problemática puede tener distintos matices: por ejemplo,

una enseñanza apegada al ancestro método tradicional y validada por la creencia generalizada de que el aprendizaje de las ciencias debe hacer énfasis en los aspectos rigurosos de la disciplina [5], marginando a la intuición y a los procesos heurísticos, que en conjunto, generan la construcción del conocimiento.

En las dos últimas décadas, la comunidad internacional viene reconociendo y caracterizando la problemática de la comprensión de la Física por los estudiantes. Particularmente, la investigación en enseñanza de Física (PER) se viene configurando como una área que intenta contribuir al entendimiento y enfrentamiento de esta problemática [6]. En nuestra universidad por ejemplo, ya estamos siendo conscientes de la problemática del aprendizaje de la Física por nuestros estudiantes al diagnosticar una falta de apropiación de los conceptos científicos por parte de los estudiantes de Ingenierías de la Universidad Central [7]. Para enfrentar esta brecha nosotros hemos implementado un instrumento de enorme valor pedagógico que nos ha permitido causar motivación en los estudiantes movilizándolos hacia una autogestión eficiente de su potencial. Este recurso ha sido denominado en la literatura como experimentos discrepantes (ExD) para el aprendizaje de la Física [8, 21, 22, 23, 24].

Los ExD son montajes que al accionarlos generan una fenomenología contra-intuitiva que puede ser utilizada favorablemente en la enseñanza-aprendizaje de la física. Esta metodología nos ha permitido inserciones en distintos ámbitos, desde recurso para iniciar y motivar una clase de física hasta participaciones en semana de Ingeniería y Experiencia con prototipos de Física mecánica y Física electromagnética. Aunque las demostraciones experimentales del tipo discrepantes han llamado nuestra atención y nos ha permitido accionar por más de cinco años, en los dos últimos los hemos configurado en un proyecto dentro del Depto. de Ciencias de la Facultad de Ingeniería con el objetivo de contribuir a la búsqueda de metodologías que permitan escenarios cautivantes y más efectivos de aprendizaje de la Física que el ya criticado método tradicional de enseñanza [8, 9, 10, 12].

En lo que sigue del artículo se caracterizan los ExD como un escenario con distintas fortalezas pedagógicas que permite ejercitar capacidades intelectivas del estudiante como observar, interrogar, conjeturar, abstraer, entre otras. En la sección III se ilustra como los ExD generan un escenario propicio con un rol social de distracción y aprendizaje. En la sección IV se detallan tres experiencias de trabajo con los ExD donde se enfatiza su función social y finalmente en la sección V se presentan las conclusiones.

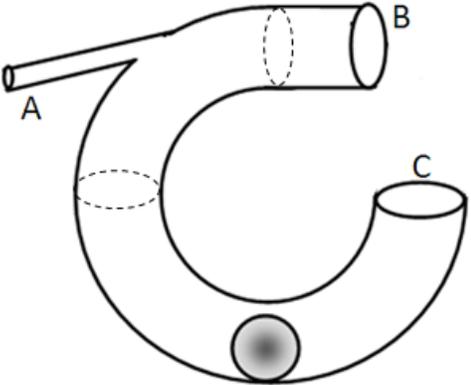
Montaje-Prototipo	Fenómeno esperado por el observador	Fenómeno real presentado
	<p><b>Compuerta mágica.</b></p> <p><b>Acción:</b> abrir la llave</p> <p><b>Predicción:</b> Que el globo pequeño se infle un poco más</p>	<p>El globo pequeño se desinfla aún más [8].</p>
	<p><b>Soplador mágico.</b></p> <p><b>Acción:</b> soplar por el tubo A</p> <p><b>Predicción:</b> Que la esfera salga por el tubo C o no se mueva de la parte inferior.</p>	<p>La esfera sale por el tubo B [10].</p>
	<p><b>Rascarrasca.</b></p> <p><b>Acción:</b> rascar el palo</p> <p><b>Predicción:</b> Que no suceda nada</p>	<p>El disco gira. Incluso se puede controlar el sentido de giro [11].</p>

FIGURA 1. Tres ejemplos de prototipos que evidencian fenómenos discrepantes luego de ser accionados.

## II. ¿QUÉ ES UN EXPERIMENTO DISCREPANTE?

Un ExD es un montaje que al accionarlo vislumbra un fenómeno contrario a la intuición de quien lo observa. Por ejemplo, que un cuerpo en vez de bajar por un plano inclinado, suba. Que un globo pequeño de piñata en vez de inflarse se desinfe cuando se interconecta con un globo de mayor volumen. En la Fig.1 se muestran tres montajes con la acción esperada por el observador y el fenómeno dado realmente.

Este tipo de montajes generan una necesidad imperiosa de explicación por parte del estudiante. La génesis de esta necesidad surge por la disonancia que el evento presenta a la mente del observador, pues aparece un conflicto cognitivo entre lo que espera la intuición del estudiante y lo que físicamente sucede. De otra manera se dice que el evento dado ofende la intuición del estudiante [13]. Por supuesto, el hecho físico no se puede cambiar, por tanto, lo único que queda para reducir la disonancia es cambiar de ideas y básicamente interaccionar mucho con el fenómeno para develar el por qué del fenómeno. De acuerdo a resultados anteriores, la búsqueda de información para reducir la disonancia origina una amplia movilización del estudiante que favorece [8]:

- La cautivación y el asombro
- El aprendizaje por pares
- Ejercitación de la observación sistemática del evento
- El surgimiento de modelos para explicar
- Amplia discusión y contraste entre estudiantes
- Amplia interrogación y conjeturación
- Desarrollo de un pensamiento crítico
- Mejoramiento del discurso científico
- Necesidad de búsqueda de información
- Y en general, actitud científica

**TABLA I.** Medida del carácter discrepante de los tres ExD referenciados.

<i>Prototipo</i>	<i>Equivocación en la predicción</i>	<i>Disonancia cognitiva y asombro</i>	<i>Reto y movilización</i>
Compuerta	85%	alta	85%
Soplador	80%	alta	85%
Rascarrasca	65%	media	95%

En el marco del proyecto de “Experimentos Discrepantes para la enseñanza-aprendizaje de la física en ingeniería”, hemos construido y adquirido varios prototipos que vislumbran fenomenologías de distintos conceptos de la física clásica. Son muchas las perspectivas y tareas que faltan por abordar, pero en general, para profesores de Física del Depto, los ExD nos ha dado muchas ideas, nos ha llevado por nuevos caminos e incluso constituye la temática de investigación del Doctorado en Ciencias en

Física Educativa que dos profesores del Depto desarrollan como capacitación en convenio con el Instituto Politécnico Nacional de México. Toda esta riqueza que nos ha proveído los ExD en nuestro quehacer se ha materializado en varias ponencias internacionales así como publicaciones. Asimismo, hemos podido participar en algunos ambientes de gran confluencia de estudiantes permitiendo que juzguemos este recurso con un valor social educativo. A continuación ilustramos esta última idea.

## III. ANTECEDENTES Y ROL SOCIAL DE LOS ExD

Se sabe que la ciencia forma parte de la cultura del hombre y que su rol y valor social han sido analizados por distintos autores desde el siglo pasado. Bernal en su obra la “función social de la ciencia” evoca la presencia efectiva de los conocimientos científicos en la vida cotidiana [14]. Huerga precisa que diagnosticar la función social de las ciencias depende en gran medida de la concepción de ciencia de la que se parte [15]. La primera valoración acerca del valor social de las ciencias la hace Gustavo Bueno desde cuatro modulaciones que van desplegándose a lo largo de la historia en función de las transformaciones culturales objetivas que la producción humana imprime en su entorno material [16]. A parte de los enormes beneficios prácticos que subyacen de la ciencia, su contemplación nos permite ejercitar nuestras capacidades intelectivas sin límites. Cuando la vivenciamos, aunque sólo sea ocasionalmente, aparece aquel extraño tipo de felicidad y fantasía que Sócrates, Poincare, Feynman [17], entre otros, definieran como el mayor de los placeres humanos. Dice Carl Sagan que además es un placer transferible que debe posibilitar la participación de la comunidad bien informada en la toma de decisiones tecnológicas [18]. Incluso los estándares básicos de competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales del MEN precisan: “parece difícil que el ser humano logre comprender el mundo y desenvolverse en él sin una formación científica básica” [19]. Pero, a pesar de todos estos profundos análisis sobre la valoración y función social de las ciencias la elucidación más importante corresponde al accionamiento por una alfabetización científica continua para la construcción permanente de región y de país. En Colombia la difusión de Ciencia ha estado ligada primero desde la enseñanza en las aulas, por profesores de Biología, Química y Física, segundo desde medios como la televisión, tercero desde Internet y cuarto desde escenarios no formales pero cautivantes como el Museo de la Ciencia y su labor itinerante de Julián Betancourt, junto con el centro interactivo Maloka y el Planetario. Las acciones de estos últimos han permitido alentar una proyección muy importante en la alfabetización científica de Colombia, pero la principal tarea de difusión de la ciencia se inscribe en los dominios educativos con sus correspondientes pedagogías y didácticas.

Escenarios que permitan vivenciar la ciencia siempre concederán un ambiente favorable de aprendizaje significativo, duradero y transferible ya que la interacción indudablemente moviliza e involucra a los actores. Este es el concepto de función social al que nos referimos en este artículo y corresponde al rol que le podemos asignar a cierto tipo de escenarios con el fin de que una determinada comunidad logre un aprendizaje colectivo por su interacción en ese escenario.

Los ExD se inscriben en nuestra comunidad centralista como un instrumento que nos ha permitido originar un escenario fértil para estudiantes y profesores. Para estudiantes ha sido la génesis para activar su perplejidad y asombro, su atención, su observación sistemática, su interrogación, su conjeturación, su creatividad, su capacidad de gestión, entre otras. En ocasiones, incluso su familia ha resultado involucrada a la hora de construir y hacer funcionar el experimento. En general, el estudiante termina involucrando todo su entorno con un propósito determinado. Cuando se hacen las actividades de socialización de proyectos de ExD en clases de Física, los estudiantes no solo muestran la riqueza en aprendizaje de la disciplina sino de integración con sus compañeros y de anécdotas gratificantes. Para profesores del Depto de Ciencias los ExD han constituido situaciones de discusión académica, de desafío de modelos teóricos, de inspiración de proyectos de investigación en enseñanza-aprendizaje de la Física, de temáticas de investigación para el doctorado (Doctorado en Ciencias en Física Educativa), de extensión de la universidad con colegios (Jornadas sabatinas y expociencia), de participación en eventos de la universidad (semana de ingeniería), entre otros. Los ExD han movilizado estudiantes y profesores, pero también directivos y pares externos.



FIGURA 2. Rol social del escenario originado por experimentos discrepantes.

Juzgamos que los ExD generan un escenario de elaboración intelectual con el condimento de la diversión o pasatiempo para los espectadores. La interacción con el

fenómeno promueve la observación sistemática, el interrogante, la conjetura, la búsqueda de modelos para describir, el debate, el pensamiento crítico, y en general, una postura científica dentro de un ambiente agradable, de asombro y de cautivación. Al promover el debate para acercarse en el entendimiento del fenómeno se manifiesta en el estudiante una necesidad por el compañero para mostrar su madurez en esa cuestión. Pero entonces, el compañero pone a prueba a su par académico, incluso a su profesor, porque la autoridad ahora es el fenómeno. Todo ese accionamiento de discurso, contraste, accionamiento con el prototipo y desafío es lo que en pocas palabras se denomina movilización de los observadores. Ahora bien, esta movilización es la que es fértil para promover el aprendizaje, para entrenar capacidades intelectivas y en general para desarrollar el potencial del espectador pues lo que el fenómeno presenta es una disonancia, un problema y lo que la movilización establece es una negociación (ver Fig. 2).

#### IV. UNA EXPERIENCIA DE PARTICIPACIÓN DE LOS ExD EN TRES EVENTOS DE DIFUSIÓN DE FÍSICA

Desde hace cerca de veinte años la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia (ACAC) ha venido organizando cada dos años la actividad de más envergadura que impulsa el avance de la ciencia en Colombia en distintos niveles llamada Expociencia y Expotecnología. En ella, estudiantes de diferentes niveles de colegios de todo el país participan con proyectos guiados desde las ciencias básicas. Algunos incluso, intentando resolver alguna problemática de su entorno o comunidad. Por ejemplo, la versión 2007 estimó cerca de 200.000 asistentes donde se dieron a conocer alrededor de 1100 trabajos de investigación elaborados por niños, niñas y jóvenes provenientes de todo el país, con el apoyo de sus profesores de más de 100 instituciones. En 2009, su versión XI pretendió articular los sectores empresarial, político, académico, científico y tecnológico, permitiendo estimular y desarrollar proyectos de alta importancia para nuestra nación. Para la versión X de esta feria (en 2007), la Universidad Central tuvo un stand en el que durante dos días pudimos presentar avances de prototipos de ExD para interaccionar con el público. Allí presentamos prototipos de Física Mecánica y Física Electromagnética como el rascarrasca, la compuerta mágica, el soplador, el trompo mágico, el anillo levitante de Thompson, un generador de Van de Graff con lata de gaseosa, el deslizador, entre otros. En esos dos días, por nuestro stand, pasaron cerca de 400 estudiantes de colegios acompañados en ocasiones de sus profesores. Para esta etapa de interacción con estudiantes, particularmente, solo se vislumbra una fase de familiarización del fenómeno que se manifiesta a través de varias acciones como la observación, el juego, la perplejidad, el asombro, la risa, el placer, el desafío, la conjeturación y la pregunta. Decimos conjeturación porque

algunos estudiantes hacen una observación rápida y expresan frases de cómo y por qué se da el fenómeno. Luego se atreven a accionar con el prototipo. Otros, son tímidos a jugar con el aparato, pero se esfuerzan por hacer alguna crítica a las ideas de los más osados. Luego de unos pocos minutos, el miedo ha pasado y se hacen conscientes de lo extraño del fenómeno, de que algo anda mal con lo que están esperando y lo que realmente sucede, entonces algunos repiten la experiencia varias veces para corroborar que no es una casualidad. Otros quedan inquietos y se quedan un poco más para explorar y tratar de reducir la disonancia. Por supuesto, una feria de estas es inmensa y el tiempo apremia para seguir ahí. El propósito del visitante es seguir explorando otros sitios. Sus profesores incluso quieren llevarse el material e indagan más información para su posterior quehacer.

Otra experiencia más particular, pero importante para la comunidad de nuestra universidad corresponde a la Semana de Ingeniería que se celebra cada año. Esta es una actividad que propende por una ambiente de exposición de proyectos de investigación de cada uno de los programas y departamentos que apoyan la Facultad de Ingeniería. Para este evento, en la versión 2008, más que presentar un poster con información del proyecto, participamos con distintos prototipos de Física Mecánica, Electromagnética y Óptica. Pudimos incluir algunos aparatos construidos por nosotros como otros que forman parte de las demostraciones experimentales de laboratorio o de clases de Física. De nuevo la experiencia fue gratificante, la participación se estima en más de 600 estudiantes en la jornada diurna y nocturna. Nuestro stand fue el que más visitado, el que más hizo movilizar a los participantes, el más congestionado. De nuevo la regularidad fue el asombro, la risa, la perplejidad. El desafío por hacer rotar el trompo, hacer mover el disco del rascarrasca, por hacer levitar el trompo magnético del levitrón. El reto por explicar mediante algún modelo y mediante éste poder hacer alguna predicción. Al discutir con sus compañeros, ellos se ven forzados a emitir sus razonamientos, los cuales son analizados críticamente por ellos mismos, y si la explicación no es clara y aceptada, entonces es reelaborada socialmente hasta lograr el consenso necesario. Como dice Benegas, “controlado por el profesor este mecanismo puede ser de una enorme riqueza” [20]. De la actividad anterior vemos como perspectiva favorable originar una feria de ciencias donde los estudiantes de ingeniería puedan participar con algunos proyectos de ciencias básicas. Una actividad como esta debe permitirnos un escenario que propenda por la educación del individuo en una sociedad altamente competitiva que le permita mantener los límites de tolerancia y solidaridad que distinguen a una sociedad evolucionada.

Un tercer escenario que juzgamos con valor social educativo con participantes distintos a nuestra comunidad centralista ha sido un encuentro de profesores del Depto. de Ciencias Naturales con estudiantes de bachillerato del colegio CAFAM. El encuentro se realizó durante cerca de tres horas, los sábados durante el primer semestre de 2009. La idea de estas actividades fue buscar algún tipo de

regularidad educativa para la enseñanza de la Física. De acuerdo al objetivo general del proyecto, “Generar un escenario para el aprendizaje significativo de la Física en estudiantes de educación media e ingeniería mediante la incorporación de demostraciones experimentales impactantes o discrepantes”, para dar cumplimiento, en parte, se hizo una jornada sabatina que permitió una interacción con grupos distintos de estudiantes del colegio. Con un ambiente agradable mediado por ExD y con contenido educativo de la Física buscamos promover una actividad cercana a la actividad científica, intentamos dilucidar si en la etapa de familiarización de un ExD, se pueden introducir conceptos de Física como una necesidad para describir el fenómeno, en cuyo caso, sería una primera aproximación hacia el aprendizaje de conceptos de la física. Caracterizar esta etapa era esencial ya que corresponde a la etapa inicial de motivación, de organización de la información para describir el fenómeno y del aprendizaje de conocimiento significativo de la Física para comprender y explicar. Se hicieron 5 jornadas con distintos profesores utilizando el rascarrasca. En cada caso se reunieron un grupo de 20 estudiantes en subgrupos más pequeños y se les entregó un kit con distintas partes del montaje para que construyeran distintos prototipos de rascarrasca. Cada actividad se grabó y adicionalmente se aplicó un cuestionario intentando evaluar la población objeto de experimento así como su capacidad de familiarización del montaje en una primera etapa. En una primera descripción de la actividad, sin tanta profundidad, se observa de nuevo un escenario bastante gratificante de aprendizaje que es lo que denominamos *el poder cautivamente de los ExD para apropiarse de los conceptos de la Física*. Como es un tiempo breve de interacción, se siguió la siguiente metodología:

1. Los subgrupos abren el kit, comienzan a construir y simultáneamente ya se encuentran en una actividad cooperativa de formación permanente con el propósito de tener el prototipo apropiado.
2. Al poco tiempo se convierte en desafío para los integrantes del subgrupo el hacer que el rascarrasca funcione (gire el disco) y otros tantos retos que plantea el profesor.
3. Viene una etapa de descripción del fenómeno donde ellos acuden algún modelo como vibración u onda para dar cuenta del fenómeno. En esta etapa se promueve el debate.
4. En una etapa siguiente los estudiantes se encuentran indagando posibles variables inmersas en el evento. Para ello reflexionan sobre los aspectos relevantes e irrelevantes para que se dé el fenómeno.
5. Se da una etapa de intervención por subgrupos para dar cuenta del fenómeno y finalmente el profesor sintetiza hasta pasar a la evaluación de la actividad.

En general, este tipo de actividades promovidas hacia la formación del pensamiento científico deberían ser el motor natural de enseñanza en colegios y universidades paralelas a la rutina académica establecida con el fin de propender por una alfabetización científica permanente. A fin de cuentas la ganancia no es solamente en la activación de

una manera de pensar, o de un enfoque, o de aprendizaje de conceptos de una disciplina, o de todas las fortalezas académicas enunciadas sino también de valores de respeto y tolerancia por la opinión de los demás. En ocasiones para una misma situación se pueden tener varios modelos que pueden llevar a soluciones compartidas. Ellos aprenden a fundamentar sus opiniones, pero también a respetar otras, ejercitan la negociación académica, su tolerancia y el saber escuchar. Es decir, aspectos básicos de la actitud científica que trascienden a la formación del ciudadano.

## V. CONCLUSIONES

Se ha mostrado que frente a una problemática de falta de interés y por ende de apropiación de los conceptos científicos, particularmente en Física, una posible solución para originar asombro y movilización de los estudiantes hacia la autogestión de su conocimiento es la de inscribir los experimentos discrepantes en los dominios educativos. Esa inscripción deja develar un escenario gratificante de aprendizaje colectivo, abierto, de elaboración intelectual con el condimento de diversión o pasatiempo para los espectadores. Se ha ilustrado que los ExD permiten un escenario para vivenciar la ciencia siempre concediendo un ambiente favorable de aprendizaje significativo, duradero y transferible ya que la interacción indudablemente moviliza e involucra a los actores. Este es el concepto de función social al que nos hemos referido en este artículo y corresponde al rol que le podemos asignar a los ExD cuando se promueven actividades con demostraciones experimentales discrepantes o impactantes para que una determinada comunidad logre un aprendizaje colectivo por su interacción en ese escenario.

Tres eventos de participación con prototipos que en su accionamiento vislumbran fenómenos discrepantes permiten precisar que este recurso puede ser apropiado para capturar la curiosidad de mucha gente al tiempo que permite no solo el desarrollo de su potencial sino también de valores importantes en la actividad científica como el respeto por los demás manifestado por la acción de escuchar, de contrastar, de jugar, de negociación de ideas para describir, entre otras.

Como perspectiva, estamos construyendo otro escrito que nos permita posteriormente reportar, particularmente, el trabajo de jornadas sabatinas mediante el rascarrasca con estudiantes de colegio desde la universidad.

## AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central, el CIFI por el apoyo constante al proyecto “*Los Experimentos Discrepantes en la enseñanza-aprendizaje de la Física en Ingeniería*”.

## REFERENCIAS

- [1] Large Hadron Colision, <http://lhc.web.cern.ch/lhc/>, consultado Julio 10 de 2010.
- [2] <http://es.wikipedia.org/wiki/COBE>, consultada en Julio 10 de 2010.
- [3] Estación Espacial Internacional (EEI), [http://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n\\_Espacial\\_Internacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_Espacial_Internacional), consultada el 10 de Julio de 2010.
- [4] International Thermonuclear Experimental Reactor, <http://es.wikipedia.org/wiki/ITER>, consultada en Julio 10 de 2010.
- [5] Tall, D. & Vinner, S. *Concept Images and Concept Definition in Mathematics with Particular Reference to Limits and Continuity. Educational Studies in Mathematics* **12**, 151-169. (1981).
- [6] McDermott L. C. y Redish E. F., *Resource letter on Physics Education Research*, Am. J. Phys. **67**, 755-767 (1999).
- [7] Barbosa, L. H., y Otros, *El taller de acompañamiento como una estrategia para fortalecer el rendimiento académico*, <http://sites.google.com/site/lhbfsica/articulos>, consultada en Julio 13 de 2009.
- [8] Barbosa, L. H., *Los Experimentos Discrepantes en la enseñanza se la Física*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **2**, 246-252 (2008).
- [9] Barbosa, L. H., Talero. Paco H., *La compuerta mágica: Descripción de un flujo discrepante en dos globos elásticos interconectados*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 135-139 (2009).
- [10] Barbosa, L. H., *Un movimiento discrepante en el estudio de una ley de la física de fluidos: La ecuación de Bernoulli*, Rev. Colombiana de Física **35**, 95-98 (2003).
- [11] Leonard, R. W., *An interesting demonstration of the combination of two linear harmonic vibrations to produce a single elliptical vibration*, Am. J. Phys. **5**, 175-176 (1937).
- [12] Talero P. H., Barbosa, Luis H., *Botellas equilibristas: Extracción discrepante de un billete desde la boca de dos botellas verticales invertidas*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 135-139 (2009).
- [13] Festinger, L., *Theory of cognitive dissonance*, (Stanford University Press, Stanford, CA, 1957).
- [14] Bernal, J. D., *Historia social de la ciencia*, (Editorial península, Barcelona, 1967).
- [15] Hueriga, P., *La función social de las ciencias*. Nómadas-Revista crítica de ciencias sociales y jurídicas **13**, Universidad Complutense de Madrid, 267-291 (2006).
- [16] Bueno, G., *La función actual de la ciencia*, (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 47, 1995).
- [17] Feynman, R. P., *What Is Science?*, The Physics Teacher **7**, 313-320 (1969).
- [18] Sagan, C., *El Cerebro de Broca*. (Editorial Grijalbo, Barcelona, España, 1981), p. 27.
- [19] MEN, *Estándares básicos de competencias en C. Sociales y C. Naturales. La formación en ciencias, el desafío*, (Series guía 7. MEN).

[http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf) consultada en Julio 15 de 2010.

[20] Benegas, J., *Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **1**, 32-38., Sept. (2007).

[21] Wenning, C. J., *Using Discrepant Events to Teach Scientific Process Skills*, *Physics Teacher*. E. Program, Illinois State University (2007).

<http://www.phy.ilstu.edu/pte/311content/preconceptions/discrep.html>, consultada en Julio 30 de 2010.

[22] Barbosa Luis H-, Mora-Ley C., *Los Experimentos Discrepantes como una Herramienta Pedagógica en el Aprendizaje de la Física*. Rev. Colombiana de Física **42**, No 1, 11-15 (2010).

<http://www.revcolfis.org/ojs/index.php/rcf/article/viewDownloadInterstitial/420103/pdf> , consultada en Enero 12 de 2010.

[23] Davis J. A. and Eaton B. G., Resource Letter PhD- 1: Physics demonstrations. <http://dx.doi.org/10.1119/1.11625> consultado el 7 de enero de 2011.

[24] Güémez J., Fiolhais C and Fiolhais M., *Toys in physics lectures and demonstrations—a brief review*. *Physics Education*, **44**, No 1, 53-64, January (2009). <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/44/1/008> consultada en Enero 10 de 2011.