

MINISTERIO DE  
**educación**

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA 

VICEMINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE FORMACIÓN PROFESIONAL  
VICEMINISTERIO DE EDUCACIÓN REGULAR

**PROGRAMA DE FORMACIÓN COMPLEMENTARIA  
PARA MAESTRAS Y MAESTROS EN EJERCICIO**

**PROFOCOM**



*Unidad de Formación No. 12*

# **Física - Química**

## **Modelización Matemática e informática en el aprendizaje de la Física-Química**

(Educación Regular)

Documento de Trabajo



© De la presente edición:

**Colección:**

CUADERNOS DE FORMACIÓN COMPLEMENTARIA

**Unidad de Formación No. 12**

Física - Química

Modelización Matemática e informática en el aprendizaje de la Física-Química

Documento de Trabajo - Segunda Edición

**Coordinación:**

Viceministerio de Educación Superior de Formación Profesional

Viceministerio de Educación Regular

Dirección General de Formación de Maestros

Instituto de Investigaciones Pedagógicas Plurinacional

Unidad de Políticas Intraculturales, Interculturales y Plurilingüe

**Redacción y Dirección:**

Equipo PROFOCOM

**Cómo citar este documento:**

Ministerio de Educación (2016). *Unidad de Formación Nro. 12 "Física - Química Modelización Matemática e informática en el aprendizaje de la Física-Química"*. Cuadernos de Formación Continua. Equipo PROFOCOM. La Paz, Bolivia.

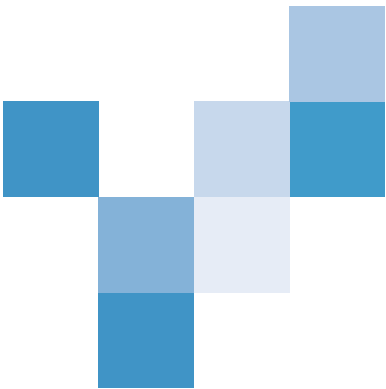
**LA VENTA DE ESTE DOCUMENTO ESTÁ PROHIBIDA**

Denuncie al vendedor a la Dirección General de Formación de Maestros, Telf. 2912840 - 2912841

# Índice

<b>Presentación</b> .....	3
<b>Introducción</b> .....	5
Objetivo holístico .....	8
Criterios de evaluación .....	8
Uso de Lenguas Indígena Originarias .....	9
<b>Momento 1</b>	
Sesión presencial .....	9
<b>Momento 2</b>	
Concreción y Construcción Crítica .....	21
<b>I. Actividades de autoformación</b> .....	21
<b>Tema 1:</b> Física sin matemática e importancia del cálculo diferencial en la comprensión cualicuantitativa de la física-química .....	21
<b>Tema 2:</b> Modelización informática y su importancia en el estudio de fenómenos físico-químico-biológicos .....	49
<b>Tema 3:</b> Desarrollo y uso de equipos y programas informáticos en el aprendizaje de la física- química .....	54
<b>II. Actividades de formación comunitaria</b> .....	75
<b>III. Actividades de concreción educativa</b> .....	75
<b>Momento 3</b>	
Momento de la socialización .....	76
Producto de la Unidad de Formación .....	76
Bibliografía .....	78







## Presentación



El Programa de Formación Complementaria para Maestras y Maestros en Ejercicio (PROFOCOM) es un programa que responde a la necesidad de transformar el Sistema Educativo a partir de la formación y el aporte de las y los maestros en el marco del Modelo Educativo Sociocomunitario Productivo y de la Ley de la Educación N° 070 “Avelino Siñani - Elizardo Pérez” que define como objetivos de la formación de maestras y maestros:

1. Formar profesionales críticos, reflexivos, autocríticos, propositivos, innovadores, investigadores; comprometidos con la democracia, las transformaciones sociales, la inclusión plena de todas las bolivianas y los bolivianos.
2. Desarrollar la formación integral de la maestra y el maestro con alto nivel académico, en el ámbito de la especialidad y el ámbito pedagógico, sobre la base del conocimiento de la realidad, la identidad cultural y el proceso socio-histórico del país. (Art. 33)

Así entendido, el PROFOCOM busca fortalecer la formación integral y holística, el compromiso social y la vocación de servicio de maestras y maestros en ejercicio mediante la implementación de procesos formativos orientados a la aplicación del Currículo del Sistema Educativo Plurinacional, que concrete el Modelo Educativo Sociocomunitario Productivo aportando en la consolidación del Estado Plurinacional.

Este programa es desarrollado en todo el Estado Plurinacional como un proceso sistemático y acreditable de formación continua. La obtención del grado de Licenciatura será equivalente al otorgado por las Escuelas Superiores de Formación de Maestras y Maestros (ESFM), articulado a la apropiación e implementación del Currículo Base del Sistema Educativo Plurinacional.

Son las Escuelas Superiores de Formación de Maestras y Maestros, Unidades Académicas y la Universidad Pedagógica las instancias de la implementación y acreditación del PROFOCOM, en el marco del currículo de formación de maestras y maestros del Sistema Educativo Plurinacional, orientando todos los procesos formativos hacia una:

- “Formación Descolonizadora”, que busca a través del proceso formativo lidiar contra todo tipo de discriminación étnica, racial, social, cultural, religiosa, lingüística, política y económica, para garantizar el acceso y permanencia de las y los bolivianos en el sistema educativo, promoviendo igualdad de oportunidades y equiparación de condiciones a través del conocimiento de la



historia de los pueblos, de los procesos liberadores de cambio y superación de estructuras mentales coloniales, la revalorización y fortalecimiento de las identidades propias y comunitarias, para la construcción de una nueva sociedad.

- “Formación Productiva”, orientada a la comprensión de la producción como recurso pedagógico para poner en práctica los saberes y conocimientos como un medio para desarrollar cualidades y capacidades articuladas a las necesidades educativas institucionales en complementariedad con políticas estatales. La educación productiva territorial articula a las instituciones educativas con las actividades económicas de la comunidad y el Plan Nacional de Desarrollo.
- “Formación Comunitaria”, como proceso de convivencia con pertinencia y pertenencia al contexto histórico, social y cultural en que tiene lugar el proceso educativo. Esta forma de educación mantiene el vínculo con la vida desde las dimensiones material, afectiva y espiritual, generando prácticas educativas participativas e inclusivas que se internalizan en capacidades y habilidades de acción para el beneficio comunitario. Promueve y fortalece la constitución de Comunidades de Producción y Transformación Educativa (CPTe), donde sus miembros asumen la responsabilidad y corresponsabilidad de los procesos y resultados formativos.
- “Formación Intracultural, Intercultural y Plurilingüe”, que promueve la autoafirmación, el reconocimiento, fortalecimiento, cohesión y desarrollo de la plurinacionalidad; asimismo, la producción de saberes y conocimientos sin distinciones jerárquicas; y el reconocimiento y desarrollo de las lenguas originarias que aporta a la intraculturalidad como una forma de descolonización y a la interculturalidad estableciendo relaciones dialógicas, en el marco del diseño curricular base del Sistema Educativo Plurinacional, el Currículo Regionalizado y el Currículo Diversificado.

Este proceso permitirá la autoformación de las y los participantes en Comunidades de Producción y Transformación Educativa (CPTe), priorizando la reflexión, el análisis, la investigación desde la escuela a la comunidad, entre la escuela y la comunidad, con la escuela y la comunidad, hacia el desarrollo armónico de todas las potencialidades y capacidades, valorando y respetando sus diferencias y semejanzas, así como garantizado el ejercicio pleno de los derechos fundamentales de las personas y colectividades, y los derechos de la Madre Tierra en todos los ámbitos de la educación.

Se espera que esta colección de Cuadernos, que ahora presentamos, se constituyan en un apoyo tanto para facilitadores como para participantes, y en ellos puedan encontrar:

- Los objetivos orientadores del desarrollo y la evaluación de cada Unidad de Formación.
- Los contenidos curriculares mínimos.
- Lineamientos metodológicos, concretados en sugerencias de actividades y orientaciones para la incidencia en la realidad educativa en la que se ubica cada participante.

Si bien los Cuadernos serán referencia básica para el desarrollo de las Unidades de Formación, cada equipo de facilitadores debe enriquecer, regionalizar y contextualizar los contenidos y las actividades propuestas de acuerdo a su experiencia y a las necesidades específicas de las maestras y maestros.

**Roberto Aguilar Gómez**  
**MINISTRO DE EDUCACIÓN**





## Introducción



**E**n la presente Unidad de Formación, se trabaja la *articulación* del desarrollo curricular (currículo base y regionalizado) y la realidad a través del acontecimiento<sup>1</sup> y por otra parte se aborda tres temas en cada área de saberes y conocimientos orientados a profundizar o ampliar los conocimientos del área o especialidad.

El ejemplo de *articulación* que se plantea, orienta el sentido de la implementación de los elementos curriculares del Modelo Educativo Sociocomunitario Productivo (MESCP).

Para el desarrollo del primer momento que se desarrolla en las ocho horas presenciales, en los ejemplos y ejercicios planteados en los cuadernos de cada área para la articulación o relación del desarrollo curricular y el “acontecimiento” (o el PSP), se recurre primero a la problematización del acontecimiento desde la visión del campo y el enfoque de cada área; la problematización nos ayuda a relacionar el desarrollo curricular con el PSP y en este caso el acontecimiento. Posteriormente se presentan ejemplos y ejercicios de problematización de los contenidos de los programas de estudio que nos pueden ayudar a que los conocimientos no se aprendan de manera repetitiva o memorística, sino a que las y los estudiantes principalmente comprendan de manera crítica estos conocimientos.

Cerrando estas actividades, se plantean preguntas que generan actividades orientadas a la concreción curricular pertinente al contexto donde se desarrolla el currículo. Esta manera de abordar los saberes y conocimientos (contenidos) se orientan a transformar nuestras prácticas educativas, porque la problematización nos conecta a las diferentes situaciones y aspectos de nuestra realidad (demandas, necesidades, problemáticas, sociales, económicas, culturales, etc.).

Para el segundo momento, de construcción crítica y concreción educativa, en las actividades de autoformación trabajamos tres temas o contenidos orientadas a profundizar y ampliar los conocimientos en la especialidad o el área que se han planteado en la sesión presencial de las

---

1. En la práctica educativa de maestras y maestros debe ser trabajado a través del Proyecto Socioproductivo (PSP). Es necesario aclarar que el “acontecimiento” como elemento articulador tiene sólo fines didácticos en las unidades de formación del PROFOCOM, por lo que debe quedar claro que el desarrollo curricular de los niveles del Subsistema de Educación Regular sigue siendo el elemento articulador (predominante) el PSP.



8 horas, que debe ser reflexionada críticamente a partir de lecturas de textos propuestos para este fin<sup>2</sup>.

Para la actividad de formación comunitaria, se propone el texto “El grito manso” de Paulo Freire, como lectura obligatoria que debe ser trabajado por la CPTe de acuerdo a las actividades propuestas en esta Unidad de Formación.

En las actividades de concreción educativa, se plantea la concreción de los elementos curriculares que deben ser trabajados en la perspectiva de los aspectos reflexionados y trabajados en esta Unidad de Formación.

Para el tercer momento deberá socializarse las experiencias de maestras y maestros en la concreción de los elementos curriculares de acuerdo a las indicaciones en la Unidad de Formación.

Estas cuestiones deben ser aclaradas por las y los facilitadores al inicio de la sesión presencial de 8 horas, para ello trabajaremos organizados por Áreas de Saberes y Conocimientos; en las Sesiones de Construcción Crítica y Concreción Educativa (138 horas) se trabajará en las Comunidades de Producción y Transformación Educativa (CPTes) y en la Sesión Presencial de Socialización (4 horas), la actividad puede organizarse por áreas de saberes y conocimientos o por las CPTes, según las necesidades para un adecuado desarrollo de la sesión.

No obstante, al igual que en la Unidad de Formación No. 11 es necesario realizar algunas precisiones:

- Las actividades y/o tareas que se plantean en las diferentes Unidades de Formación del PROFOCOM en ningún caso deben significar la interrupción o alteración del normal desarrollo de las actividades curriculares de maestras y maestros en la Unidad Educativa; al contrario, los temas que se abordan en cada Unidad de Formación deben adecuarse y fortalecer el desarrollo curricular en la implementación de los elementos curriculares del Modelo Educativo Sociocomunitario Productivo.
- Las facilitadoras y facilitadores del PROFOCOM de las Escuelas Superiores de Formación de Maestros y del Ministerio de Educación están en la obligación de aclarar oportunamente todas las dudas de las y los maestros participantes y no considerar las dudas planteadas por las y los participantes con acciones coercitivas. Deben orientarse adecuadamente la concreción de los elementos curriculares del MESCP, con explicaciones y ejemplos claros, de manera que las y los participantes sientan realmente que el PROFOCOM les ayuda a mejorar y transformar su práctica educativa.
- En los tres momentos del proceso formativo del PROFOCOM (ocho horas presenciales, 138 horas de concreción y 4 horas de socialización), deben realizarse de manera planificada las actividades propuestas en la Unidad de Formación correspondiente.

2. Las lecturas de los textos propuestos deben ser abordadas de manera crítica y problemática; no se trata de leer de manera pasiva, repetitiva o memorística; éstas deben generar el debate y discusión. No tienen la función de dar respuestas a las preguntas realizadas, sino son un insumo o dispositivo para que maestras y maestros abran el debate y profundicen los temas del área abordados.







- Los esquemas o estructuras del plan de clase (plan de desarrollo curricular) planteados en las Unidades de Formación son sugerencias; lo fundamental es que una planificación curricular contenga los elementos curriculares básicos para el desarrollo curricular: objetivo holístico, contenidos y ejes articuladores, orientaciones metodológicas, criterios de evaluación y producto (material o inmaterial).
- Todo trabajo de sistematización (registro organización de los datos, etc.), debe estar inexorablemente relacionado a la actividad del desarrollo curricular. La sistematización comprende la narración y/o descripción de todo lo que acontece diariamente en nuestras aulas o el proceso educativo. No puede realizarse el trabajo de sistematización al margen o aislado de nuestra experiencia y trabajo diario en aula o proceso educativo. Los materiales para la sistematización (datos) “no caen del cielo” se generan de nuestro trabajo en aula o proceso educativo que realizamos diariamente.
- Para orientar la sistematización las y los facilitadores deben dejar claro cómo se organizan los datos o información; cómo redactamos los diferentes apartados de nuestro informe de sistematización.

Los elementos que podemos destacar en la concreción del MESCP son:

- La articulación del **currículo** (contenidos, materiales, metodología, etc.) y la **realidad** (vocación y potencialidad productiva, problemas, necesidades, proyectos, aspiraciones, etc.); una forma de relacionar el currículo y la realidad es a través del Proyecto Socioproductivo.
- Otro elemento a destacar es la metodología Práctica, Teoría Valoración y Producción<sup>3</sup>; este tema de manera específica se ha abordado en la U.F. No. 4 y 5, sin embargo, es un elemento curricular fundamental del Modelo Educativo, por lo que en los procesos educativos (o las clases) deben desarrollarse aplicando estos “momentos metodológicos”, lo cual no es difícil, más bien ayuda a que las y los estudiantes “aprendan” y se desarrollen comprendiendo, produciendo, valorando la utilidad de lo que se aprende.
- También destaca el trabajo y/o desarrollo de las dimensiones Ser, Saber, Hacer y Decidir orientado a la formación integral y holística de las y los estudiantes; no sólo se trata de que la y el estudiante memorice o repita contenidos, sino debe aprender y formarse integralmente en sus valores, sus conocimientos, uso o aplicación de sus aprendizajes, y educarse en una voluntad comunitaria con incidencia social. Otros como el Sentido de los Campos de Saberes y Conocimientos (Cosmos y Pensamiento, Comunidad y Sociedad, Vida Tierra Territorio y Ciencia Tecnología y Producción), los Ejes Articuladores (Educación en Valores Sociocomunitarios, Educación Intra-Intercultural Plurilingüe, Convivencia con la Madre Tierra y Salud Comunitaria y Educación para la Producción), los Enfoques (Descolonizador, Integral y Holístico, Comunitario y Productivo).

Entonces se trata que las y los facilitadores más allá de la presente Unidad de Formación orienten en la concreción de estos elementos curriculares de la manera más adecuada y didáctica, con ejemplos y/o vivencias, aportes que pueden recuperarse de las y los mismos participantes.

3. Es importante recordar que estos “momentos metodológicos” están inexorablemente integrados; no son estancos separados; todo los momentos metodológicos están integrados o concebidos integradamente para desarrollar una visión holística en la educación (cf. U.F. No. 5).



Para el desarrollo de esta Unidad de Formación No. 12 debemos tomar en cuenta que una o un facilitador de la ESFM o el ME respectivamente va a trabajar con cuadernos de los tres niveles educativos: Inicial en Familia Comunitaria, Primaria Comunitaria Vocacional y Secundaria Comunitaria Productiva, por lo que debe organizarse de manera que las y los facilitadores y participantes de los tres niveles desarrollen adecuadamente esta Unidad de Formación.

## Objetivo holístico

Profundizamos en los saberes y conocimientos del área problematizando y reflexionando la realidad mediante el desarrollo de procesos metodológicos de articulación e integración de contenidos a través de la práctica de actitudes de trabajo cooperativo y respeto mutuo, para desarrollar procesos educativos pertinentes vinculados a las demandas, necesidades y problemáticas de la realidad.

## Criterios de evaluación

### SABER

Profundizamos en los saberes y conocimientos del área problematizando y reflexionando la realidad.

- Reconocimiento de las características de integración de saberes y conocimientos y de articulación del currículo con el Proyecto Socioproductivo.
- Comprensión de los contenidos profundizados en cada área de saberes y conocimientos.

### HACER:

Mediante el desarrollo de procesos metodológicos de articulación e integración de contenidos:

- Articulación pertinente del currículo con el Proyecto Socioproductivo.
- Integración de los saberes y conocimientos de las áreas al interior del campo y entre campos de saberes y conocimientos con el Proyecto Socioproductivo.

### SER:

A través de la práctica de actitudes de trabajo cooperativo y respeto mutuo:

- Actitud comprometida en el trabajo al interior de las CPTes.
- Respeto por la opinión de la o el otro.



**DECIDIR:**

Para desarrollar procesos educativos pertinentes vinculados a las demandas, necesidades y problemáticas de la realidad:

- Transformación de la práctica educativa en función de responder a las necesidades de la comunidad.

**Uso de Lenguas Indígena Originarias**

El uso de la lengua originaria debe realizarse en los tres momentos del desarrollo de la Unidad de Formación; de acuerdo al contexto lingüístico se realizarán conversaciones, preguntas, intercambios de opiniones, discusiones y otras acciones lingüísticas aplicando la lengua originaria.

**Momento 1**  
**Sesión presencial (8 horas)**

Para iniciar la sesión presencial, la facilitadora o facilitador anuncia que en las 8 horas de formación se hará énfasis en el trabajo del proceso metodológico de la articulación de las Áreas de Saberes y Conocimientos, lo que involucra la participación activa de todas las áreas en el desarrollo de actividades comunes, por campos y por áreas. Por este motivo organiza grupos de trabajo por áreas de saberes y conocimientos aplicando alguna dinámica de grupo pertinente, y luego los grupos de trabajo inician con las actividades descritas en la presente unidad de formación.



## PROCESO METODOLÓGICO DE LA ARTICULACIÓN DE LAS ÁREAS

### 1. Partir de la problematización de la realidad desde el sentido de los Campos y el enfoque de las Áreas

Uno de los criterios centrales del Modelo Educativo Sociocomunitario Productivo es vincular a la educación con la realidad; es decir, vincular la educación a los procesos histórico políticos de nuestras comunidades, pueblos, barrios, ciudades y el país en su conjunto; de esta manera, se busca partir de nuestros problemas/necesidades/ potencialidades para que el desarrollo de los procesos educativos pueda convertirse en un mecanismo que coadyuve a transformar nuestra realidad.

En este sentido, el elemento central para la articulación de las Áreas de saberes y conocimientos son justamente nuestros problemas/necesidades/potencialidades, ya que esta realidad atraviesa a todas las Áreas sin distinción. Dentro del Currículo Base, que cumple el rol articulador de las Áreas en el desarrollo de los procesos educativos es el Proyecto Socioproductivo, ya que representa aquel problema/necesidad/ potencialidad de nuestro contexto que vamos a priorizar para transformar. Por tanto las y los maestros desarrollarán los procesos de articulación en sus Unidades Educativas a través del mismo.

La problematización nos vincula con la realidad de un modo crítico, pues es una forma de cuestionar a la misma desde un determinado lugar y proyecto de sociedad, en nuestro caso, desde los sentidos de los Campos de Saberes y Conocimientos que expresan la direccionalidad política que plantea la estructura curricular. La problematización plantea preguntas y problemas irresueltos e inéditos que nos involucran en su desarrollo y resolución, es decir, permite abrir espacios para la transformación de la realidad; por tanto, no está dirigida sólo a explicar y/o describir fenómenos u objetos ajenos a nosotros.

Bajo este contexto, la problematización de un “acontecimiento” de la realidad para trabajar la articulación de las Áreas de Saberes y Conocimientos se refiere a plantear preguntas sobre un determinado hecho para cuestionarlo críticamente desde los criterios que plantean los Sentidos de los Campos y/o el Enfoque de las Áreas y de esta forma vislumbrar las formas en las que podemos vincular las problemáticas de la realidad con los procesos educativos.

Es importante aclarar que por fines didácticos el proceso metodológico de la articulación de las Áreas, que desarrollaremos en la sesión presencial, se realizará a partir de la narración de un “acontecimiento” o problema de la realidad; éste será el punto de partida para realizar el proceso metodológico de la articulación de las Áreas.

No hay que confundir, entonces, a la narración del “acontecimiento” o problema de la realidad con la que iniciamos este ejercicio de articulación de las Áreas, como un “nuevo” elemento dentro de la estructura curricular. Como se ha aclarado, simplemente es un recurso que usamos con fines didácticos en el proceso de formación en el PROFOCOM.



## Actividad 1

Leemos el siguiente texto en el grupo como primera actividad y a su conclusión problematizamos la misma como una segunda actividad.

### Comunicación y Gobiernos Populares en América Latina

*Florencia Saintout\* y Andrea Varela\**

En las últimas décadas surgen en América Latina gobiernos que responden a los intereses populares, y que debido a esta condición algunos han ubicado como gobiernos populistas (Laclau, 2005) o como parte de la llamada Nueva Izquierda. Gobiernos que más allá de todas sus diferencias tienen en común una o varias de las siguientes características: a) una crítica al neoliberalismo; b) preocupación por la redefinición del sentido de lo universal; c) planteo de la necesidad de una redistribución más equitativa de los capitales simbólicos y materiales; d) políticas de memoria, verdad, justicia; y e) apuesta a la unidad regional.

Todos estos gobiernos han encontrado en los monopolios de medios de comunicación a sus principales opositores, que han enfrentado cada una de sus medidas y han agredido especialmente las figuras de los presidentes.

Para entender que los conflictos entre medios y gobiernos populares no son conflictos aislados entre presidentes y periodistas, como lo presentan ciertas interesadas construcciones del sentido común, es necesario plantear la pregunta en torno al estatuto de estos medios.

¿Qué son los medios? ¿Son sólo instrumentos, mediadores de la información? ¿Pueden ser pensados como simples medios/canales de comunicación? Por supuesto que no.

En primer lugar, hay que señalar que los llamados medios dominantes son actores económicos, específicamente empresariales, ocupados en lograr la reproducción de sus capitales. Pero sin embargo, o incluso logrado esto, sus objetivos no se restringen a la generación de ganancias, sino que también están interesados en la producción de ideología.

En segundo lugar, los medios configuran un sistema de poder dominante, continental y global. Las investigaciones desde las ciencias sociales, particularmente desde la economía política de medios, han dado cuenta de este entramado concentrado a lo largo de más de tres décadas (Becerra; Mastrini, 2009; Moraes, 2011).

Estos “pulpos” mediáticos han actuado y actúan haciendo alianzas entre sí y con otros grupos económico/ideológicos, nacionales y foráneos. A esta altura sería no sólo ingenuo sino equivocado soslayar sus plataformas comunes sostenidas en ejes programáticos compartidos. En este sentido, las reuniones periódicas y públicas de la Sociedad Interamericana de Prensa, la SIP, que nuclea a los dueños de los medios impresos del continente (y que en la casi absoluta mayoría de los casos son dueños también de otro tipo de medios) tienen siempre como corolario alguna conclusión adversa a la intervención de los Estados con gobiernos populares.



Debe recordarse siempre que la SIP, que se autoproclama la voz autorizada en problemáticas de libertad de expresión, es un cartel de propietarios de medios que nació en el marco de la Guerra fría asociada a la CIA para protagonizar la defensa de los poderes imperiales.

Han sido largamente documentadas sus acciones en toda la región de desestabilización y golpismo en las dictaduras, en las cuales muchos periodistas fueron perseguidos y asesinados. Por último, en algunos casos estas empresas mediáticas tienen una historia de complicidad e incluso responsabilidad directa con crímenes de Lesa Humanidad cometidos durante las últimas dictaduras en el Cono Sur. Tal es el caso del grupo Clarín o La Nueva Provincia en Argentina, que han sido acusados legalmente por delitos concretos.

Respuestas. Ante los continuos ataques que desde las plataformas mediáticas se llevan adelante contra los gobiernos populares, éstos responden por varios caminos. Algunos de ellos son:

- a) La creación de nuevos marcos regulatorios, desde perspectivas que asumen la comunicación como un derecho humano y no como simple mercancía cuyo valor lo asigna el mercado.
- b) La denuncia de los poderes e intereses que ocultan estos medios cuando construyen la información. Por lo tanto, la deslegitimación de los monopolios comunicacionales.
- c) La apuesta a políticas comunicacionales estatales que permiten la construcción, circulación y acceso a la comunicación desde posiciones que durante décadas habían sido negadas por la hegemonía neoliberal (Telesur es un importante ejemplo de una política interestatal para construir una agenda contrainformativa a la dominante, así como también el significativo fomento a las producciones audiovisuales nacionales en Argentina, entre muchas otras medidas).
- d) Por último, la incorporación de formas hasta el momento novedosas de comunicación entre los presidentes y sus pueblos (el “Aló presidente”, de Hugo Chávez, así como la decisión de Cristina Fernández de Kirchner de comunicarse sin la intermediación de las conferencias de prensa, poniéndolas en cuestión).

Cada uno de estos caminos se transita desde una concepción de la comunicación donde el reconocimiento de las diferencias va ligado a la necesidad de la igualdad que significa redistribución.

Y es necesario decir que estos gobiernos populares asumen una muy larga historia de luchas que durante décadas se había dado de maneras fragmentadas a través de actores dispersos, y que ellos logran articular. De allí parte importante de su potencia en las sociedades contemporáneas.

Desafíos. En la actualidad podemos pensar que la relación entre gobiernos populares y monopolios mediáticos es una relación de altísimo conflicto, nada lineal, pero donde a contramano de lo que venía sucediendo se ha desnaturalizado el estatuto por años único de la comunicación como mercancía.

Pero los desafíos para lograr una comunicación profundamente democrática en la región son varios. La creación de marcos legales y políticos continentales es uno de ellos. En este sentido, no debería dejarse de lado la apuesta a una regulación de las nuevas condiciones de las tecnologías





y sus convergencias. Si asumimos que la técnica es siempre social e histórica antes que técnica, el sentido que ella adquiera para la vida puede ser asumido como aquel que viene dado por el mercado capitalista transnacional o aquel que decidamos los pueblos. Del mismo modo, pensar la llamada inclusión digital puede ser bajo la vía de una inclusión acrítica a una comunicación dada o la posibilidad de invención incluso de lo que se entiende por redistribución tecnológica.

También un desafío crucial para la transformación de los mapas comunicacionales es la creación no sólo de nuevos medios sino también de nuevos públicos. El aporte de las teorías de la recepción ha sido la constatación de que los públicos no nacen sino que se hacen. Y si durante las décadas pasadas las ciencias sociales habían trabajado intensamente en la creación de públicos que pudieran “leer” en lectores críticos de unos medios que se asumía inmodificables (Saintout. Ferrante, 1999), hoy aparece el horizonte de la creación de unos públicos que puedan “hablar” y no sólo consumir.

En este camino, por supuesto que la creación de nuevos contenidos es condición innegociable para lograr una comunicación plural e igualitaria a la vez. Contenidos que impugnen a los que aún predominan y que son contenidos clasistas, machistas y autocráticos.

Pero además de la necesidad de una información no discriminatoria que deben garantizar los Estados, los procesos democráticos contemporáneos han abierto la puerta a pensar otras estéticas y otras lenguas: en fin, han abierto a pensar la comunicación como un asunto de lo(s) otro(s), donde la lengua del otro negado tenga lugar.

Estados populares que se constituyen como tales habilitando la(s) cultura(s) popular(es). Contra la violencia simbólica de su clausura, una restitución de lo popular que no sea una recuperación folklórica, ni elitista, ni travestida de masividad comercial, ni producto de una izquierda ilustrada que siempre le tiene que hablar de afuera, sino una lengua popular hecha de todas sus luchas y espesor histórico.

Los gobiernos populares no serán sólo garantes de la desmonopolización sino de que la lengua popular dispute contra aquella que la niega, que la ha negado.

*w.w.w. clacso.org*  
*biblioteca.clacso.edu.ar*

## Actividad 2

Problematización del “acontecimiento” o problema de la realidad desde el Sentido del Campo de Saberes y Conocimientos Vida Tierra y Territorio.

Luego de la lectura previa, dialogamos y reflexionamos en equipo sobre cómo desde nuestro Campo de Saberes y Conocimientos podemos abordar la problemática o problemáticas planteadas en la narración.

Para realizar esta actividad podemos guiarnos por las siguientes preguntas problematizadoras:



Preguntas problematizadoras	Conclusiones
1. ¿Cómo los medios de comunicación nos pueden ayudar y ser útiles educativamente con relación al Campo Vida Tierra Territorio?	
2. ¿Cuáles son los desafíos de una comunicación ética e imparcial, liberadora para restablecer una relación respetuosa, armónica y propositiva entre los pueblos de América Latina y los empresarios que monopolizan los medios de comunicación y producción?	
3. ¿Por qué en el conflicto entre medios de comunicación y los gobiernos populares de América Latina sólo se enfocan cuestiones ideológicas y políticas, y no se visibiliza la problemática ambiental, seguridad alimentaria, gestión de riesgos y el desarrollo de ciencia y tecnología como problemas comunes?	
4. ¿De qué manera se pueden estructurar políticas gubernamentales para lograr una comunicación profundamente democrática en los países latinoamericanos y en nuestro Estado Plurinacional?	
5. ¿Cómo influyen los medios de comunicación en el accionar educativo, social, económico, político y cultural de las NPIOs?	
6. ¿Cómo se aborda hoy la comunicación gubernamental, si educa y toma en cuenta a la ciudadanía, y cuál sería su rol fundamental para desarrollar conciencia crítica en las personas para participar en el manejo sustentable de los recursos y su transformación productiva?	

Los criterios y reflexiones realizados y planteados como ideas o conceptos en esta actividad deberán ser socializados con las otras comunidades de trabajo con el objetivo de encontrar elementos que articulen las áreas.

### Actividad 3

Problematización del “acontecimiento” o problema de la realidad tomando en cuenta las características y enfoque de cada Área.

Dando continuidad a la reflexión realizada en la anterior actividad y reunidos por Áreas de Saberes y Conocimientos dialogamos y reflexionamos sobre cómo desde nuestra Área de Saberes y Conocimientos podemos abordar las problemáticas de la realidad que hemos encontrado en la narración del “acontecimiento”.





Para realizar esta actividad podemos guiarnos por las siguientes preguntas problematizadoras:

Problematización	Conclusiones
¿Por qué los medios de comunicación locales no difunden contenidos relacionados al área en su programación diaria?	
¿Cómo los saberes y conocimientos del área de física-química nos posibilitarían el acceso a información científica tecnológica?	
¿Qué saberes y conocimientos debemos desarrollar en educación secundaria para que las y los estudiantes puedan producir tecnología y democratizar el acceso a los medios de información y comunicación?	
¿Cuál es el principal problema de las personas para el acceso y tratamiento de la información y comunicación?	

Los criterios y reflexiones realizados y planteados como ideas o conceptos en esta actividad deberán ser socializados con las otras comunidades de trabajo con el objetivo de articular las áreas.

#### Actividad 4

##### 1ra. Plenaria

Para satisfacer la necesidad de tener conocimiento sobre la manera en que cada Campo de Saberes y Conocimientos interpreta la problemática planteada en la narración del “acontecimiento” y para tener una visión global de cómo se está asumiendo la misma desde las Áreas de Saberes y Conocimientos, desarrollamos una plenaria donde se exponga los resultados de la reflexión desde:

- Las conclusiones y/o aportes de cada Campo.
- Las conclusiones y/o aportes de cada Área de saberes y conocimientos que estén presentes.

Para realizar esta actividad se deberá delegar portavoces por Campos y Áreas, quienes deberán ser sintéticos en la exposición que realicen.

La plenaria podrá plantear ajustes y la profundización de la reflexión en los Campos y Áreas que lo requieran.

#### Articulación de contenidos de los Programas de Estudio en función del acontecimiento y/o problemática de la realidad

La reflexión y problematización generada en los anteriores puntos debe permitirnos delinear criterios comunes para todas las Áreas y darle sentido y orientación crítica a nuestra planifi-



cación curricular y práctica educativa<sup>4</sup>. Esta problematización debe ayudarnos a una selección y articulación de contenidos (desde cada Campo y Área) acorde a la problemática y/o realidad de nuestro contexto educativo.

La definición del sentido de nuestra planificación curricular nos permitirá articular de manera más pertinente la selección de nuestros contenidos (para no caer en respuestas mecánicas a la hora de definirlos).

### Actividad 5

Tomando en cuenta la reflexión generada a partir de las actividades anteriores, se organizan los contenidos por años de escolaridad de los programas de estudio del área de saberes y conocimientos Ciencias Naturales, Física-Química, en función y relación a la situación de la realidad planteada en la lectura inicial.

A continuación se presenta un ejemplo de articulación de contenidos de cada área del Campo en función del acontecimiento, para el 6° año de escolaridad, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Contenidos afines al acontecimiento.
- Que sean tomados de los programas de estudio del currículo base y/o regionalizados.
- Interrelación de los contenidos desde las áreas.

### ÁREA CIENCIAS NATURALES

#### Año de escolaridad: tercero de secundaria - segunda fase - tercer bimestre

Ciencias Naturales	Biología - Geografía	Física- Química
Contenidos Curriculares y Ejes Articuladores del Currículo Base	<p>SOBERANÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA, CON SUSTENTABILIDAD Y SALUD SOCIOCOMUNITARIA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación territorial como potencial agroalimentario.</li> <li>• Seguridad y soberanía alimentaria en las ecorregiones.</li> <li>• Normas higiénicas para la manipulación de alimentos y la prevención epidemiológica en las comunidades.</li> </ul>	<p>LAS ONDAS EN EL COSMOS Y LA MADRE TIERRA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teoría de ondas y su incidencia en el modo de vida sociocomunitario.</li> <li>• Óptica geométrica: reflexión, refracción, difracción, optometría y sus aplicaciones.</li> <li>• La acústica: sus leyes y aplicaciones.</li> <li>• Las tecnologías de comunicación para el beneficio de las naciones y pueblos del Estado Plurinacional.</li> </ul>

<sup>4</sup> Que sería el momento de reflexión política, ya que en éste se plantea la manera cómo encaramos las problemáticas de la realidad desde los sentidos que orientan a los Campos de Saberes y Conocimientos y el enfoque de las Áreas. Aquí no se trata solamente de un uso meramente temático de un problema para transversalizarlo en las Áreas, sino se trata de plantear la transformación de los problemas de la realidad desde una orientación política de construcción de la realidad.



	<p>Seguridad, protección y prevención en el consumo de alimentos, a la vulnerabilidad e inseguridad de la cotidianidad en situaciones de riesgo.</p> <p><b>IMPACTO DE LA CIENCIA, TECNOLOGÍA Y PRODUCCIÓN SOBRE LA MADRE TIERRA Y EL COSMOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Características de la visión antropocéntrica en desmedro de la naturaleza.</li> <li>• Naturaleza de la ciencia y la tecnología en los avances científicos tecnológicos y su impacto sobre la vida de los seres que interactúan en la Madre Tierra y el Cosmos.</li> <li>• Características, propósitos y métodos de protección y cuidado de la naturaleza, en la práctica de saberes y conocimientos propios de los pueblos en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la producción.</li> <li>• Diseño y ejecución de proyectos sustentables de investigación en la acción participativa socioproductiva de la región.</li> </ul>	<p><b>LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y SU APLICACIÓN EN LA NATURALEZA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El espectro electromagnético en la naturaleza.</li> <li>• Aplicaciones del espectro electromagnético en la medicina, en las comunicaciones y en la industria.</li> </ul>
Currículo Regionalizado		

### Actividad 6

Realizamos un ejercicio similar con los criterios de la actividad anterior, tomando en cuenta los Programas de Estudio del Currículo Base y Regionalizado, registrando en el siguiente cuadro la articulación de contenidos del área para otro año de escolaridad en función del acontecimiento presentado.

AÑO DE ESCOLARIDAD: ..... DE SECUNDARIA ..... FASE ..... BIMESTRE				
Ciencias Naturales	Biología	Geografía	Física	Química
Contenidos Curriculares y Ejes Articuladores del Currículo Base				
Currículo Regionalizado				



Luego del análisis y reflexión de la articulación de contenidos, presentamos a continuación una tabla similar que tiene como objetivo profundizar y/o actualizar la formación de maestras y maestros con relación a contenidos de actualidad y que además están vinculados con la problemática enunciada en la lectura del acontecimiento. Estos contenidos serán desarrollados por las maestras y maestros en el Momento 2 de autoformación.

Biología - Geografía	Física - Química
Salud comunitaria integral	Física sin matemática e importancia del cálculo diferencial en la comprensión cualicuantitativa de la física-química.
Seguridad y soberanía alimentaria	Modelización informática en el estudio de fenómenos físico-químico-biológicos.
Ecología: recursos naturales, adaptaciones morfo- fisiológicas al medio.	Desarrollo y uso de equipos y programas informáticos en el aprendizaje de la física-química.

### Actividad 7

Reflexionamos sobre la siguiente lectura de trabajo.

#### 5El Gobierno y los padres de familia de El Alto firmaron un convenio.

Acuerdan suprimir el pago por la enseñanza de computación El acuerdo rubricado anoche indica que serán los mismos maestros de todas las asignaturas los que desarrollarán las clases con apoyo de las computadoras.

Miércoles, 26 de febrero de 2014  
V. Zapana y J. C. Véliz / La Paz



Fotos Fredd Ramos / Página Siete. Padres bloquearon por segundo día las calles de El Alto.

El Ministerio de Educación y los padres de familia de El Alto llegaron anoche a un acuerdo sobre la asignación de maestros de computación. El convenio establece que los progenitores no deben pagar más para que sus hijos aprendan computación, sino serán los mismos maestros de las unidades educativas que usarán los talleres para el desarrollo de contenidos con el apoyo de las computadoras.

Los padres de familia que bloquearon ayer las calles de la urbe alteña por segundo día consecutivo anunciaron que hoy evaluarán el acuerdo para definir si continúan con las protestas.

5 Fuente: <http://www.paginasiete.bo/sociedad/2014/2/26/acuerdan-suprimir-pago-ensenanza-computacion-14946.html>





El acuerdo al que tuvo acceso Página Siete establece que “en cuanto al pago de ítems de facilitadores de computación, no es posible atender esa situación porque el Ministerio de Educación incorpora el uso de la tecnología (computadora) en el currículo y los planes de estudio como instrumento de apoyo y aplicación para realizar procesos de enseñanza y aprendizaje de contenidos en todas las áreas de saberes y conocimientos”.

“Por tanto, a partir de la fecha los padres de familia no deben pagar por la enseñanza del manejo de la computación; en ese sentido las salas de computación existentes en las unidades educativas deben ser utilizadas por las y los maestros para el desarrollo de contenidos de acuerdo a los planes de estudio todos los años de escolaridad” indica el punto 1 del convenio firmado después de una reunión de más de 10 horas entre dirigentes de los padres y el ministerio.

Más temprano, el presidente de la Federación de Padres de Familia de El Alto (FEDEPAF), Ismael Vargas, dijo que “no queremos que el maestro de aula enseñe computación, porque no sabemos si están preparados o no. Y ya estamos cansados de pagar de nuestros bolsillos a los maestros de esta área”.

Los progenitores, cuyos hijos estudian en unidades educativas estatales, deben pagar anualmente entre 30 y 50 bolivianos para contratar a un profesor de computación; por eso demandaron al Gobierno que pueda crear ítems para contratar a facilitadores de esta área.

Ante la movilización, el titular de Educación, Roberto Aguilar, reiteró que no se dará esos ítems porque “es un error” ver a computación como asignatura.

Explicó que computación es una herramienta que ayuda y apoya a las actividades formativas y educativas, “por ello no se puede pensar en la enseñanza del instrumento, sino en la aplicación de él”, explicó Aguilar.

Por ello, resaltó que desde 2010 hasta la fecha se capacitó a 100 mil de los 138 mil profesores del país en el manejo de esa herramienta para su materia.

La capacitación la realizaron en tres tipos de cursos: el PROFOCOM, los itinerarios formativos y los cursos cortos, que son parte de la Red de Maestros. “Se enseñó el uso de las TICs, el manejo de redes sociales, producción audiovisual, geogebra...” y otras aplicaciones, resaltó.

Luego de la lectura del texto anterior, reflexionamos y dialogamos en grupo con relación a las siguientes cuestiones:

- Las y los estudiantes de Bolivia (urbano-rural) tienen derecho a una educación de calidad. ¿Las maestras y maestros garantizan una formación sustentable de las y los estudiantes en conocimientos informáticos?
- La política educativa boliviana es gratuita, garantizada por la Constitución y la ley de educación 070. ¿El Estado y el gobierno boliviano cumplen de modo efectivo y concreto esta política? ¿En qué grado afecta su incumplimiento?
- La política educativa en Bolivia necesita profesionales bien formados en matemática, física, química, biología y tecnología con alto grado de manejo de la informática. ¿Por qué entonces



no se prioriza la formación científica en informática de las y los estudiantes en las unidades educativas fiscales?

- ¿Quiénes deben asumir la formación en informática especializada en las diferentes áreas?

### Actividad 8

Como resultado de la reflexión crítica grupal sobre las actividades anteriores, elaboramos una propuesta de desarrollo curricular en la que se desarrollen saberes y conocimientos sobre el uso pertinente de los recursos informáticos en el estudio de los contenidos de los planes y programas aplicando los cuatro momentos metodológicos Práctica-Teoría-Valoración-Producción.

Contenido	Orientaciones metodológicas	Evaluación
	Práctica	Ser
	Teoría	Saber
	Valoración	Hacer
	Producción	Decidir



## Momento 2

### Concreción y Construcción Crítica

#### I. Actividades de autoformación

Profundización de los contenidos seleccionados de los Programas de Estudio por Área.

#### Tema 1: Física sin matemática e importancia del cálculo diferencial en la comprensión cualicuantitativa de la física-química

##### Actividad 1

En grupos, damos lectura al siguiente texto y a la conclusión reflexionamos en torno a preguntas problematizadoras.

##### Física sin matemáticas

*Clarence E. Bennett. 1995. Compañía Editorial Continental S.A., México*

##### Prefacio

Es indiscutible que el actual estudiante de humanidades está interesado en el mundo físico que lo rodea y que comprende la importancia del conocimiento científico. Los muchos cursos de orientación y cursos panorámicos que se llevan en muchos colegios y universidades son testigos de ello. Sin embargo, es dudoso que el problema de introducir en el campo de la física a un estudiante serio, pero no profesional de la ciencia, se haya resuelto de modo adecuado. El autor del presente texto ha llegado a percibir que la respuesta no está en eliminar gran parte de los temas técnicos, sino en separar, tanto como sea posible la física de la aritmética, ya que la parte numérica de la física es la que hace temblar al estudiante no científico con el comentario de que él nunca ha podido “ver” las matemáticas. Por otra parte, existe una cantidad sorprendente de temas en un curso elemental de física que no es necesario tratar numéricamente. La experiencia ha demostrado al autor que un curso semestral “no aritmético”, que insista en los conceptos, el vocabulario y la definición de términos técnicos, no sólo es positivo, sino conveniente para aquellos estudiantes que probablemente no continúen estudiando física; el autor ha encontrado que de esta manera puede desarrollarse una verdadera apreciación de los diversos temas de la física, la que no debe ser confundida con un falso sentido de comprensión.

Desde luego, la aritmética no puede eliminarse por completo, pero puede ser reducida a casi nada; esto sacrifica, hasta cierto punto, lo conciso y el rigor que deben caracterizar apropiadamente un curso de física general, pero sin llegar a un grado exagerado. Aunque el lenguaje de la física es, en cierta medida, el de las matemáticas, debido a que el físico aprecia su forma abreviada y simbólica de expresión, de esto no se infiere que el estudiante que no sabe matemáticas no pueda apreciar una gran parte de los fundamentos de la ciencia, que juegan una parte tan importante en el mundo en que vive. Además, el físico debe sentir como obligación ayudar a sus colegas



no científicos a obtener una clara representación del mundo físico y estar dispuesto a proceder, cuando sea necesario, sin la sutileza del lenguaje matemático (este sentimiento ha motivado la preparación de este libro).

En este texto, el orden en que se han desarrollado los diversos temas, es un desarrollo lógico diseñado para hacer hincapié en la unidad de la física. Las relaciones entre cada concepto y los que le preceden están cuidadosamente indicados y de este modo todos los temas están relacionados a partir de consideraciones fundamentales. El vocabulario técnico no se evita, sino que, se insiste en él para estimular su uso correcto, solamente la aritmética ha sido reducida...

(...)

## Capítulo 1. Introducción

Para muchos, la física es un tema muy difícil y profundo que emplea en gran proporción las matemáticas, por lo cual su estudio sólo debe ser emprendido por quienes tengan habilidad especial para ellas y debe ser evitado por todos los demás. Aunque ciertamente, la física es, quizás, la rama de la ciencia más organizada en la actualidad y requiere un profundo análisis matemático para su completa comprensión, es también verdad que se encuentra íntimamente relacionada con casi toda actividad de la vida cotidiana, por lo que algún conocimiento de sus leyes y conceptos debe formar parte de cualquier persona que pretenda ser culta. Además, contrariamente a la creencia popular, una comprensión verdadera de la naturaleza del mundo físico puede obtenerse sin el empleo de un lenguaje muy matemático. Naturalmente, el físico profesional es renuente o quizás incapaz de prescindir de la útil herramienta y de la concisa expresión analítica que es proporcionada en forma exclusiva por la matemática; pero el lector que pretenda poseer un grado razonable de curiosidad científica no debe creer que las maravillas de esta ciencia fundamental le están negadas, si, teniendo habilidad de razonar lógicamente, está dispuesto a emprender el cultivo de un vocabulario técnico. Por supuesto ésta no es una empresa trivial y debe necesitar concentración.

**Alcance de la física.** El ámbito de este estudio comprende en general, los siguientes temas: Fuerza, trabajo, movimiento, energía, fluidos, ondas, sonido, calor, electricidad, magnetismo, radio, átomos, electrones, lentes, prismas, instrumentos ópticos, color y luz polarizada. Sin embargo, estos tópicos son considerados no como una serie de cosas sin relación, sino más bien como una parte de un solo tema la física es decir, el estudio del mundo físico donde vivimos. Todos estos temas están caracterizados por términos técnicos y uno de los propósitos de este estudio es desarrollar una apreciación de estos términos, aprendiendo sus definiciones correctas, así como adquirir familiaridad con ciertas relaciones fundamentales que la experiencia ha demostrado que existen entre ellos. Sólo así puede obtenerse un panorama de la física teniendo en cuenta el alto grado de organización al que la ciencia ha llegado.

**Definición de términos.** La mayoría de los términos usados en física son vocablos definidos, lo que quiere decir que toman su preciso significado técnico debido a un común acuerdo. En consecuencia, es necesario reconocer desde ahora que la definición de nuevos términos es una condición indispensable para el éxito de nuestro programa. Quizás no es exagerado decir que una introducción a la física es principalmente el estudio de un concepto tras otro, cada uno de los cuales es







cuidadosamente definido en términos de conceptos más fundamentales que él mismo. En este sentido la introducción a la física es esencialmente un estudio de vocabulario. De este modo se desarrolla una estructura de conceptos relacionadas, basados en algunos de ellos que se consideran fundamentales e incapaces de definirse en términos de otros conceptos. No es fácil darse cuenta de todo el significado de lo que acaba de decirse, pero cuando el estudiante encuentre que todos los conceptos mecánicos derivan de sólo tres conceptos fundamentales - longitud, masa y tiempo empieza a apreciar la unidad de la física. Antes de considerar detalladamente estos tres conceptos fundamentales serán considerados varios aspectos generales.

**Razonamiento inductivo contra razonamiento deductivo.** Las referencias anteriores al desarrollo lógico, desde consideraciones fundamentales a conceptos más complejos, puede llevar posiblemente a la impresión de que los razonamientos físicos son un ejemplo de razonamiento deductivo. Por otra parte, la expresión “Método Científico” implica “razonamiento inductivo”. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el razonamiento inductivo caracteriza la fase de investigación de una ciencia. Después que una porción de información se ha descubierto y organizado apropiadamente, es a menudo más efectivo comunicarlo a las generaciones futuras de estudiantes por un proceso deductivo. Este tipo de razonamiento fue llevado a gran altura por los filósofos griegos, pero el solo razonamiento deductivo fue incapaz de adelantar el estudio de la física más allá de ciertos límites, ya que falsas premisas llevan a conclusiones equivocadas, pese a un razonamiento correcto. Por ejemplo, Aristóteles, el famoso filósofo griego, razonaba que los cuerpos pesados caen más rápidamente que los ligeros y esta conclusión fue aceptada como verdadera durante muchos siglos sólo por la autoridad que había detrás de ella. Hasta la época de Galileo (1564- 1642) se probó experimentalmente aquella conclusión y se encontró que era falsa. Galileo es llamado a menudo el padre de la física experimental, porque fue el primero en propugnar que las conclusiones deben basarse en hechos experimentales, más bien que exclusivamente en el razonamiento deductivo.

**El método científico.** Este método, como fue iniciado por Galileo, es inductivo, y, por lo general, comprende las etapas siguientes. En primer lugar, se hacen observaciones; luego se postula una hipótesis en cuyos términos sean compatibles los fenómenos observados - una hipótesis con éxito se convierte en la base de una teoría, la que no sólo “explica”, sino que sugiere observaciones posteriores en la forma de experimentación - y, finalmente, una teoría satisfactoria lleva al establecimiento de una ley - científica. De este modo la ciencia avanza por medio de la observación y el razonamiento inductivo, pero sería incorrecto inferir que en esto consiste el método científico. En realidad, los hombres de ciencia no siguen paso a paso el procedimiento descrito, sino que a menudo acuden a procedimientos indirectos y tortuosos y, aun siguiendo sus corazonadas; pero retrospectivamente consideradas, por lo general aparece que las etapas del método científico han sido más o menos seguidas. Con estos procedimientos se “descubrieron” las leyes del movimiento de los cuerpos pesados. Téngase en cuenta, particularmente, el papel que tuvo la observación en el método científico. El sólo razonamiento, sin importar lo correcto que se haga, no es suficiente para establecer una ley o un principio científico. Los fenómenos observables son indiferentes al método que los explica, por lo que la física es esencialmente una ciencia experimental; sin embargo, el estudiante no necesita seguir el mismo camino que siguieron los primeros exploradores científicos. En este texto el estudiante no necesitará “descubrir” por sí mismo, pero tenemos la esperanza que desarrollará una real apreciación de lo que ha sido “descubierto” por otros.



**Naturaleza de las explicaciones.** En este punto tal vez sea oportuno decir algunas palabras en relación con la naturaleza de las explicaciones. Una explicación de cualquier cosa es siempre relativa y consiste en lograr que parezca razonable a alguien, en función de sus experiencias anteriores. Se reconocen diferentes grados de apreciación; así lo que constituye una explicación para un estudiante avanzado, será sólo verosímil o bastante inaceptable o hasta incomprensible, para un principiante. Como ya se ha dicho, para un estudiante avanzado, la matemática es esencial para la explicación de los fenómenos físicos, pero para el no iniciado, las explicaciones en términos matemáticos se vuelven a menudo poco satisfactorias. Para el principiante el vocabulario es más interesante que las relaciones matemáticas, aun cuando algunos de los conceptos físicos son matemáticos por su propia naturaleza; sin embargo, existe un amplio material en física elemental que es cualitativo y descriptivo y que permite al principiante obtener una idea cabal de su naturaleza. Aunque las explicaciones y las definiciones en este texto parezcan prolijas; si se comparan con las normas del físico profesional, son, no obstante, adecuadas para nuestro propósito.

**Observaciones cuantitativas - Medidas.** Puesto que el método científico no requiere solamente habilidad en el razonamiento, sino también observaciones cuidadosas, se infiere que las medidas juegan un importante papel en física; pues una observación es tanto cualitativa como cuantitativa. Así, la pregunta “cuánto” debe siempre responderse antes, si la observación es una base para conclusiones teóricas. Esto no significa que el lector deba entrar en detalles aritméticos, pero sí significa que el físico experimental debe prestar un gran cuidado a sus herramientas (que consisten en todos los instrumentos de medición) así como el físico teórico lo da a las leyes y procesos de lógica y de análisis matemático. A menudo se hace una distinción entre los físicos experimentales y los físicos teóricos o matemáticos, pero es importante hacer notar que el físico teórico se encuentra limitado por el material que le proporcionan los experimentadores.

**Medidas directas e indirectas.** Se hacen medidas de todas clases, pero en física es notable que no todas las medidas se hagan en forma directa. Así, la determinación del tamaño de un átomo o de la velocidad de la luz son medidas indirectas, lo que es nuevamente un resultado del alto grado de organización de la física. Las leyes físicas y sus relaciones necesitan que ciertas cosas deban ser así, para que ciertas otras sean verdaderas. Por ejemplo, dos sencillas medidas de longitud dan el área de un rectángulo; análogamente, una medida de longitud y una de tiempo son suficientes para determinar la velocidad con una aproximación comparable a la de dichas medidas. Además, una determinación de longitud, una de masa y otra de tiempo habilitan al físico para medir la energía cinética de un cuerpo o su ímpetu o cualquiera de las muchas cantidades que posteriormente serán definidas. En resumen, se necesitan no más de tres clases de medidas directas para determinar cualquier característica mecánica de un cuerpo físico, lo que solamente es otro modo de decir nuestra aseveración anterior, de que todos los conceptos de la mecánica son derivados que pueden expresarse en función de tres fundamentales: Longitud, masa y tiempo. Así, es fácil ver que las medidas directas en física, al menos en el campo de la mecánica, están restringidas a medir aquellas cosas fundamentales que comúnmente se refieren, en la longitud, a una lectura en una escala; en el tiempo, a la lectura de un reloj; y en la masa, a la lectura de un índice.

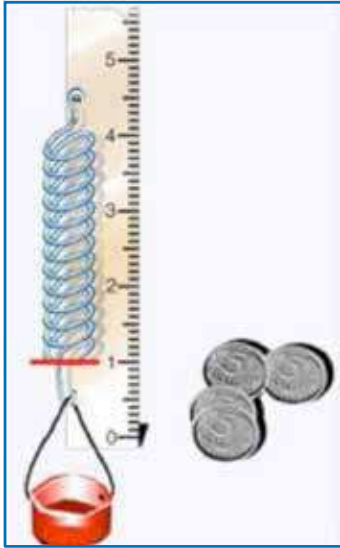
**Naturaleza de la medida.** Si nos detenemos a pensar llegaremos a la conclusión de que una medida como, por ejemplo, de longitud, no es otra cosa que una comparación con una longitud patrón, la que a su vez no es sino una unidad determinada por común acuerdo. Así, un



pizarrón se dice que tiene 2 metros de largo sólo porque su longitud coincide exactamente con la de una cinta métrica colocada a lo largo del pizarrón. En forma análoga, el largo de una mesa o de una alfombra puede determinarse con respecto a una regla, una cinta métrica, etc., que esté marcada con cualquier conveniente unidad de longitud. En consecuencia, la longitud es algo que puede ser medido en términos de unidades de longitud, pero que de otro modo no tiene significado, excepto como un concepto básico para el desarrollo de otros; o dicho de otro modo, un concepto básico, como la longitud, no puede ser definido en función de cualquier otro más sencillo, sino sólo puede medirse comparándolo con una unidad. Análogamente la masa y el tiempo son cantidades que se especifican comparándolas con sus respectivas unidades determinadas por un acuerdo. Por tanto, es evidente que la primera tarea al estudiar física es conocer cómo se especifican las magnitudes en función de las unidades de longitud, masa y tiempo para poder medirlas, ya que todas ellas dependen de estas unidades. Incidentalmente, hay que hacer notar que sólo por costumbre la longitud, la masa y el tiempo se consideran magnitudes básicas para desarrollar la mecánica; en principio, cualesquier otras tres magnitudes podrían emplearse, Pero aquéllas son quizá las que se prestan a un desarrollo más natural y más sencillo. Sin mayor demora procederemos a la especificación de las unidades generalmente aceptadas de longitud masa y tiempo, teniendo en cuenta que los conceptos mecánicos son expresables en términos de unidades, cada una de ellas relacionada de alguna manera con las unidades de las tres fundamentales. La situación se complica un poco ya que no hay un acuerdo universal, por lo que existen dos sistemas de unidades, el llamado sistema métrico y el conocido como sistema inglés, empleado en los Estados Unidos. El patrón métrico de longitud es el metro internacional, originalmente definido como la distancia entre dos barras grabada en una barra de platino e iridio preservada cerca de París, Francia; pero en 1960 se volvió a definir en función de onda de la luz de un cierto isótopo del gas noble criptón, cuando es excitado por una descarga eléctrica (los términos longitud de onda e isótopo se definirán después) de tal manera que el metro patrón contiene 1.650.763,7 longitudes de tales ondas. Originalmente se intentó que el metro representara  $1/40.000.000$  de la circunferencia de la Tierra, aunque continuas medidas de esta cantidad descubrieron errores en la determinación original, pero esto de ninguna manera afecta el acuerdo de que el metro es el patrón aceptado. Una centésima parte del metro es el centímetro que durante mucho tiempo fue empleado como norma de longitud en trabajos científicos. El patrón estadounidense de longitud es la yarda, que se define legalmente como la  $3.600/3.937$  parte del metro internacional; una yarda tiene 3 pies y un pie 12 pulgadas; una pulgada es igual a 2,54 centímetros Es importante hacer notar que la Comisión Internacional de Unidades trabaja constantemente para mantener y mejorar el estado legal de las unidades para propósitos comerciales.

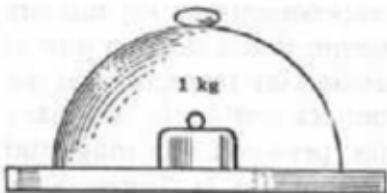
**Unidades de masa.** Para comprender cómo se define la unidad de masa, debemos asegurarnos de tener claro el concepto de masa, ya que no es familiar como el de longitud. La masa se define como medida de la inercia; la inercia, por definición, es una propiedad de la materia, por virtud de la cual un cuerpo tiende a resistir cualquier cambio en su movimiento (el reposo se considera un caso especial de movimiento igual a cero). Posteriormente se aprenderá que una fuerza es necesaria para cambiar el movimiento de un cuerpo, por lo que la inercia es una propiedad relacionando la fuerza y el movimiento; sin embargo, para el propósito de esta discusión, se puede imaginar a una fuerza simplemente como un empuje o una tracción tendiendo a cambiar el movimiento de un cuerpo.





**Figura 1.1.** El peso de un cuerpo puede determinarse por medio de un dinamómetro o balanza de resorte.

El peso no es lo mismo que la masa. Una de las fuerzas más comunes que reciben los cuerpos es la de la gravedad, esto es, la fuerza de atracción de la Tierra. Todos los cuerpos que estén en su superficie o cerca de ella están siempre bajo su influencia. Técnicamente, el peso de un cuerpo es la atracción de la gravedad sobre él (véase la fi a 1.1). Así, por ejemplo, se dice que un hombre pesa 70 kilopondios (o kilogramos peso) porque la Tierra lo atrae con una fuerza de 70 kilopondios. Aun en una astronave la Tierra atrae al astronauta; debe notarse que la condición de ingravidez que experimenta es un nombre un poco inapropiado; más correctamente debía decirse que el astronauta está aparentemente ingrávigo con respecto a la astronave. La Tierra atrae tanto al astronauta como a la astronave para mantenerlos en su órbita circular, pero con una magnitud que disminuye cuando aumenta la distancia a la Tierra. Si el astronauta se dirige hacia la Luna alcanzará una distancia a la Tierra donde la atracción de ésta se equilibra exactamente con la de la Luna; más allá de esta distancia y en la superficie de la Luna, la atracción de ésta oculta completamente la de la Tierra. Así, el peso en la Luna es una cosa y el peso en la Tierra es otra, siendo esta última seis veces mayor que en la primera.



**Figura 1.2.** El kilogramo, patrón que está guardado bajo un capelo de vidrio cerca de París.

Debe hacerse notar que la unidad común y familiar de fuerza es el kilopondio o kilogramo peso. En el sistema métrico la unidad de fuerza es el newton, aproximadamente a la décima parte del peso del kilogramo patrón. El kilogramo es la unidad de masa, un concepto muy diferente del peso; la confusión proviene de emplear el mismo nombre para dos conceptos diferentes, pero esta dificultad puede evitarse teniendo cuidado en el empleo del lenguaje técnico; en páginas posteriores se discutirá más ampliamente este tema. Evidentemente, un cuerpo sin masa deberá carecer de peso (en realidad este cuerpo no existe) aunque la masa y el peso son conceptos diferentes. La masa es con-

siderada por los físicos como el concepto más fundamental y se define arbitrariamente como la masa de un cierto cuerpo de platino iridiado, preservado cerca de París. La milésima parte de esta masa se llama gramo. El kilogramo peso o kilopondio se define como la atracción de la gravedad, al nivel del mar y a 45° de latitud sobre el kilogramo masa. En realidad, la atracción de la gravedad sobre un cuerpo (su peso) varía ligeramente de un punto a otro de la superficie terrestre, siendo mayor en los polos que en el ecuador, porque los polos están más cerca del centro de la Tierra; pero al nivel del mar y a 45° de latitud los patrones de masa y de fuerza se definen simultáneamente en términos de una pieza de platino iridiado.

En los Estados Unidos la libra se define legalmente como una cierta fracción del kilogramo patrón (véase más adelante). El sistema métrico es un sistema decimal aceptado universalmente en trabajos científicos por ser más conveniente. Por otra parte, los ingenieros emplean los llamados



sistemas gravitacionales que por lo general son más familiares a la gente. En estos sistemas, kilogramo significa kilogramo peso o kilopondio; y libra, libra peso. Estas diferencias ilustran una distinción importante entre la ciencia y la ingeniería; mientras que la ciencia trata de modo principal con verdades sistemáticamente organizadas en un conjunto de conocimientos, con la lógica llevada hasta sus últimas consecuencias con respecto a las unidades, la ingeniería trata más bien con las aplicaciones de la ciencia a fines prácticos y comerciales, por lo que se hacen compromisos a menudo con las costumbres y usos aceptados por la gente en la región considerada. Por supuesto y en último análisis, hay mucha sobreposición entre la ciencia y la ingeniería, sin que haya una estrecha distinción entre ellas, especialmente porque la ingeniería se vuelve cada vez más científica.

**Unidad de tiempo.** Terminaremos esta discusión de las unidades fundamentales con la unidad de tiempo. A menudo el tiempo se define como la medida de una duración, pero la duración puede solamente definirse como una medida de tiempo; el tiempo es un concepto básico que no puede ser definido, sino sólo medido en unidades. Es casi universal la práctica de medir el tiempo por medio de relojes que han sido calibrados para dar lecturas en función de tiempo necesario para que la Tierra dé una vuelta alrededor de su eje al seguir su órbita alrededor del Sol. El día solar medio es la unidad aceptada, de la cual el segundo solar medio es la  $1/86400$  parte. La duración del día solar medio se encuentra promediando su duración durante un año. Esta unidad se emplea universalmente y así no toma parte en la confusión creada por otras unidades (véase la figura 1.3). En 1.967 se adoptó un nuevo patrón de tiempo basado en la frecuencia natural de vibración de un cierto isótopo del cesio; así, el segundo es el tiempo necesario para que se realicen 9.192.637.770 de dichas vibraciones.



**Figura 1.3.** Los intervalos de tiempo se miden con los relojes.

**Sistemas de unidades.** Brevemente, a continuación se han compendiado las unidades básicas en tres sistemas: El sistema llamado MKS, donde las unidades fundamentales son el metro, el kilogramo y el segundo; éste sistema es un compromiso entre los hombres de ciencia y los ingenieros y su mérito descansa, principalmente, en las unidades eléctricas, acerca de las cuales trataremos después. El sistema CGS, es el que tiene por unidades el centímetro, el gramo y el segundo; éste era el sistema empleado científicamente. El sistema MKS gravitacional o técnico es el que tiene las unidades metros, kilogramos fuerza o kilopondios y segundos (véase el capítulo 3 para otras consideraciones relativas a la fuerza y a la masa). En términos de estos sistemas de unidades, los físicos anotan las medidas directas, con las cuales sus conclusiones son alcanzadas y probadas.

**Instrumentos de medida.** En último análisis, las medidas directas se reducen a leer una escala de longitud, a medir el tiempo en un reloj y a la lectura de un índice para la determinación de la masa (véanse las figuras 1.4 y 1.5).



**Figura 1.4.** Las longitudes se miden generalmente con reglas, cintas métricas, etc.

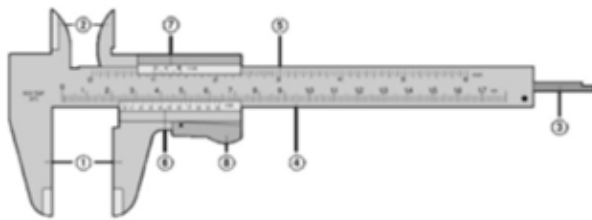






**Figura 1.5.** La masa se mide por medio de la balanza de brazos iguales.

La lectura del índice para la masa se obtiene con una balanza, donde la tendencia de un cuerpo, colocado en un platillo, a ser empujado hacia abajo por la gravedad, es equilibrada por medio de una cantidad equivalente de masas conocidas colocadas en otro platillo, que está conectado con el primero por medio de una barra descansando sobre el filo de una cuchilla colocada en el centro de dicha barra. En el curso de su trabajo, los físicos han inventado ingeniosos aparatos para facilitar estas medidas, incluyendo el vernier y el calibrador micrométrico (véanse las figuras 1.6 y 1.7) el microscopio de medida, formas especiales de balanzas e intrincados relojes. Fundamentalmente, sin embargo, lecturas de longitud, masa y tiempo constituyen todas las observaciones cuantitativas directas.



**Figura 1.6.** El calibrador de Vernier se emplea para hacer medidas aproximadas de longitudes relativamente pequeñas.



**Figura 1.7.** El calibrador micrométrico se emplea para hacer medidas aproximadas de longitudes muy cortas.

**Valor relativo de las consideraciones cuantitativas.** Para que el principiante no tenga la impresión de que en esta discusión de las unidades fundamentales parece enfatizarse el aspecto numérico de la física, a pesar de la promesa de que en este libro se reducirán al mínimo las consideraciones cuantitativas, debe recordarse que gran parte de la belleza que tiene la física para el físico, se encuentra en el grado muy alto de organización que suministran sus estrictas definiciones. Al estudiar estos temas, aunque los aspectos cuantitativos o numéricos no se lleven hasta el último límite, vale la pena hacer notar la importancia que tiene para el físico de que lo primero sea lo primero. Sólo así obtiene la orientación apropiada para apreciar los aspectos más complicados y tal vez más fascinantes de la historia que será desarrollada en los siguientes capítulos de este libro.

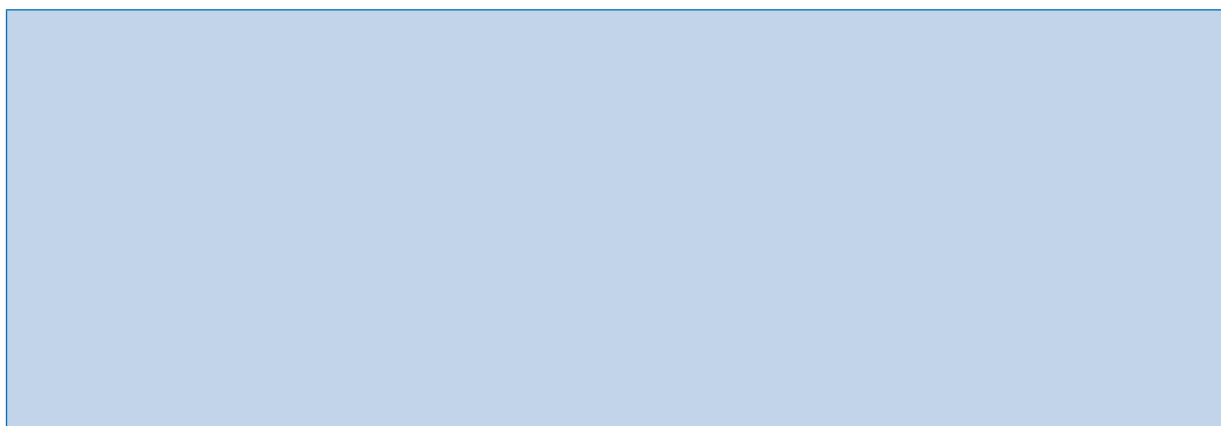
**Resumen.** La física puede ser considerada como un grupo de conceptos lógicamente organizados para ser comprendidos en función de términos unívocamente definidos. Las conclusiones inferidas con respecto a estos conceptos se encuentran por medio de un razonamiento inductivo basado en las observaciones. Estas conclusiones deben estar sometidas a posterior observación y experimentación para ser probadas. Aunque el razonamiento inductivo es supremo en las fases de investigación de una ciencia lo que es tan cierto ahora como antes el método deductivo es ventajosamente empleado para transmitir los resultados de una generación a la siguiente. En este capítulo la importancia de las mediciones se ha acentuado, porque las observaciones deben ser tanto cuantitativas como cualitativas. Los físicos emplean instrumentos de medición - así como



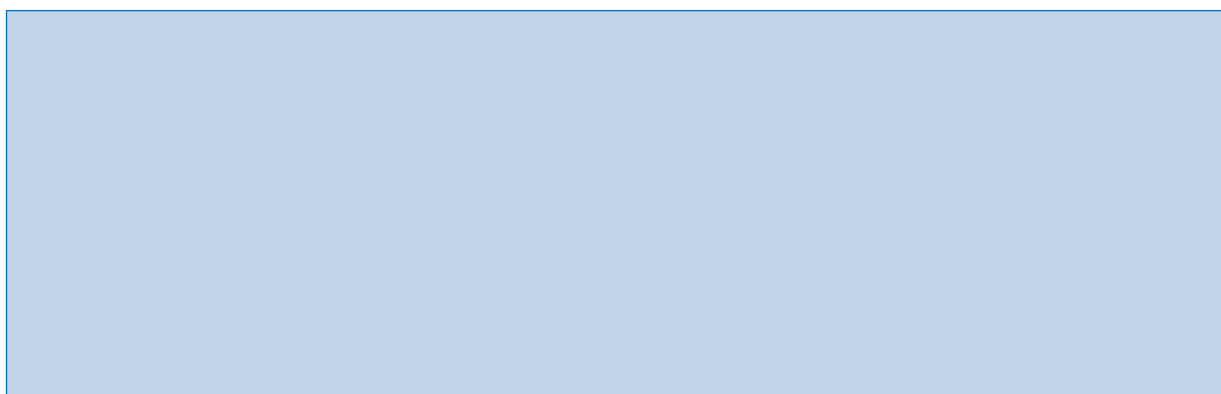
el instrumento de su mente al hacer sus observaciones, expresando sus resultados en términos de unidades convenientes, de las cuales tres son más fundamentales que el resto. Los capítulos futuros tratarán acerca de algunos de los resultados de las medidas y aunque, naturalmente, las medidas tienen números, éstos serán reducidos al mínimo para que no interfieran con la descripción de los conceptos físicos. Sin embargo, antes de entrar en una discusión detallada de ellos, trataremos en el siguiente capítulo el lugar de la física en nuestra civilización, por medio de un breve tratamiento de su historia. Este resumen histórico constituirá una vista panorámica antes de entrar en consideraciones detalladas de sus varias partes; será una relación cronológica más bien que un desarrollo lógico.

### Preguntas problematizadoras:

- ¿Cómo se puede enseñar física y química sin matemática?



- ¿Cuál debería ser la forma de abordar el estudio de las ciencias física-química en los primeros años de secundaria minimizando el uso de la matemática?



### Actividad 2

A partir del siguiente texto debemos plantear una reflexión y postura con relación a la aplicación del cálculo diferencial en el aprendizaje de la física-química en el nivel de educación secundaria comunitaria productiva.



## Ecuaciones diferenciales y modelos matemáticos

### Introducción

Gran parte de los sistemas que nos rodean están sometidos al cambio, por tanto, es un hecho cotidiano para todos nosotros. Las Matemáticas son muy útiles para investigar, entre otros, fenómenos como el movimiento de los planetas, la desintegración de sustancias radiactivas, la velocidad de las reacciones químicas y los patrones meteorológicos. Por otro lado, los biólogos investigan en campos tales como la contaminación o la dinámica de poblaciones. Incluso en áreas, aparentemente alejadas de la Matemática, como las Ciencias Políticas o la Medicina, es frecuente que recurran a los modelos matemáticos, en los cuales la clave está en el cambio.

Muchos de estos modelos se expresan a través de una ecuación diferencial. Si  $y = f(t)$  es una función que relaciona las variables  $t$  e  $y$ , entonces su derivada:

$$y' = \frac{dy}{dt}$$

Nos indica la tasa de cambio o velocidad de cambio de la variable  $y$  con respecto de la variable  $t$ .

Cuando estudiamos un problema del mundo real necesitamos usualmente desarrollar un marco matemático. Sabemos que el proceso por el que se crea y evoluciona este marco es la construcción de un modelo matemático, siendo algunos de ellos muy precisos, especialmente los de la Física. Sin embargo, otros lo son menos, concretamente los que tratan de problemas de Biología o Ciencias Sociales. No obstante, en los últimos años los enunciados de estas materias se han vuelto lo suficientemente precisos como para poder expresarlos matemáticamente.

Un ejemplo de creación de un modelo continuo lo tenemos en la predicción del tiempo. En teoría, si pudiésemos programar en un ordenador todas las hipótesis correctas, así como los enunciados matemáticos apropiados sobre las formas en que las condiciones climáticas operan, tendríamos un buen modelo para predecir el tiempo mundial. En el modelo del clima global, un sistema de ecuaciones calcula los cambios que dependen del tiempo, siendo las variables el viento, la temperatura y la humedad, tanto en la atmósfera como en la tierra. El modelo<sup>6</sup> puede predecir también las alteraciones de la temperatura en la superficie de los océanos.

Por todo lo comentado anteriormente, hemos puesto de manifiesto que en los modelos matemáticos del mundo real tienen gran importancia el estudio de las ecuaciones diferenciales. En cualquier lugar donde se lleve a cabo un proceso que cambie continuamente en relación al tiempo (rapidez de variación de una variable con respecto a otra), suele ser apropiado el uso de las ecuaciones diferenciales.

**Ejemplificación:** Escribir una ecuación diferencial que describa la situación dada.

<sup>6</sup> En el Centro Nacional de Investigación Atmosférica de EEUU tienen un superordenador con el nombre de CRAY que puede ejecutar un modelo parecido.







- La cantidad de bacterias en un cultivo crece, en cada momento, a un ritmo que es proporcional al número de bacterias presentes.
- Cuando los factores ambientales imponen un límite superior sobre su tamaño, la población crece a un ritmo que es conjuntamente proporcional a su tamaño actual y a la diferencia entre su límite superior y su tamaño actual.
- El ritmo con el que se propaga una epidemia en una comunidad es conjuntamente proporcional a la cantidad de residentes que han sido infectados y al número de residentes propensos a la enfermedad que no han sido infectados.

### ¿Qué es una ecuación diferencial?

Aunque no sabemos que es una ecuación diferencial, sin embargo estamos familiarizados con el problema de resolver ecuaciones y sistemas de ecuaciones algebraicas. Además, sabemos lo que se entiende por solución de la ecuación, aunque en ecuaciones polinómicas de grado elevado o en ecuaciones donde aparecen funciones trascendentes no podamos encontrar su valor exacto.

De manera general,  $F(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$ , siendo  $F$  una función vectorial de  $\mathbb{R}^n$  en  $\mathbb{R}^m$ , representa a un sistema de  $m$  ecuaciones en las variables  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

Si utilizamos el lenguaje del cálculo diferencial podemos escribir ecuaciones donde aparezcan una función  $y = y(t)$ , definida sobre un cierto intervalo  $I \subset \mathbb{R}$ , la variable  $t$ , y las derivadas de diferentes órdenes de  $y$ .

Por ejemplo:

$$\begin{array}{ll} y' = 6t + 5 & y' = 6y \\ y' + 3y + t = 0 & (y'')^2 + 2ty + \sin t = 0. \end{array}$$

Los siguientes ejemplos tratan de mostrar cómo las ecuaciones diferenciales aparecen al modelar situaciones muy simples:

**Ejemplo 1.** Un zoológico planea llevar un león marino a otra ciudad. El animal irá cubierto durante el viaje con una manta mojada. En cualquier tiempo  $t$ , la manta perderá humedad debido a la evaporación, a una razón proporcional a la cantidad  $y(t)$  de agua presente en la manta. Inicialmente, la sábana contendrá 40 litros de agua de mar. Estamos interesados en encontrar una ecuación diferencial que describa este problema.

Al ser  $y(t)$  la cantidad de agua en la manta en el tiempo  $t$ , del enunciado deducimos que la razón de cambio de  $y(t)$  (su derivada  $y'(t)$ ), es proporcional a  $y(t)$ . Entonces  $y'(t) = ky(t)$ , donde la constante de proporcionalidad  $k$  es negativa, ya que la cantidad de agua disminuye con el tiempo. Por tanto, nuestro modelo sería

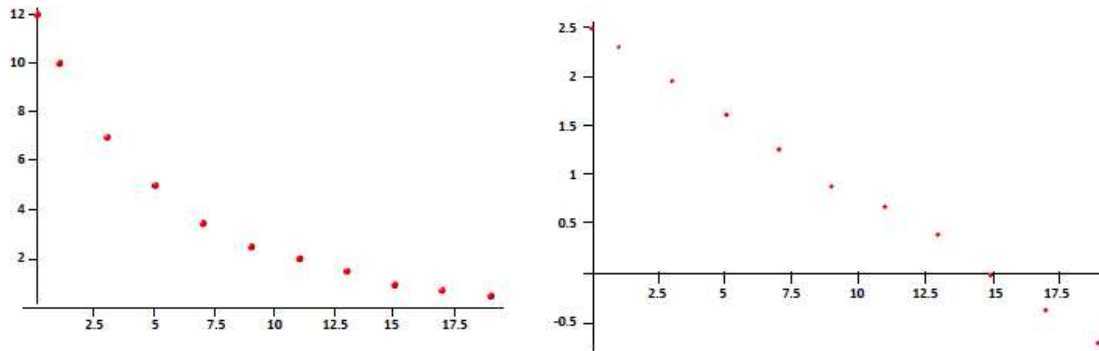
$$y'(t) = ky(t), \quad k \leq 0, \quad y(0) = 40.$$



**Ejemplo 2.** La tabla siguiente muestra la concentración de teofilina, una droga común para combatir el asma, en el torrente sanguíneo, como una función del tiempo después de la aplicación de una dosis inicial.

Horas	0	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
Conc.(mg/l)	12.0	10.0	7.0	5.0	3.5	2.5	2.0	1.5	1.0	0.7	0.5

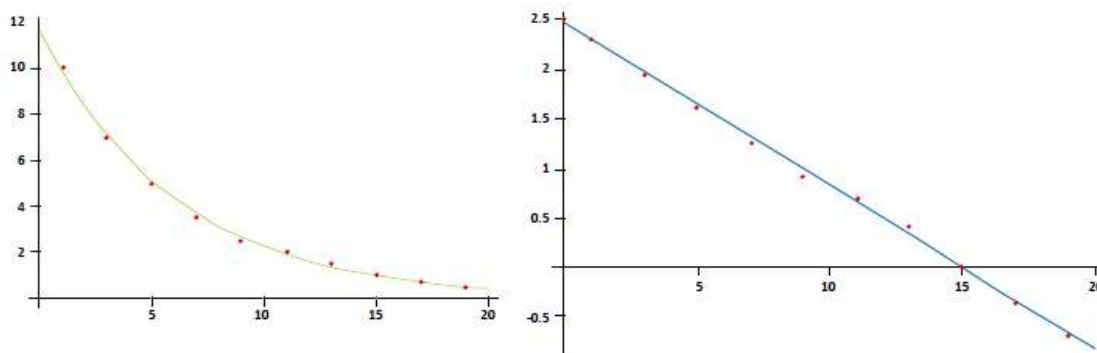
Si representamos la concentración de teofilina en función del tiempo nos aparece una gráfica que disminuye de manera exponencial (Figura 1.1 izquierda)



**Figura 1.1. Izquierda:** escala normal. **Derecha:** escala logarítmica

Si tomamos logaritmos neperianos (Figura 1.1 derecha) de los valores de la concentración, podemos ajustar esta nueva nube de puntos por una recta. Este proceso lo llevamos a cabo con el programa Mathematica<sup>®7</sup> y su solución es la recta  $2.45337 - 0.164264t$ , que corta al eje de ordenadas en el punto  $(0, 2.45337)$  y su pendiente es  $-0.164264$ . Por lo tanto, si la solución del modelo es del tipo exponencial  $y(t) = Cekt$ , entonces  $\ln y = \ln C + kt$ . En consecuencia,

$$\ln C = 2.45338 \Rightarrow C = e^{2.45338} = 11.6275 ; k = -0.164265$$



**Figura 1.2. Izquierda:** ajuste lineal. **Derecha:** ajuste exponencial

$$y(t) = 11.6275e^{-0.164264 t}$$

7 hora disponible en línea en: <https://www.wolframalpha.com/>



Pasemos ahora a precisar algunos de los conceptos sugeridos.

Una ecuación diferencial es aquella en la que aparece una función desconocida y una o más de sus derivadas. Cuando la función desconocida depende de dos o más variables, entonces las derivadas que aparecen en la ecuación diferencial serán derivadas parciales, y en este caso diremos que se trata de una ecuación en derivadas parciales. Si la función depende sólo de una variable independiente, entonces la ecuación recibe el nombre de ecuación diferencial ordinaria (EDO).

Así una gran cantidad de leyes en la Física, Química y Biología tienen su expresión natural en ecuaciones diferenciales ordinarias o parciales. También, es enorme el mundo de las aplicaciones de las ecuaciones diferenciales en Ingeniería, Economía, Ciencias Sociales, Astronomía y en las mismas Matemáticas. La causa es simple, si un fenómeno se puede expresar mediante una o varias razones de cambio entre las variables implicadas entonces correspondientemente tenemos una o varias ecuaciones diferenciales.

El ejemplo más simple de una ecuación diferencial proviene de la segunda ley de Newton  $F=ma$ , ya que si un cuerpo cae bajo la influencia de la fuerza de gravedad entonces  $a = \frac{d^2 y}{dt^2}$  donde  $y(t)$  denota la posición del cuerpo al tiempo  $t$ , tenemos  $\frac{d^2 y}{dt^2} = g$  que es una ecuación diferencial ordinaria, cuya solución es la función de posición  $y(t)$ .

Si además suponemos que sobre el cuerpo actúa una fuerza de fricción con el medio que lo rodea, cuya magnitud es proporcional a la velocidad instantánea  $dy/dt$ , se sigue que

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = mg - k \frac{dy}{dt},$$

de donde

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{k}{m} \frac{dy}{dt} = g$$

$a = \frac{d^2 y}{dt^2}$ , donde  $y(t)$  denota la posición del cuerpo al tiempo  $t$ , tenemos  $a = \frac{d^2 y}{dt^2} = g$ , que es

una ecuación diferencial ordinaria, cuya solución es la función de posición  $y(t)$ .

Si además suponemos que sobre el cuerpo actúa una fuerza de fricción con el medio que lo rodea, cuya magnitud es proporcional a la velocidad instantánea  $dy/dt$ , se sigue que

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = mg - k \frac{dy}{dt},$$

de donde

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{k}{m} \frac{dy}{dt} = g$$



Otros ejemplos son las famosas ecuaciones en derivadas parciales del calor, de onda y de Laplace, que tienen la forma

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{1}{a^2} \frac{\partial u}{\partial t},$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2},$$

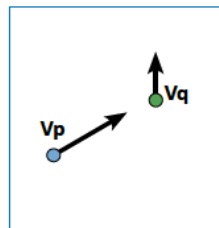
$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0,$$

respectivamente, que han sido fuente inagotable de diversos trabajos de investigación. En nuestro caso nos restringiremos al estudio de las ecuaciones diferenciales ordinarias. A continuación presentaremos algunos problemas que motivan el interés en el estudio de estas ecuaciones.

### Ejemplo de aplicación

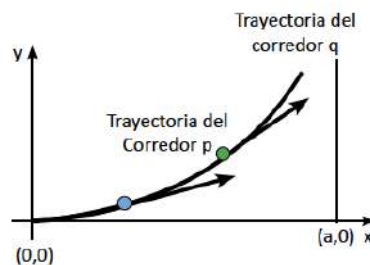
#### Curvas de persecución.

Dos equipos de fútbol se encuentran en juego. En un momento determinado un jugador  $q$  recibe el balón y corre en línea recta a la portería contraria con una velocidad  $v_q$ . En ese mismo instante otro jugador  $p$  (perseguidor) corre con velocidad  $v_p$  en dirección de  $q$  para tratar de interceptarlo, (ver figura 1.5). Nos interesa saber bajo qué condiciones  $p$  alcanza a  $q$ , es decir, si por ejemplo  $v_p > v_q$ , ¿ $p$  alcanzará a  $q$ ?



**Figura 1.3:** El jugador  $p$  persigue a  $q$

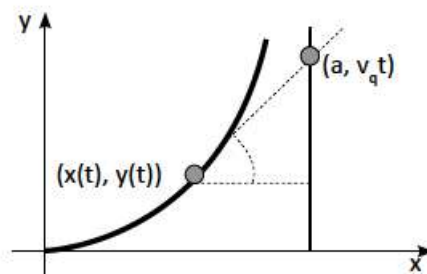
**Solución.** Como el corredor  $p$  va tras el corredor  $q$ , la dirección del vector velocidad de  $p$  siempre apunta hacia  $q$  (figura 1.4).



**Figura 1.4:** Trayectorias de los jugadores



En general, al tiempo  $t$ ,  $p$  se encuentra en  $(x(t), y(t))$  y como  $q$  corre en línea recta, él se encontrará a una distancia  $s(t) = v_q t$  del eje  $x$ , es decir,  $q$  se encuentra en el punto  $(a, v_q t)$ , (ver figura 1.5).



**Figura 1.5:** Posición de los jugadores al tiempo  $t$

Usemos la figura 1.5 para obtener la ecuación diferencial que describe esta situación. Se tiene que

$$\frac{dy}{dx} = \tan\theta = \frac{v_q t - y}{a - x}, \quad (1,10)$$

donde  $a$  es una constante.

Esta ecuación tiene tres variables  $x$ ,  $y$  y  $t$ , pero puede reducirse a una que contenga solamente dos de ellas. Si observamos un tramo infinitesimal de la trayectoria de  $p$  tenemos

$$\begin{aligned} ds^2 &= dx^2 + dy^2 \\ \left(\frac{ds}{dt}\right)^2 &= \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 \\ &= \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \\ v_p^2 &= \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right], \\ \frac{dt}{dx} &= \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}}{v_p} \end{aligned} \quad (1,11)$$

Al derivar ambos lados de (1.10) con respecto a  $x$ , aparecerá  $\frac{dt}{dx}$ . En efecto resulta

$$\begin{aligned} \frac{d^2 y}{dx^2} &= \frac{(a-x) \left( v_q \frac{dt}{dx} - \frac{dy}{dx} \right) - (v_q t - y)(-1)}{(a-x)^2} \\ &= \frac{(a-x)v_q \frac{dt}{dx} - (a-x) \frac{dy}{dx} + -(v_q t - y)}{(a-x)^2} \end{aligned}$$



De acuerdo con (1.10), la última igualdad se reduce a

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(a-x)v_q \frac{dt}{dx} - (v_q t - y) + (v_q t - y)}{(a-x)^2} = \frac{v_q \frac{dt}{dx}}{(a-x)}$$

y usando (1,11)

Así que

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{v_q \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}}{v_p(a-x)}$$

con  $k=v_q/v_p$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = k \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}}{(a-x)}$$

La ecuación (1,12) se resolverá en la sección 2.1 de ecuaciones de variables separables en el ejemplo 11.

Su solución es

$$y = -\frac{A(a-x)^{-k+1}}{2(-k+1)} + \frac{1}{2A} \frac{(a-x)^{k+1}}{(x+1)} + B$$

donde A y B son constantes arbitrarias. Ahora bien, como al tiempo  $t = 0$  el corredor p está en el origen, esto es  $p(0) = 0$ , la ecuación (1.13) nos da

$$0 = -\frac{Aa^{-k+1}}{2(-k+1)} + \frac{a^{k+1}}{2A(k+1)} + B$$

Hay otra condición inicial al tiempo  $t = 0$ , a saber  $y'(0) = 0$  pues el vector velocidad de p es horizontal. Derivando (1.13)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{A}{2} (a-x)^{-k} - \frac{1}{2A} (a-x)^k$$

y sustituyendo  $x=0$  y  $\frac{dy}{dx} = 0$ , se sigue que





$$\begin{aligned}\frac{dy}{dx} &= \frac{A}{2}(a-x)^{-k} - \frac{1}{2A}(a-x)^k \\ 0 &= \frac{A}{2}a^{-k} - \frac{1}{2A}a^k \\ \frac{A}{2}a^{-k} &= \frac{1}{2A}a^k \\ A^2 &= a^{2k} \\ A &= a^k\end{aligned}$$

Sustituimos este valor de A en (1.14), para obtener el valor de B

$$\begin{aligned}0 &= -\frac{a^k a^{-k+1}}{2(-k+1)} + B \\ 0 &= -\frac{a^k}{2(-k+1)} + \frac{a^k}{2(k+1)} + B \\ &= \frac{-a(k+1) + -a(k-1)}{2(1-k^2)} \\ &= \frac{2ak}{2(1-k^2)} + B \\ B &= \frac{ak}{1-k^2}\end{aligned}$$

Finalmente obtenemos

$$y = -\frac{a^k(a-x)^{-k+1}}{2(1-k)} + \frac{(a-x)^{k+1}}{2a^k(1+k)} + \frac{ak}{1-k^2}$$

Si  $v_p > v_q$ ,  $k = \frac{v_q}{v_p} < 1$  y por tanto  $-k+1 > 0$ , Evaluando (1.15) en  $x=a$  resulta

$$y = \frac{ak}{1-k^2}$$

es decir, el corredor p alcanza al corredor q en el punto

$$\left(a, \frac{ak}{1-k^2}\right)$$

Por supuesto, dependiendo de los valores de a y k se puede saber si p alcanza a q dentro de la cancha.



- ¿Por qué no se aplican las derivadas e integrales en la resolución de problemas físico-químico-biológicos en el nivel de educación secundaria?

**Conclusiones:**

- ¿Cuál es la pertinencia de la aplicación de las ecuaciones diferenciales en el estudio de los fenómenos físico-químico-biológicos?

**Conclusiones:**

- ¿Cuáles son los contenidos de los planes y programas del currículo base del área de física-química en los que se debe aplicar cálculo diferencial? Complete la tabla siguiente:

Contenido	Ejemplo de aplicación	Software a utilizar
Equilibrio químico		
Estudio del péndulo bifilar		





## Actividad 2

Leemos y reflexionamos en la CPTe el siguiente texto:

### La comprensión de los fenómenos físicos en alumnos del bachillerato

Revista Sinéctica 11 jul.dic/1997

Víctor M. Ponce<sup>8</sup>

A fines de mayo de 1994, con la colaboración del profesor de física de una preparatoria incorporada a la Universidad de Guadalajara,<sup>9</sup> realizamos una pequeña indagación. En ella pretendíamos, entre otras cosas, verificar, al finalizar el curso introductorio de física, el grado de comprensión<sup>10</sup> de las nociones básicas del curso leyes del movimiento. Para ello se aplicó una prueba a aproximadamente doscientos alumnos, en los últimos días del curso escolar. Es importante señalar que esta prueba fue conducida por el que escribe, no por el profesor.

La prueba trató cuatro diferentes fenómenos físicos relativos al movimiento; después de la presentación del fenómeno, los alumnos, lo representaban gráficamente y posteriormente contestaban algunas preguntas. La prueba se iba contestando por tema o fenómeno, es decir, hasta que terminaban un tema o fenómeno, se pasaba al siguiente. El cuadro número uno muestra los fenómenos o temas y sus preguntas correspondientes.

Intencionalmente desechamos el examen de opciones porque consideramos que no era muy confiable para nuestros propósitos; queríamos conocer con la mayor naturalidad posible las nociones de los alumnos.<sup>11</sup>

Temas y preguntas abordados durante el examen aplicado al fenómeno físico	Preguntas
Se dejan caer dos esferas de un metro de altura, una de acero y la otra de plástico	¿Cuál cae primero?
Se deja caer una pelotita de goma	¿Qué ocurrió? ¿Por qué cae la pelotita? ¿Influye el peso en la velocidad de caída? ¿Por qué?
La pelota está en reposo en el piso, recibe un pequeño impulso. Se mueve dos o tres metros, luego se detiene	¿Por qué se mueve la pelota? ¿Por qué se detiene?
Si arrojáramos la pelota en un espacio ideal carente de cualquier cuerpo cósmico	¿Qué ocurrirá con la pelota? Tiene masa, peso, ambos o ninguna Enuncia la ley de la inercia. ¿Qué relación tiene la ley de la inercia con los fenómenos observados?

8 Coordinador y maestro en la escuela José Guadalupe Zuno y Juan José Arreola, maestro de la Universidad de Guadalajara.

9 Preparatoria J. Guadalupe Zuno Hernández. La investigación se realizó dentro del curso de física del plan de estudios anterior; después de la reforma, el programa no ha sufrido modificaciones fuera del ámbito de este ensayo, es decir, lo que se dice en este documento se aplica a las condiciones de los programas vigentes de las preparatorias de la Universidad de Guadalajara.

10 Para Perkins, la comprensión no es algo que se da o no se da, es abierta y gradual, de ahí que anote grado de comprensión. Perkins, David. La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente, Gedisa, Barcelona, España, 1995.

11 El autor sugiere que las respuestas de opciones aunque fáciles de calificar, dificultan verificar la comprensión de los conocimientos. Gardner, Howard. "La mente no escolarizada. Cómo piensan los niños y cómo deberían enseñar las escuelas", Temas de educación, Paidós, Barcelona, 1993.

## ¿Qué descubrimos?

La mayoría de los alumnos acreditaron los exámenes formales, sin embargo, no sólo no habían comprendido realmente las nociones básicas del curso, sino que manifestaban graves errores en sus concepciones, respuestas erróneas y extrañas a los propósitos del curso.

Suponen que el peso influye en la caída de los objetos;<sup>12</sup> a pesar de que el libro de texto<sup>13</sup> (seleccionado y adoptado por el maestro para desarrollar los contenidos de su clase) afirma que es erróneo considerar el peso como variable en la caída libre. Ninguna de las fórmulas abordadas en el curso incluye el peso como variable en los fenómenos investigados; dichas fórmulas fueron utilizadas por alumnos para resolver correctamente los problemas de los exámenes que acreditaron.

La mayoría de los alumnos enunció correctamente la ley de la inercia todo objeto en movimiento tiende a conservarlo, a no ser que exista una fuerza contraria. Sin embargo, no fueron capaces de aplicarla en la prueba.<sup>14</sup> Esta podría ser una evidencia de que la memorización de conocimientos no necesariamente se identifica con la comprensión o el aprendizaje significativo de los mismos.

Los alumnos no consideraron en sus respuestas la fuerza de gravedad como la fuerza que se opone al movimiento del objeto impulsado para el caso planteado en el cuadro dos, fila dos, también influye la fricción; además, predicen el movimiento de los objetos en función de la cantidad de la fuerza aplicada. Coinciden con la física del ímpetu, característica fundamental de la teoría física aristotélica o prenewtoniana, es decir, que el movimiento de los objetos estará determinado por la cantidad de fuerza aplicada al móvil; esta concepción no considera la noción gravitatoria que aparecerá hasta Newton.

De acuerdo con la concepción psicopedagógica piagetana,<sup>15</sup> nuestros alumnos del bachillerato coinciden con las creencias aristotélicas o prenewtonianas de la realidad física; utilizaron sus convicciones que coinciden con la física del ímpetu aristotélica, no la física de Newton, que debería haberse aprendido durante el curso. Para este investigador el desarrollo de los individuos y la historia de las ciencias pasan por etapas de menor a mayor equilibración cognitiva. La etapa anterior es superada por la nueva. En este sentido nuestros alumnos no han superado la concepción física aristotélica, errónea, ingenua; no han logrado el nuevo equilibrio del pensamiento físico representado por la física de Newton.

Otra forma de explicar lo ocurrido es utilizar la teoría del aprendizaje significativo<sup>16</sup> que afirmaríamos que las nociones físicas -científicas- fueron aprendidas de una manera no significativa, queremos

<sup>12</sup>Ver la primera fila del cuadro anterior.

<sup>13</sup>Beiser, Arthur. Física aplicada, segunda edición, Mc.Graw Hill, México, 1991.

<sup>14</sup>Vea la segunda y tercer fila del cuadro anterior. La pelota que recibe un pequeño impulso, se mueve algunos metros, luego se detiene; además el movimiento ideal de la pelota en el espacio exterior.

<sup>15</sup>Piaget, J., García, R. Psicogénesis e Historia de la ciencia. Siglo XXI, México, 1982.

<sup>16</sup>Ausubel D., Novak, J., Hanesian, H. Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo, Trillas, México, 1976. En esta obra se expone la Teoría del Aprendizaje Significativo. César Coll dice que esta teoría es uno de los componentes más importantes de las teorías actuales del aprendizaje y la educación. . Coll, César. "Psicología y curriculum", Cuadernos de pedagogía Paidós, México, 1995.



decir con esto, que a estas nociones no les fueron asignados verdaderas significaciones por los alumnos; no se constituyeron en instrumentos de comprensión de la realidad. Los productos del aprendizaje no significativo tendría una sola utilidad: acreditar el curso.

Posteriormente hemos ido descubriendo que otros investigadores han llegado a las mismas conclusiones en investigaciones análogas. Por ejemplo, Pozo señala que diversos estudiantes:

A pesar de haber sido instruidos en física durante varios años, no llegaban a comprender conceptos como la inercia o el movimiento parabólico en la caída libre.

[...] Estos errores conceptuales se deberían a la existencia de fuertes concepciones espontáneas o teorías implícitas o erróneas sobre el movimiento de los objetos [...] diversos estudios coinciden en encontrar en los alumnos fuertes ideas, generalmente implícitas, sobre los fenómenos físicos, que suelen ser contrarias a los conceptos científicos que se les pretende transmitir.<sup>17</sup>

Por otro lado, Gardner<sup>18</sup> expone diversos casos similares, uno de ellos es el de Jane, estudiante del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), que fue investigado por Di Sessa; esta brillante alumna conocía todos los formalismos que se enseñan durante el primer año universitario de Física [...] sin embargo, cuando se le planteaban situaciones de juego computacional revelaba todo su aristotelismo empecinado.

Las predicciones de Jane, basadas en supuestos de la física prenewtoniana no coincidían con las predicciones de Newton. La explicación de Di Sessa refiere de la alumna investigada que:

Su física ingenua y la física que había aprendido en clase permanecían no relacionadas, y en este caso aplicaba la física ingenua.

En el alumno sobreviven dos entidades explicativas: la vulgar o errónea aprendida espontáneamente antes de la escuela y la científica expuesta por el maestro dentro del aula. Esta última no es verdaderamente aprendida o asimilada, sino retenida momentáneamente, mientras acredita las pruebas o evaluaciones formales. El alumno es capaz de memorizar las ecuaciones, definiciones y demostraciones físicas que se le pidan y puede incluso reproducirlas en los exámenes del propio profesor. Sin embargo, en otro contexto, no convencional, es decir, fuera de la relación formal con su profesor, el alumno recurrirá a sus más profundas convicciones inconscientes o implícitas. Como lo hemos afirmado, la única función social de estos nuevos conocimientos retenidos momentáneamente, sin la incorporación significativa a la memoria de largo plazo del alumno, es la simple acreditación de la asignatura.

<sup>17</sup>Pozo, M., Juan Ignacio. Teorías cognoscitivas del aprendizaje, Morata, Madrid, 1989.

<sup>18</sup>Gardner, Howard. Op. cit.



## Cómo aparecen las nociones físicas erróneas y cómo se superan

Todas las personas construimos, durante el desarrollo de nuestras vidas, teorías o sistemas explicativos de la realidad. No en el sentido de sistemas consistentes y objetivos, sino en el sentido de estructuras o sistemas de nociones correctas e incorrectas explicativas y predictivas, útiles para enfrentarnos cotidianamente con la realidad física inmediata.

Esas concepciones espontáneas tienen su origen en la actividad cotidiana de las personas. Surgen en la interacción espontánea con el entorno cotidiano y viven, ante todo, para predecir la conducta de su entorno.<sup>19</sup>

Así como sobrevivimos con errores, tales como la expresión común de que el sol sale y se oculta, también podemos sobrevivir más o menos normalmente con errores o concepciones ingenuas de una física vulgar; como la convicción de que la velocidad en la caída libre de los objetos es directamente proporcional a su peso o de que al cesar la fuerza debe necesariamente terminar el movimiento de los objetos.

Dichos esquemas explicativos pueden sobrevivir en la conciencia indefinidamente, hasta que se produzca un desequilibrio cognitivo, es decir, un cierto desajuste entre nuestros marcos de asimilación o explicación con algunos fenómenos de la realidad.<sup>20</sup>

Si se presentan las condiciones adecuadas, el sujeto podrá superar el desequilibrio mediante la construcción de esquemas explicativos o de asimilación superiores a los esquemas anteriores. Estos nuevos esquemas permitirán asimilar mejor los fenómenos de la realidad a la estructura cognitiva del sujeto.

Hecht recoge en su obra una interesante observación de William James:

Cada individuo tiene un repertorio de ya viejas opiniones, pero se encuentra con una creencia que lo pone en tensión [...] Alguien lo contradice o [él mismo] descubre que sus creencias se contradicen [...] el resultado es una duda interior de la cual busca escapar modificando su conjunto previo de opiniones.<sup>21</sup>

Ese es precisamente el papel que le corresponde a la educación, particularmente a los profesores que pretendan enseñar el placer de pensar en la física: promover intencionadamente tensiones en los alumnos, como resultado de las contradicciones entre sus viejas opiniones con las creencias científicas y lograr la modificación del conjunto previo de opiniones. Esas diferencias o contradicciones entre sus concepciones erróneas y las verdades científicas deben hacerse evidentes al alumno como condición para la superación de las viejas opiniones equivocadas.

<sup>19</sup>Pozo, op.cit.

<sup>20</sup>Piaget, Jean. La equilibración de las estructuras cognitivas. Problemas central del desarrollo, Siglo XXI, México, 1978.

<sup>21</sup>Hecht, Eugene. Física en perspectiva. Addison-Wesley Iberoamericana, Delaware, EUA, 1987.





## Hacia un modelo de clase o práctica

Estoy de acuerdo con Gardner y con Pozo al afirmar que las ideas vulgares y erróneas, no son fáciles de erradicar, como lo señala el primero se ha comprobado que no se abandonan por simple exposición a los conceptos científicos correctos.

Cuando señalamos que el alumno debe superar las ideas erróneas de la física, no estamos hablando simplemente de sustituir mecánicamente las ideas erróneas por las ideas científicas, no se trata de reemplazar mecánicamente unas ideas por otras, sino de cierta conexión genética entre la teoría espontánea y la teoría científica que se pretende transmitir.

Es necesario enfrentar al alumno a situaciones conflictivas que supongan un reto para sus ideas [...] debe darse cuenta que su teoría previa no se cumple en ciertas condiciones.<sup>22</sup>

Deben hacerse explícitos sus supuestos erróneos para que pueda, conscientemente, modificarlos y sustituirlos por los supuestos de la ciencia. El alumno no cambiará una teoría por otra sino hasta que se encuentre con otra mejor que lo convenza verdaderamente.

Con el objeto de hacer posible la superación de esas concepciones erróneas, y a partir de algunas proposiciones de Pozo, sugiero un modelo de clase o práctica de laboratorio, que tendría las siguientes secuencias:

- Plantear un problema físico. Se pueden mostrar las condiciones de cierto problema, por ejemplo, la caída en un plano inclinado de objetos de diferente peso. Sin realizar el experimento.
- Pedir al alumno, que haga sus predicciones, es decir, que elabore suposiciones acerca de las posibles trayectorias que seguirán los objetos. Debe dibujar esquemas que representen esas predicciones.
- Pedirle que anote los supuestos en que basa sus predicciones.
- Promover la discusión en pequeños grupos acerca de sus predicciones y los supuestos que sustentan dichas predicciones. Aprendizaje cooperativo.
- Realizar la prueba o el experimento físico. Que el alumno anote claramente los resultados observados en el experimento.
- Pedirle que contraste sus predicciones y supuestos con los resultados del experimento.
- Que discuta en pequeños equipos lo ocurrido con el objeto de aclarar o redefinir los supuestos y predicciones iniciales.
- Que construya una teoría más acorde con los datos aportados por el experimento.

---

<sup>22</sup> Pozo, op.cit.



La intención de los primeros momentos consiste en explicitar las nociones erróneas, si es que las hay -en las predicciones y los supuestos falsos- de los propios alumnos; el trabajo de reflexión sería primero individual, luego por equipos. Las predicciones de las trayectorias de los objetos deben representarse a través de esquemas o dibujos. Los supuestos deben redactarse.

Sólo cuando se clarifiquen las predicciones y los supuestos que las sustentan, debe mostrarse el experimento. El experimento pretende mostrar los contrastes o las similitudes, entre las nociones previas contra las nociones científicas. Sin embargo, se requieren otros momentos de fuerte reflexión de los alumnos con el objeto de evidenciar los contrastes y el diseño de una teoría mejor del fenómeno experimentado.

En este proceso el grado y la calidad de la intervención del profesor dependerá de las condiciones específicas del grupo; de sus habilidades, como la habilidad para explicitar el propio pensamiento, la habilidad para interactuar en el trabajo de discusión grupal o la habilidad para generalizar explicaciones a partir de determinados hechos, etcétera. Es probable incluso que dichas habilidades no estén desarrolladas en los alumnos; mi postura en este sentido es que durante la clase dichas habilidades deben desarrollarse. Las habilidades de pensamiento no pueden quedar fuera del trabajo escolar, ni relegadas a una asignatura específica al margen del currículum -como una materia más; deben desarrollarse en todas las asignaturas.

### La comprensión<sup>23</sup> en la enseñanza de la física

Una reforma en la enseñanza de la física debe atravesar, además de lo expuesto, otras variables; ya que si dejáramos hasta aquí el asunto pudiera parecer que toda la educación la identificamos con la reestructuración cognitiva, y no es así; la educación debe considerar ese aspecto y otros aspectos más que también son relevantes.

- Pozo afirma que el aprendizaje puede seguir dos diferentes caminos, que coinciden además con las corrientes más sobresalientes de la psicología cognitiva contemporánea. La primera forma de aprendizaje consiste en la agregación o aumento de conocimientos o conceptos asimilados, sin conflicto cognitivo, mediante la incorporación de nuevos conocimientos a las estructuras previas o a la memoria de largo plazo, así es conceptualizado desde la propia perspectiva de este paradigma procesamiento de la información; y en segundo lugar, mediante la equilibración reestructuración de las nociones erróneas versus las correctas.<sup>24</sup> Es importante señalarlo: no todo conocimiento se asimila por reestructuración, es decir, mediante la construcción de esquemas superiores en relación con los previos, producto de la superación del desequilibrio cognitivo, como podría proponerse desde una concepción centrada en la ortodoxia piagetana. Algunos conocimientos -los físicos no son la excepción- se asimilan, sin conflicto, a esquemas previos compatibles.
- Si el profesor desconoce las construcciones previas, erróneas, de los fenómenos físicos que el alumno ha elaborado en su experiencia cotidiana, no tendrá otra opción que simplemente

23 Perkins, David. La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente, Gedisa, Barcelona, España, 1995

24 Op. cit. Pozo realiza una exposición seria y consistente que pretende conciliar los dos modelos teóricos o paradigmas dominantes en la psicología cognitiva actual: la escuela anglosajona: neosociacionismo o procesamiento de información y la escuela con mayor desarrollo en Europa, la psicogenética o constructivismo.





exponer las nociones ya construidas por la ciencia; y al alumno no le quedará otra opción que aprender por repetición, no por comprensión; dichos conocimientos efímeros, pronto se olvidarán, pues carecen de significado a la estructura cognitiva del sujeto. Entonces, la primera condición para la enseñanza productiva es que el maestro debe de considerar los conocimientos previos y de las necesidades del contexto que pretenda enseñar a sus alumnos.<sup>25</sup>

- En bastantes casos observados, en diversas preparatorias, la enseñanza de la física ha sido reducida a cierta álgebra; se ha privilegiado el aspecto cuantitativo, descuidando el lado cualitativo. Si el profesor pretende, por ejemplo, explicar los problemas de caída libre, anotará la fórmula en el pizarrón y resolverá un problema como modelo y pedirá a los alumnos que resuelvan otros. Todo lo anterior significa que la física así enseñada se caracteriza más por su naturaleza cuantitativa que cualitativa, álgebra en lugar de física. A lo sumo se trata de habilidades para la resolución de determinados problemas: identificar los datos e incógnita del problema con la fórmula que los contenga; despejar la fórmula- si es necesario; sustituir las variables por los valores de los datos dados en el problema; resolver las operaciones indicadas y anotar el resultado.
- Otro de los problemas en la enseñanza de la física lo apunta Halbwachs,<sup>26</sup> señala que la enseñanza de la física del profesor va dirigida a unos cuantos; a los alumnos que manifiestan una cierta intuición por la física, descuidando a la mayoría de los estudiantes del grupo escolar que terminan por odiar la materia. Halbwachs reconoce que: Si queremos que la enseñanza de la física tenga un mínimo de eficacia, es preciso explorar y conocer esa estructura de recepción [del alumno] tal y como es, no como se ha querido construir. Sugiere que la física enseñada por el profesor debe situarse entre la física del físico y la física del alumno.
- La enseñanza debe distinguir claramente dos situaciones diferentes y necesarias: lo cualitativo o comprensivo, es decir, la comprensión de las nociones y las relaciones entre éstas para la construcción de marcos o teorías explicativas o esquemas de conocimientos;<sup>27</sup> en segundo lugar, lo cuantitativo o procesual, es decir, la aplicación de las nociones y sus relaciones formales, cuantitativas para la resolución de problemas físicos. Estos dos tipos de habilidades de pensamiento aplicadas al aprendizaje de la física, es decir, la comprensión de las nociones o lo declarativo y el de la adquisición de estrategias y habilidades procesuales para la resolución de problemas se ilustran con bastante claridad en diferentes textos como en la obra de Robert Marzano<sup>28</sup> o en Mayer.<sup>29</sup>

### Ideas para la reflexión y debate

Finalmente se exponen dos temas con la intención de proponer un debate que enriquezca y proporcione luz a los temas en cuestión.

<sup>25</sup>Coll, op. cit.

<sup>26</sup>Halbwachs, Francis. "La física del profesor, entre la física del físico y la física del alumno", Revista Francesa de Pedagogía, 1975. Reproducida por el ISIDEM, Antología de lecturas de Pedagogía operatoria.

<sup>27</sup>Bruer T. John. "Escuelas para pensar. Una ciencia de aprendizaje en el aula". Temas de educación Paidós. Ministerio de Educación y Ciencia. Barcelona, España, 1995.

<sup>28</sup>Marzano, Robert. Dimensiones del aprendizaje. ITESO, Guadalajara, México, 1992.

<sup>29</sup>Mayer, R.E. Pensamiento, resolución de problemas y Cognición. Paidós, Barcelona, 1986.





El primero es una propuesta para eliminar el tema de los vectores y algunos otros recursos matemáticos, del curso del programa introductorio de física que impiden, por el tiempo invertido para ello, el abordaje serio de una física comprensiva.

Sostengo que la teoría vectorial es un modelo o herramienta matemática de la física contemporánea. No fue utilizada para el análisis del movimiento en la teoría clásica del movimiento. La teoría vectorial es un instrumento muy eficaz que permite mostrar el comportamiento multifactorial de los fenómenos físicos; es una herramienta poderosa de la física actual para analizar los componentes de diversos fenómenos físicos como fuerzas, cargas o movimientos.

Es más exacta a la realidad la noción multifactorial que proporciona la teoría vectorial, que la noción simplista de causa efecto. La resultante es el producto del análisis de ese conjunto de fuerzas. En este sentido, efectivamente la teoría vectorial está más cercana a la física del físico. Ciertamente, pero más alejada al desarrollo del alumno. Estoy de acuerdo con Halbwachs, no es posible convertir a alumnos novatos en físicos expertos en los cursos introductorios de la física del bachillerato. Debe trasladarse la teoría vectorial a cursos avanzados, física II o III. Por otro lado, no es correcto pretender un repaso de los recursos matemáticos útiles para la física, como la aritmética, el álgebra y la trigonometría, en sólo un mes o mes y medio. Sabemos que la saturación de información en la memoria de trabajo impide su incorporación a la memoria de largo plazo.<sup>30</sup> Los recursos matemáticos necesarios para la física deben impartirse en el propio curso de matemáticas; sólo una vez que sean abordados oportunamente en ese espacio curricular deberán considerarse para el curso de física. El tiempo ahorrado debe destinarse efectivamente a comprender significativamente la física clásica del movimiento.

Dos textos de la física giran en la dirección apuntada, el primero Física en perspectiva de Hech<sup>31</sup> utiliza espacios sustanciosos para explicar el origen de las nociones erróneas, su superación y la promoción de las nociones científicas. Como afirma el autor una introducción a la física que apenas hace uso de las matemáticas para aquellos que todavía no saben mucho del tema. El otro texto lo están trabajando en algunos cursos introductorios a la física de algunas carreras del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara; texto parecido al de Hecht, es el Física Conceptual. Dice el autor de esta obra que:

La naturaleza tiene más significado para los que entienden sus reglas que para los que [no por ello la física] se presenta en forma conceptual más que en forma matemática. Comenzaremos por la comprensión y si más tarde tienes que hacer cálculos será con entendimiento.<sup>32</sup>

El segundo tema sugiere una hipótesis: es muy probable que lo que pasa en física pasa en otras o en todas partes.

Esta pequeña indagación nos muestra las dificultades en la enseñanza de la comprensión de las nociones físicas. Sin embargo, estamos seguros de que podríamos descubrir también graves dificultades en la comprensión de las otras ciencias y no sólo en la enseñanza de la física. Gard-

<sup>30</sup>De Vega, Manuel. Introducción a la psicología cognitiva. Alianza Editorial Mexicana, México, 1992.

<sup>31</sup> Hecht, op. Cit.

<sup>32</sup> Hewitt, G. Paul. Física conceptual, Addison Wesley.







ner<sup>33</sup> aporta algunas ideas; dice por ejemplo que en la matemática se observan aprendizajes de algoritmos rígidos, es decir, la memorización de procedimientos matemáticos, pero sin la comprensión suficiente sobre todo de las reglas de transformación del algoritmo ni la flexibilidad del pensamiento que permita su aplicación a diferentes contextos de resolución de problemas.

Lo hemos constatado repetidamente en estudiantes del primer semestre de la preparatoria; manifiestan graves dificultades en la resolución de problemas aritméticos. En la mayoría de los casos sus limitaciones no se manifiestan en el dominio de las operaciones aritméticas básicas, sino en la selección y la aplicación de la operación o el método aritmético correcto para la resolución de problemas. En verdad conocen, o logran dominar durante el curso, los algoritmos aritméticos; lo que muchos no logran dominar es su uso o aplicación flexible e inteligente.<sup>34</sup>

Por otro lado, también reconocemos dificultades y resistencias en los estudiantes para abandonar las concepciones superficiales, las creencias y actitudes maniqueas en el aprendizaje de las ciencias sociales; por ejemplo la creencia de que la historia de México está constituida sólo por la participación de héroes absolutamente perfectos versus villanos totalmente desalmados- o las explicaciones superficiales e ingenuas de cualquiera de las etapas fundamentales de nuestra historia nacional. Me cuestiona la afirmación de Gardner y otros investigadores acerca de que la enseñanza de las ciencias sociales se ha caracterizado por la simple memorización de conceptos aislados, superficiales y vacíos de contenidos significativos para los alumnos. Por supuesto, estos problemas no son los únicos cuellos de botella de la educación, existen muchos otros, como la lectura de comprensión -no reducido a la lectura de textos literarios, sino de cualquier ciencia- o la capacidad para expresar con claridad lo que se piensa, sea verbal o escrito, etcétera.

Estas ideas son apenas indicios para la realización de otras indagaciones necesarias, para conocer mejor los procesos y los productos de nuestras acciones pedagógicas en las otras asignaturas. Considero urgente el diseño de diagnósticos bien elaborados que podamos aplicar antes y después de los cursos o de determinados ciclos de enseñanza, con el objeto de conocer objetivamente el grado de progreso que realmente han logrado nuestros estudiantes; sin estos diagnósticos estamos viviendo en supuestos, entre la fantasía y la realidad. Esos diagnósticos nos podrían servir para conservar, corregir o diseñar nuevas estrategias de enseñanza cada vez más eficaces.

### Respondemos a las siguientes preguntas a partir de la lectura anterior:

- ¿Cómo podemos cuantificar y evaluar el grado de comprensión de las y los estudiantes respecto a los conceptos de física y química que se enseñan y aprenden en nuestras aulas?

#### Conclusiones:

<sup>33</sup>Gardner, op.cit.

<sup>34</sup> Una de las preguntas que formulamos en actividades específicas de aprendizaje para promover intencionalmente insights es: ¿Cuál de los métodos u operaciones que has aprendido debes aplicar para la solución del problema en cuestión?



- ¿Cómo podemos verificar si verdaderamente logramos aportes sustanciales en la comprensión o en el uso pertinente de los conocimientos que supuestamente enseñamos?

**Conclusiones:**

- ¿Cómo debe ser la estrategia metodológica y el uso de materiales y medios para que lo que enseñamos a las y los estudiantes no se memorice simplemente sin comprender y no sea olvidado inmediatamente después de las evaluaciones?

**Conclusiones:**

- ¿Qué debemos hacer para obtener comprensiones más aplicativas y productivas en los contenidos que enseñamos?

**Conclusiones:**

- ¿Cuál es la relación de la primera lectura (física sin matemática) con esta segunda (la comprensión de los fenómenos físicos en alumnos del bachillerato)?

**Conclusiones:**



## Tema 2: Modelización informática y su importancia en el estudio de fenómenos físico-químico-biológicos

### Actividad 1

Para reflexionar y asumir postura de aplicación práctica sobre el empleo de la informática en el estudio de la física-química damos lectura al siguiente texto:

### Nobel de Química 2013, para informáticos que simulan incluso procesos biológicos<sup>35</sup>

Periódico El País, 9 de octubre de 2013

Rivera, Alicia.

El Premio Nobel de Química 2013 fue concedido al austriaco Martin Karplus, el británico Michael Levitt y el israelí Arieh Warshel que desarrollaron modelos multiescala para sistemas químicos complejos, lo que ha permitido unir dos ramas antes enfrentadas: la clásica y la cuántica, los tres científicos elaboraron sistemas informáticos universales que han revolucionado el estudio de la química y con aplicaciones en múltiples campos, desde la medicina hasta la mecánica. Karplus pertenece al grupo de judíos que escapó del holocausto huyendo a Estados Unidos, destacó en su fallo la Academia.

“Los galardonados con el Nobel de Química 2013 hicieron posible cartografiar los misteriosos caminos de esta ciencia mediante el uso de computadoras”, dijo. El trabajo de estos tres químicos ayudó a desarrollar modelos informáticos que reproducen la vida real, “que se volvieron cruciales para la mayoría de avances realizados en la química actual”.

**Martin Karplus**  
Austria

**Michael Levitt**  
Sudáfrica

**Arieh Warshel**  
Israel

► Debido a que las reacciones químicas ocurren en fracciones de segundo y es imposible analizarlas en un experimento de laboratorio, se desarrollaron modelos teóricos usando tanto la física clásica como la cuántica para simular dichas reacciones. Los científicos combinaron ambos modelos en un programa y generaron un método universal para estudiar todas las moléculas y sus reacciones.

**El sistema desarrollado trabaja en dos niveles**

**1** Núcleo central: está basado en la física cuántica y permite estudiar las reacciones químicas a nivel atómico

**2** Parte periférica: se basa en la física clásica y permite analizar el resto de la molécula.

<sup>35</sup> Fuente: [http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/10/09/actualidad/1381313884\\_234389.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/10/09/actualidad/1381313884_234389.html)

Gracias a esos modelos computarizados actualmente los científicos pueden, por ejemplo, optimizar el funcionamiento de las placas solares, el de los catalizadores en vehículos a motor y elaborar mejores medicamentos.

Hasta la publicación de los trabajos de los tres galardonados, los científicos tenían importantes limitaciones a la hora de simular moléculas o reacciones químicas en sus ordenadores, teniendo que ignorar aspectos centrales, como las interacciones con el ambiente.

“En los años 70, Martin Karplus, Michael Levitt y Arieh Warshel sentaron las bases de los potentes programas que se utilizan para comprender y predecir los procesos” químicos, los cuales tienen aplicaciones ilimitadas, no solo para los investigadores sino también para los ingenieros y la industria. El primer paso para resolver el problema lo dio a principios de la década de 1970 el equipo dirigido por Karplus en la Universidad de Harvard, desarrollando programas informáticos que podían simular reacciones químicas con la ayuda de la física cuántica.

A ese equipo entró a formar parte Arieh Warshel, un científico israelí que había elaborado con Michael Levitt un programa informático que permitía modelar todo tipo de moléculas. Usando ese programa como punto de partida, Karplus y Warshel desarrollaron otro más perfeccionado basado en la física cuántica y publicaron sus resultados en 1972.

Los tres galardonados compartirán 1.3 millones de dólares del Nobel, que se entregará el 10 de diciembre.

Hace años los químicos solían crear sus modelos moleculares utilizando bolas y palos de plástico. Hoy esta tarea se lleva a cabo con ordenadores, un trabajo que se inició en la década de los 70 con el trabajo de los investigadores Martin Karplus, Michael Levitt y Arieh Warshel.

“Hemos creado modelos informáticos para saber, a partir de las estructuras de las proteínas, cómo van a funcionar”, ha comentado Warshel en directo tras conocer la noticia. El químico destaca que sus investigaciones han tenido aplicaciones en el diseño de fármacos, aunque, también “para satisfacer mi curiosidad”.

Los tres premiados trabajan en EE UU y tienen doble nacionalidad, la estadounidense y la de su país de origen. Martin Karplus nació en 1930 en Viena (Austria) y se doctoró en 1953 en el California Institute of Technology. Es profesor emérito en la Universidad de Harvard.

El británico Michael Levitt nació en Pretoria (Sudáfrica) y se doctoró en la Universidad de Cambridge. Actualmente es profesor de la Escuela de Medicina de la Universidad de Stanford. Por su parte, Arieh Warshel es de Israel, donde nació en 1940. Está asociado a la University of Southern California, en Los Ángeles.

### **La unión de la manzana y el gato**

Los premiados sentaron las bases para los avanzados programas informáticos que se usan actualmente para entender y predecir los procesos químicos uniendo la física clásica y cuántica. Estos



dos ámbitos se han representado con una manzana –la de Newton– y un gato –el de Schrödinger durante el anuncio del premio.

La ventaja de la física clásica es la facilidad de sus cálculos y la posibilidad de modelizar grandes moléculas. Sin embargo, no ofrece una herramienta para simular las reacciones químicas. Aquí entra en juego la física cuántica, aunque presenta el inconveniente de que sus operaciones requieren una enorme potencia de cálculo y se aplican para pequeñas moléculas.

Karplus, Levitt y Warshel supieron conjugar las ventajas de ambas disciplinas. Así, por ejemplo, para simular cómo un medicamento se acopla a su proteína diana en el cuerpo, se emplean la física cuántica para analizar los átomos concretos que interactúan con el fármaco, pero se simula todo el resto de la proteína con la menos exigente física clásica.

En la actualidad los ordenadores son una herramienta tan importante para los químicos como lo es el tubo de ensayo. Las simulaciones son tan realistas que se puede predecir con exactitud el resultado de los experimentos antes de ejecutarlos.

Con el desarrollo de esta tecnología los tres informático químicos que fueron galardonados con el Nobel de Química por la Real Academia de las Ciencias de Suecia. Explican estos modelos:

El trabajo consistió en el desarrollo de métodos híbridos que combinan la mecánica cuántica con la mecánica clásica a través de campos de fuerza clásicos. La mecánica cuántica por sí sola no es capaz de tratar con un sistema complejo como una proteína, debido a las exigencias computacionales extraordinarias involucradas, y no puede incorporar las condiciones termodinámicas que son parte influyente de los procesos químicos y bioquímicos.

En otras palabras, el profesor Andrés Reyes, del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia (UNC), explica lo anterior: “La mecánica molecular es computacionalmente muy eficiente, pero no puede hacer frente a la complejidad de una reacción química o proporcionar niveles de energía cuantizados; por eso, el trabajo de estos tres investigadores no implica tubos de ensayo, sino que en su lugar explora el mundo de las moléculas de forma virtual, con las computadoras”.

Para Emiliano Barreto, director del Centro de Bioinformática del Instituto de Biotecnología (IBUN) de la UNC, “estos modelos permiten representar las estructuras de los compuestos químicos de forma tridimensional, pero la representación se hace en un computador”.

Y agrega: “Son algo que se llama química teórica o física teórica porque están en un intermedio donde la física cuántica es utilizada desde hace mucho tiempo para tratar de representar exactamente cómo es un compuesto en el espacio, cómo es su distribución de átomos, de electrones y de partículas”.

De acuerdo con los investigadores de la UNC, los modelos multiescala permiten que se pueda realizar la representación de una molécula grande estructuralmente. Su importancia es que se puede representar a las proteínas, que son macromoléculas con compuestos químicos muy



grandes conformados por unidades básicas denominadas aminoácidos, que son los responsables de la mayor parte de las funciones de una célula.

A manera de ejemplo, Barreto comenta que antes, cuando se quería probar el efecto de un fármaco normalmente tocaba hacerlo en un animal y mirar el efecto macro sin tener una idea de si tenía una actividad real o no, en otras palabras era hacer prueba y error.

Y destaca: “Ahora se puede coger el sitio probable donde ese fármaco tiene la actividad, hacer una simulación, una representación de ese sitio probable en términos de computación, y evaluar con programas si el fármaco puede o no interactuar con esa estructura gigante”.

Por otro lado, la ventaja que tienen las representaciones multiescala es que son capaces de hacer una mirada macro de la estructura, lo que reduce el tipo de cálculo que requiere y permite ver la reacción química.

“Esa representación micro permite evaluar si un fármaco puede tener una actividad al momento de interactuar con una macromolécula en dos escalas, en términos computacionales”, afirma Barreto.

Para Reyes, “estos métodos, que se pueden ver como una extensión de la química cuántica, sirven para estudiar sistemas moleculares complejos y su interacción con un entorno que puede ser un líquido o un medio biológico”.

Finalmente, Reyes destaca que este trabajo abre enormes posibilidades, pues en las últimas dos décadas se ha mostrado un éxito sin precedentes en el estudio detallado de reacciones químicas complejas como la fotosíntesis y la combustión, así como en el diseño de nuevos fármacos”.

Según Barreto, en Colombia se utiliza el sistema pero hay dificultades porque son modelos que requieren una capacidad de cómputo muy grande. En el caso de la UNC apenas se cuenta con una capacidad media adquirida por el Instituto de Biotecnología, que es el lugar donde se pueden hacer este tipo de investigaciones.

Las reacciones químicas ocurren a velocidades sorprendentes; los electrones saltan de un átomo a otro en fracciones de microsegundos escapando del análisis de los científicos. Los homenajeados con el premio Nobel de Química 2013, Martin Karplus, Michael Levitt y Arieh Warshel desarrollaron en los años 70 poderosos métodos computacionales que permiten estudiar estos procesos. Sus métodos multiescalas permitieron describir simultáneamente los fenómenos cuánticos, los movimientos de los átomos y las grandes estructuras en moléculas orgánicas.

Hoy, el uso de computadores es fundamental en el diseño de fármacos y en la comprensión de fenómenos como la fotosíntesis, avanzando, por ejemplo, hacia el diseño de plantas artificiales.



1. ¿Cuál es nuestra percepción sobre el desarrollo de una tecnología similar o superior en nuestro contexto con respecto de la lectura anterior?

**Conclusiones:**

2. ¿Cómo aplicamos saberes y conocimientos informáticos en la producción de ciencia y tecnología física química en nuestras clases?

**Conclusiones:**

3. ¿Cuáles son los saberes y conocimientos necesarios de maestros y estudiantes para utilizar los recursos informáticos en el aprendizaje de la física-química?

Saberes y conocimientos necesarios de maestras y maestros	Saberes y conocimientos necesarios de estudiantes
<b>Conclusión:</b>	<b>Conclusión:</b>



4. ¿Cuáles deben ser las preguntas necesarias para recuperar saberes y conocimientos antes, durante y luego de la utilización de recursos informáticos para el aprendizaje de la física-química?

### Conclusiones:

## Tema 3: Desarrollo y uso de equipos y programas informáticos en el aprendizaje de la física y la química.

### Actividad 1

Leemos en grupo y reflexionamos con relación al siguiente texto:

#### Uso de las NTIC para apoyar la enseñanza de la física básica para ingenieros: experiencia en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

*Diego Aristizábal, Roberto Restrepo, Carlos Ramírez, Nerio Montoya, Esteban González y Tatiana Muñoz* Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

### 1. Introducción

Es muy generalizado en nuestro medio, incluyendo nuestro sistema educativo, que las NTIC son fundamentalmente el manejo de software tales como una hoja de cálculo, un procesador de palabras y en el mejor de los casos paquetes de cálculo matemático o de diseño, el manejo de plataformas virtuales Elearning y redes sociales. Sin duda alguna esto es solo parte de ese universo. También es clara la tendencia de los gobiernos y particularmente del ministerio de las TIC en Colombia en aumentar y mejorar la calidad de la conectividad, ya que esto es esencial para democratizar el uso de estas tecnologías. Pero hay algo a lo cual no se le está brindando la atención suficiente y es su uso en los denominados laboratorios virtuales e instrumentación virtual, que es donde el presente trabajo se centra.

En lo correspondiente al concepto de laboratorio virtual, es a nuestra manera de ver, muy difuso; bajo este concepto se encuentran enmarcados en la literatura los laboratorios remotos y las simulaciones. Algunas definiciones halladas sobre laboratorio virtual son:

- “es un sistema informático que pretende simular el ambiente de un laboratorio real y que mediante simulaciones interactivas permite desarrollar las prácticas de laboratorio” (ECURED, 2013);







- “es un espacio electrónico de trabajo concebido para la colaboración y la experimentación a distancia con objeto de investigar o realizar otras actividades creativas, y elaborar y difundir resultados mediante tecnologías difundidas de información y comunicación” (Vary, 1999);
- “son simulaciones de prácticas manipulativas que pueden ser hechas por la/el estudiante lejos de la universidad y el docente. Los laboratorios virtuales son imitaciones digitales de prácticas de laboratorio o de campo, reducidas a la pantalla de la computadora”, definición dada por Monge Nájera et al y citada en (Monge Nájera, et al., 2002).

Los autores de este trabajo se reservan el uso del concepto de laboratorio virtual a la interpretación que se da en la referencia (Vary, 1999) y que reafirman en las referencias (Aristizábal, et al., 2005), (Aristizábal & Restrepo, 2006). Con base en esto, SymulPhysics corresponde a la categoría de simulaciones interactivas.

En lo que corresponde al concepto de instrumento virtual, introducido por Truchard y Kodosky de la National Instruments en el año de 1983, se refiere a la utilización de la computadora personal (actualmente se puede extender a los celulares y las tabletas) como un instrumento para realizar mediciones haciendo una combinación entre hardware y software que cumplen, en conjunto, las funciones de instrumentos tradicionales, siendo el software el que realmente provee la ventaja para construir estos instrumentos, facilitando la innovación y la reducción significativa de costos (National Instruments, 2003). Con los instrumentos virtuales, ingenieros y científicos construyen sistemas de medición y automatización que se ajustan a sus requerimientos, lo que no permiten los instrumentos tradicionales ya que vienen con sus funciones asignadas. Physics-Sensor es una plataforma hardware-software que se desarrolla bajo este concepto.

En la sección 2 de este trabajo se describen estas dos aplicaciones para dar al lector una idea clara de ellas. Posteriormente, en la sección 3 se muestra el éxito que ha tenido su uso en la UNalmed y en la sección 4 se explica cómo trabajar con una aplicación para construir moléculas en química y finalmente, en la sección 5, se exponen conclusiones y algunas recomendaciones.

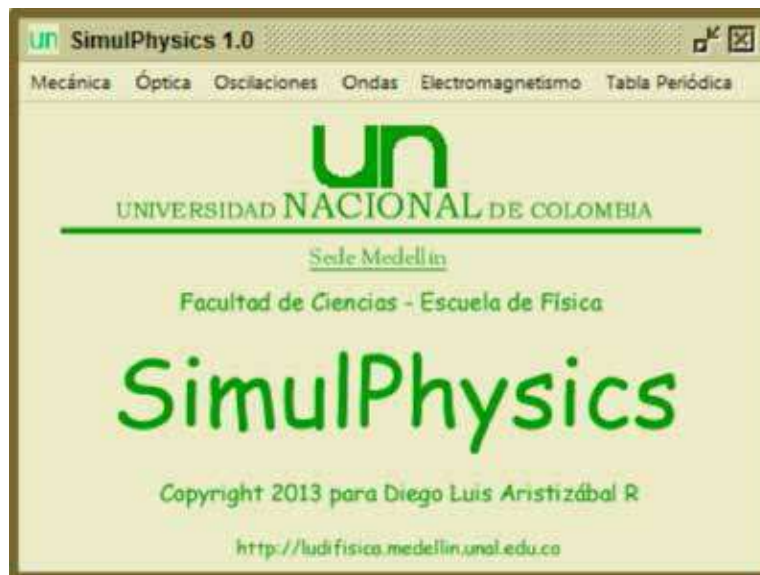
## 2. Descripción de las aplicaciones

Las dos aplicaciones de física que se describen, en lo que corresponde al software, fue diseñado con el paradigma de la programación orientada a objetos y se empleó el lenguaje Java, el cual es propiedad de Oracle y es de distribución gratuita (Oracle, 2013). Una de las ventajas de este lenguaje es la de ser multiplataforma, es decir, los programas desarrollados se pueden ejecutar en los principales sistemas operativos: Windows, Mac, Linux.

### SimulPhysics

Conjunto de simulaciones interactivas sobre diferentes tópicos de la física que apoyan la asimilación de los conceptos desarrollados en la parte teórica del curso. En la Figura 1 se ilustra su interfaz gráfica principal.





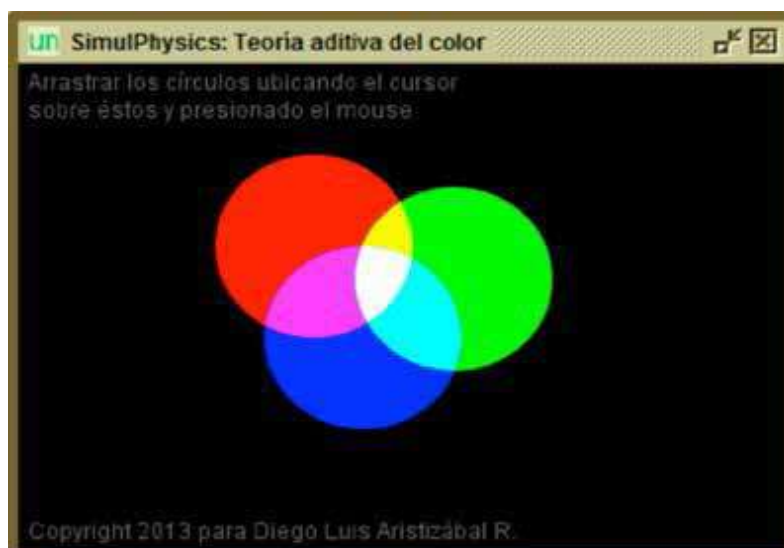
**Figura 1.** Interfaz gráfica principal de SimulPhysics.

Como se observa en el menú principal, las simulaciones se clasifican en seis temas y actualmente se dispone de un total 83 simulaciones: mecánica (11), óptica (18), oscilaciones (9), ondas (22), electromagnetismo y tabla periódica (19). Para acceder a una simulación, se hace clic sobre el ítem correspondiente como se muestra en la Figura 2, la cual ilustra la forma de acceder a la simulación sobre teoría aditiva del color. Al hacer clic sobre el ítem respectivo se despliega la simulación seleccionada, Figura 3.



**Figura 2.** Forma de acceder a una simulación en SimulPhysics.



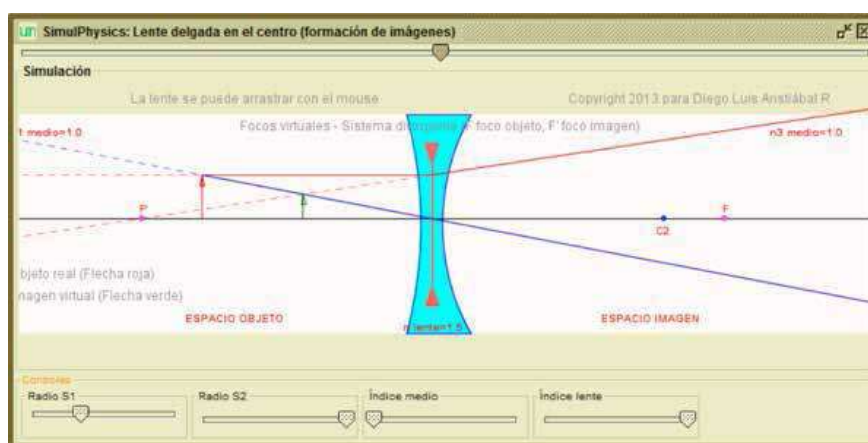


**Figura 3.** Teoría aditiva del color. Aquí el estudiante desplaza los círculos arrastrándolos con el mouse y observa el color resultante al superponer los colores primarios. Esta teoría es la que se cumple para la composición de luces de color (ejemplo, las pantallas de computador y de la TV).

Simultáneamente se pueden abrir varias simulaciones, lo cual le permite al docente organizar una exposición muy integrada e interactiva sobre el tema seleccionado.

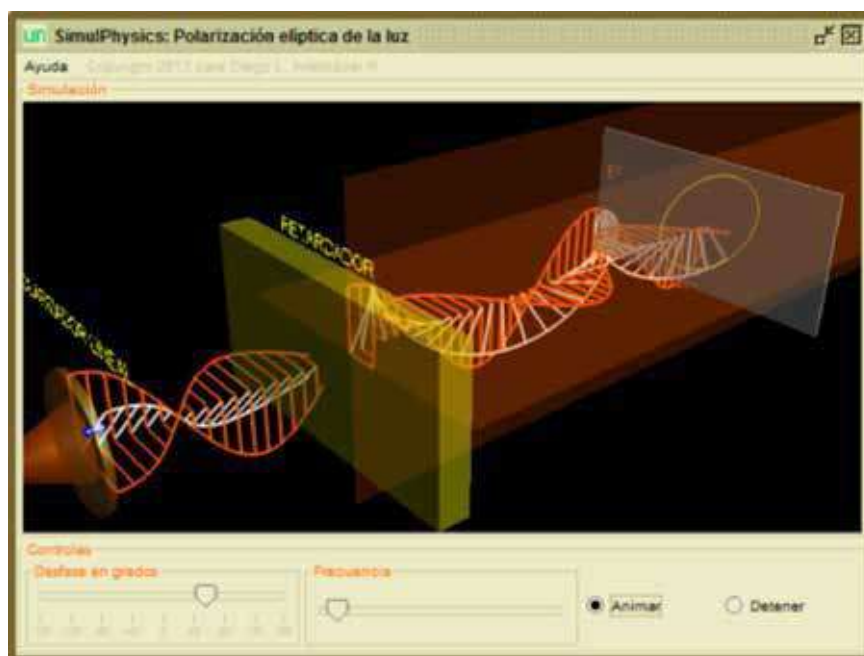
Para que el lector se forme una idea de este software interactivo, se presentan en las Figuras 4 a 12 las interfaces correspondientes a algunas simulaciones. Si el lector desea obtener el software puede hacerlo a través del sitio web:

<http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/index.php/software-hardware/simulphysics>

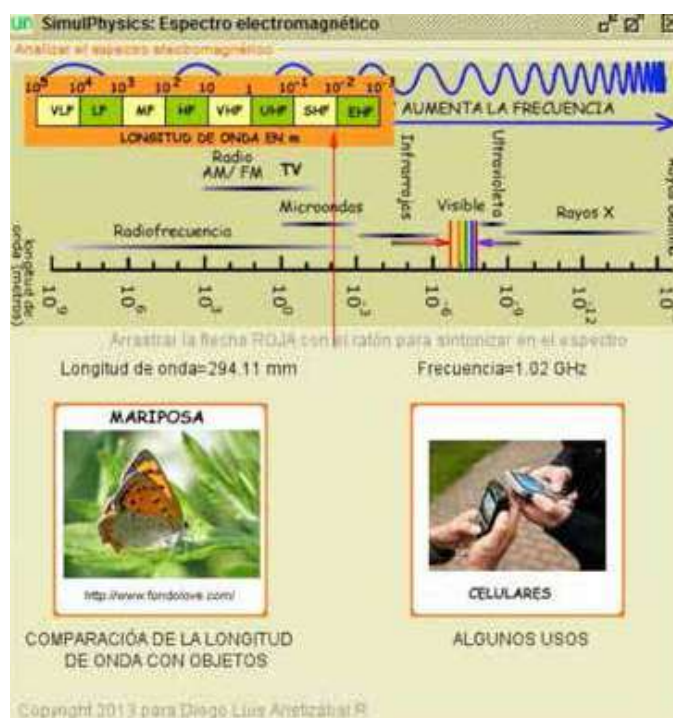


**Figura 4.** Formación de imágenes con lentes delgadas. Aquí el estudiante puede cambiar el índice de refracción de los medios, el radio de curvatura de las superficies de la lente y la distancia del objeto a la lente para obtener la imagen resultante con la descripción de sus propiedades básicas.

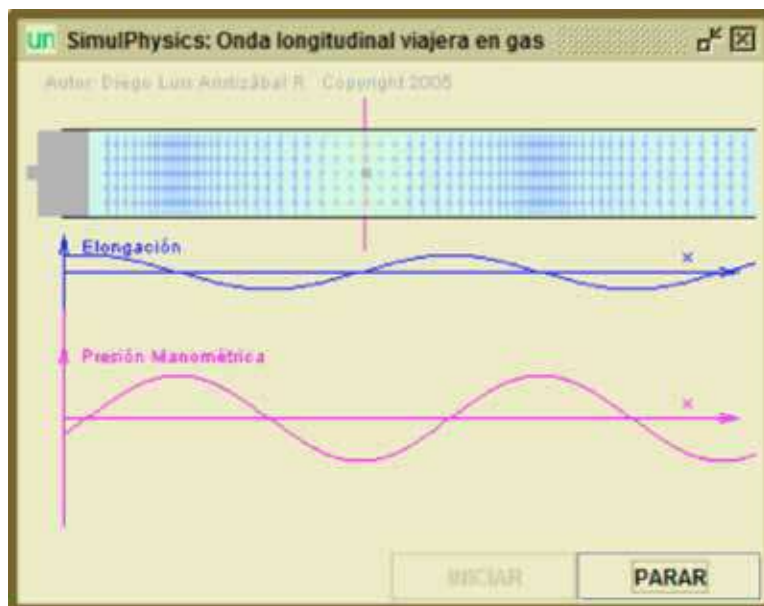




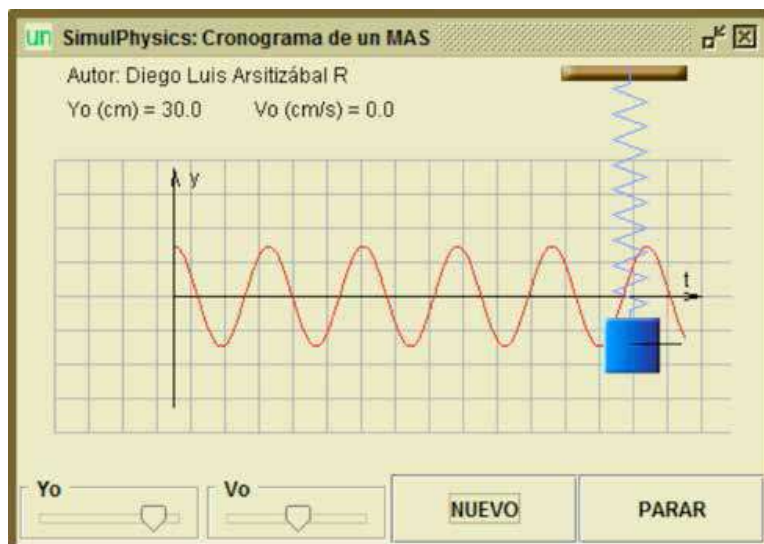
**Figura 5.** Polarización de la luz. Aquí el estudiante puede cambiar la frecuencia de la luz y el desfase entre las componentes de los campos eléctricos para obtener diferentes estados de polarización de la luz (lineal, circular y elíptica).



**Figura 6.** Espectro electromagnético. Aquí el estudiante hace un recorrido a través de todo el espectro electromagnético en el cual se le indicará las fuentes, el orden de su longitud de onda, su frecuencia y usos del mismo.



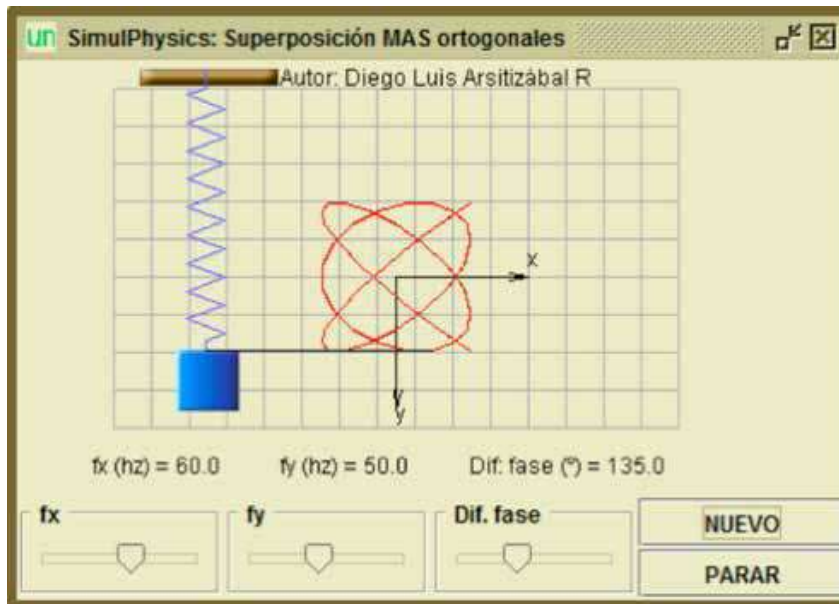
**Figura 7.** Ondas longitudinales en columna de gas. Aquí el estudiante puede observar con mucho detalle el comportamiento de las ondas longitudinales viajeras en una columna de gas. Por ejemplo observa el desfase entre las ondas de elongación y las de presión, las direcciones de vibración y de propagación.



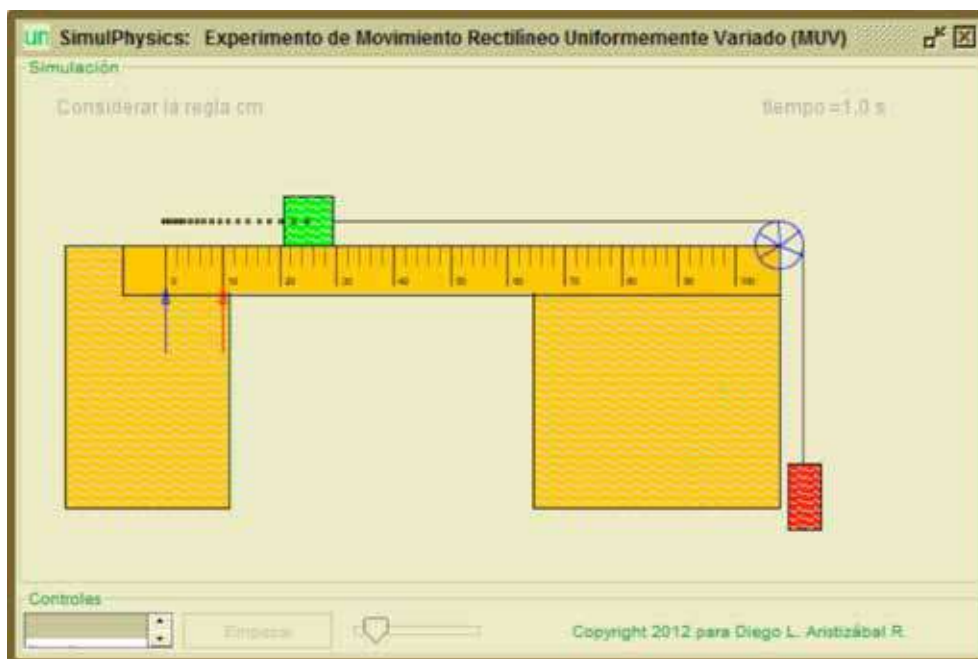
**Figura 8.** Cronograma de un movimiento armónico simple. Aquí el estudiante puede observar claramente el comportamiento armónico de un sistema masa-resorte.





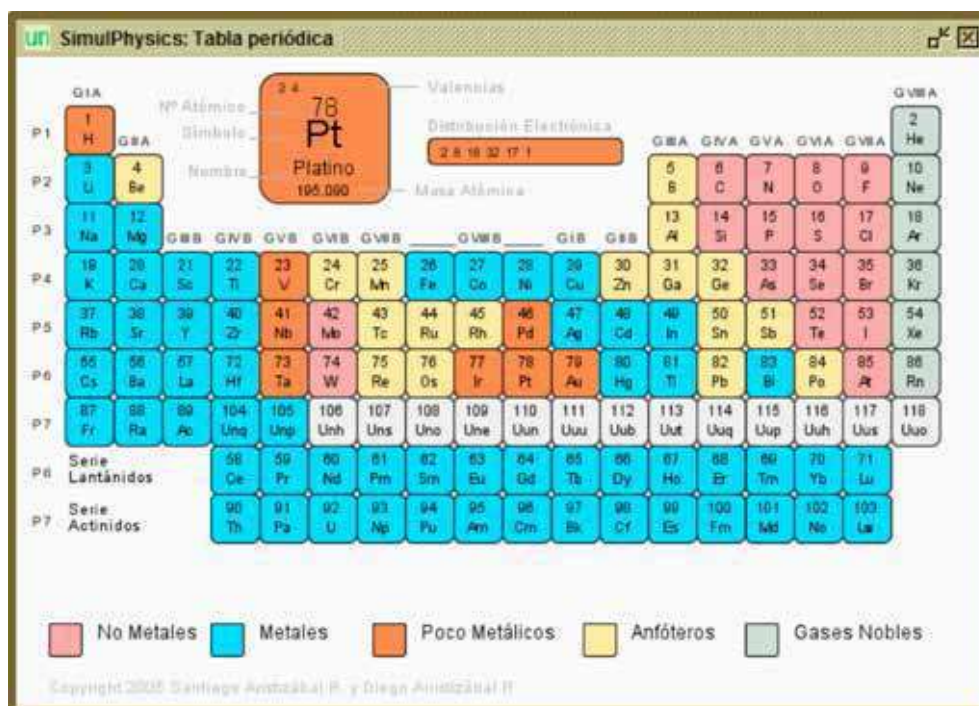


**Figura 9.** Figuras de Lissajous. Aquí el estudiante puede experimentar con la superposición de dos movimientos armónicos simples perpendiculares.

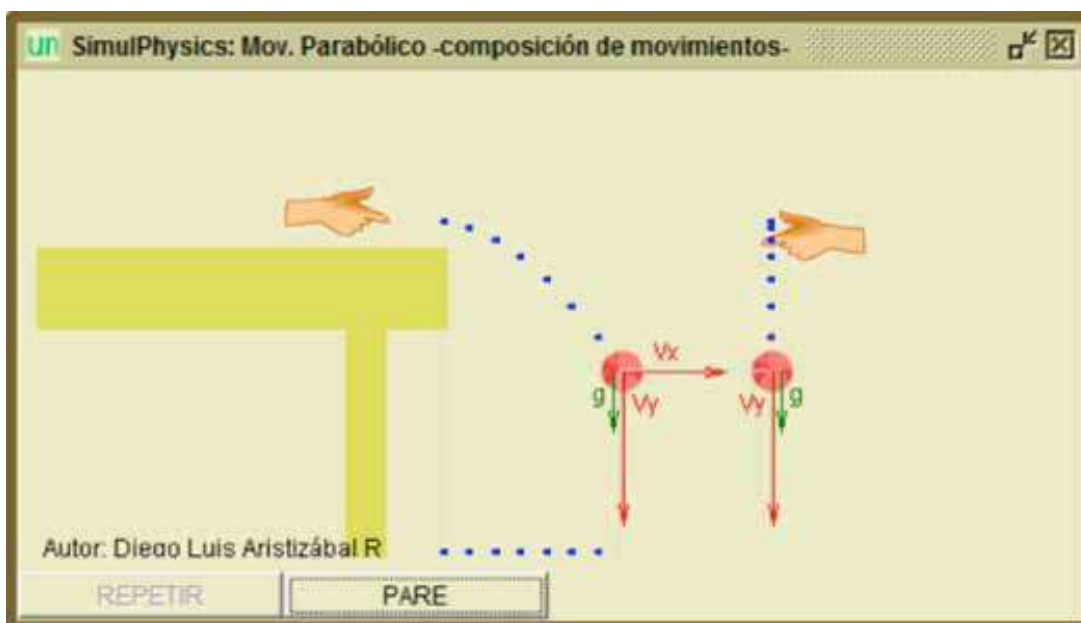


**Figura 10.** Movimiento rectilíneo uniformemente variado. Aquí el estudiante puede generar una tabla de datos de posición vs tiempo en un MUV para luego realizar un análisis gráfico.





**Figura 11.** Tabla periódica principal. Aquí el estudiante ubicando el puntero del mouse sobre la celda de un elemento obtendrá la información básica del mismo.



**Figura 12.** Movimiento parabólico. Aquí el estudiante puede analizar la independencia de los movimientos en dirección horizontal y vertical que componen el movimiento parabólico.



## PhysicsSensor

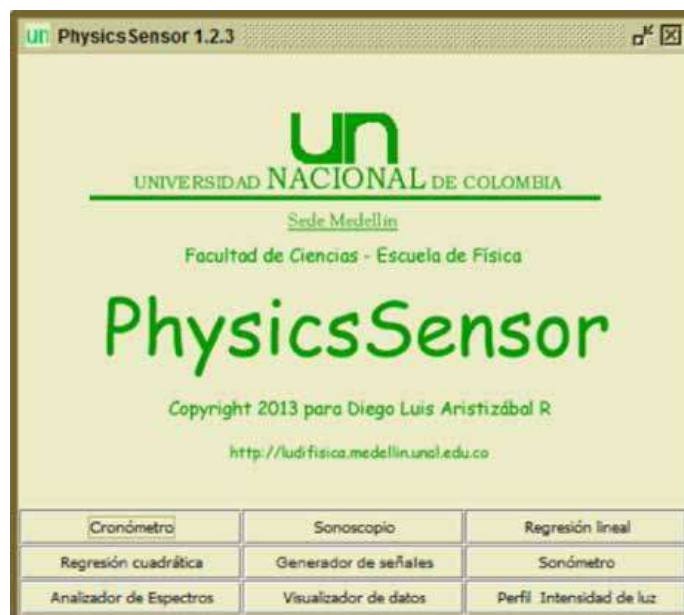
Si bien SimulPhysics ha servido de gran apoyo en el proceso de enseñanza aprendizaje en los cursos básicos de física para ingenieros en la UNAlmed, es PhysicsSensor el que más ha sorprendido por sus excelentes resultados en los laboratorios. Ésta es una plataforma hardware-software diseñada por docentes de la Escuela de Física de la UNAlmed bajo el concepto de instrumentación virtual, es de libre uso, está en permanente desarrollo y permite llevar las NTIC a los laboratorios de Ciencias Naturales con muy bajo costo. Sus características básicas son las siguientes:

Es multiplataforma, como se mencionó anteriormente.

- El computador es la herramienta central. Además de permitir la organización, representación y análisis de datos, se convierte en un instrumento para realizar mediciones.
- Los sensores usados se acoplan al computador bien sea a través de la tarjeta de sonido o de una tarjeta de adquisición de datos como la ARDUINO (Arduino, 2013), (Aristizábal, et al., 2012). Son de fácil implementación y también de muy bajo costo.
- Posee tutoriales para el manejo del software y del hardware, además de guías de laboratorio que ejemplifican el uso de la plataforma en las áreas de física, química y biología.

La versión 1.2.3 de esta plataforma posee los siguientes módulos: cronómetro, regresión Lineal, regresión cuadrática, generador de señales armónicas, sonoscopio, sonómetro, analizador de espectros en el visible, analizador de patrones de intensidad, visualizador de datos en tiempo real. En la Figura 13 se ilustra la interfaz gráfica principal; si el lector desea obtener este software e información sobre la construcción del hardware puede hacerlo ingresando al siguiente sitio web:

<http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/index.php/software-hardware/physicsensor>



**Figura 13.** Interfaz gráfica principal de PhysicsSensor





A continuación se hace una breve descripción de cada uno de estos elementos.

### Cronómetro

Usa el reloj interno del computador y permite medir intervalos de tiempo con apreciación de 0,01 s. Ver Figura 14.



Figura 14. Cronometro de PhysicsSensor

### Regresión lineal

Dada una colección de datos despliega la gráfica de la línea recta que mejor se ajusta (utiliza el método de mínimos cuadrados) con las respectivas barras de incertidumbre. Además, reporta los valores de la pendiente y el intercepto con las respectivas incertidumbres y la correlación del ajuste. Permite controlar la veracidad de los datos recolectados por los grupos de trabajo del laboratorio mediante la identificación del número del grupo, del curso y la fecha (ver Figura 15).

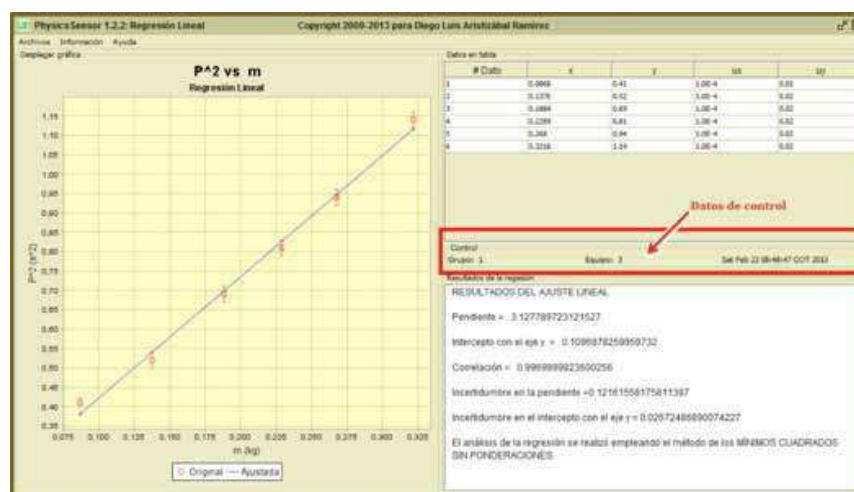


Figura 15. Módulo de regresión lineal de PhysicsSensor

## Regresión cuadrática

Dada una colección de datos, el programa de regresión cuadrática, despliega la gráfica de la parábola que mejor se ajusta utiliza el método de mínimos cuadrados con las respectivas barras de incertidumbre. Reporta los valores de los coeficientes de la parábola con las respectivas incertidumbres, además de la correlación del ajuste. Al igual que el programa de regresiones lineales, permite controlar la veracidad de los datos recolectados por los grupos de trabajo del laboratorio mediante la identificación del número del grupo, del curso y la fecha (ver Figura 16).

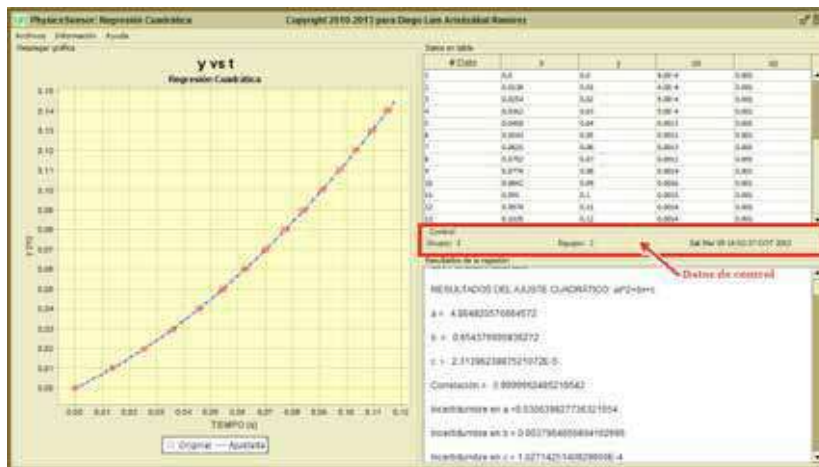


Figura 16. Módulo de regresión cuadrática de PhysicsSensor.

## Generador de señales armónicas

Emplea la tarjeta de sonido del computador y un amplificador para generar señales senosoidales entre 5 Hz y 5000 Hz, las cuales pueden ser utilizadas en la generación de sonidos armónicos, generación de ondas estacionarias en columnas de gas, cuerdas, varillas y placas, entre otras aplicaciones (ver Figura 17).



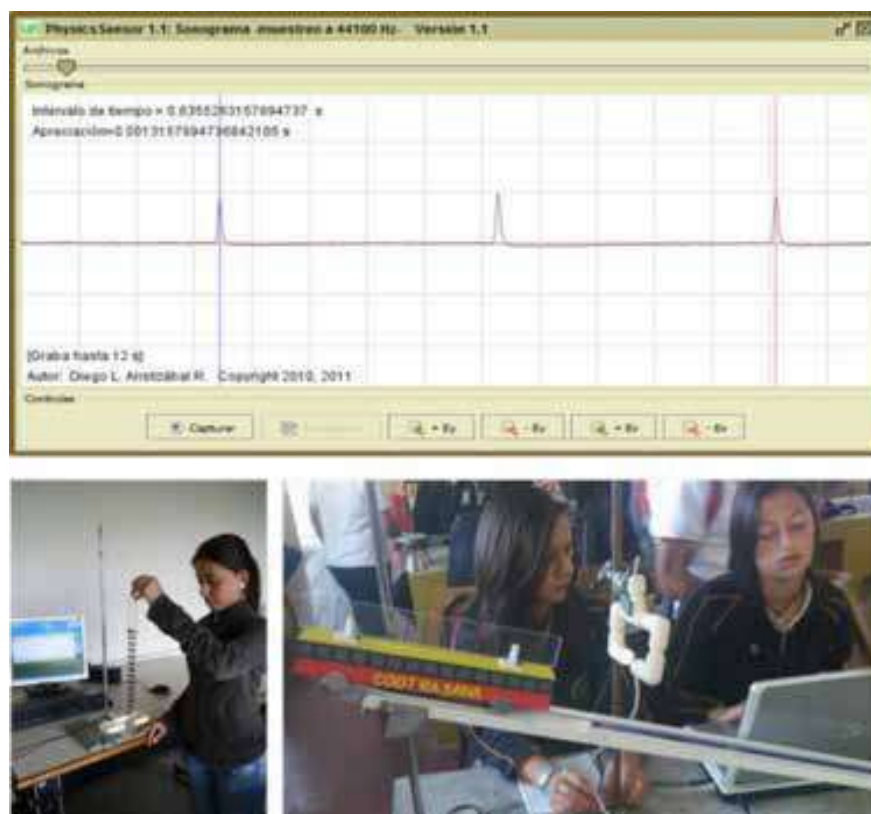
Figura 17. Generador de señales de PhysicsSensor (izquierda) y Figuras de Chladni (derecha).



## Sonoscopio

Emplea la tarjeta de sonido del computador y con el uso de un micrófono es posible realizar, entre otras, las siguientes aplicaciones: visualización de formas de ondas sonoras, medición de periodos y frecuencias de sonidos, pulsaciones, etc.

Con el uso de una fotocpuerta de PhysicsSensor conectada a la entrada de micrófono del computador, se pueden medir intervalos de tiempo con apreciaciones del orden de los 23  $\mu$ s posibilitando realizar prácticas de laboratorio como: medida de la aceleración de la gravedad con caída libre, cinemática rectilínea, medida de la aceleración de la gravedad con los modelos de péndulo simple y péndulo compuesto, segunda ley de Newton, oscilaciones en el sistema masa-resorte, colisiones, energía mecánica: traslación y rotación (ver Figura 18).



**Figura 18.** Sonoscopio (arriba) y aplicaciones de la Fotocpuerta (abajo) de PhysicsSensor

## Sonómetro

Emplea la tarjeta de sonido del computador y un micrófono. El sonido es muestreado a 44100 Hz y cuantizado con 8 bits ( $2^8 = 256$  niveles) permitiendo medir el Nivel de Intensidad sonora (NI) en un rango de 0 a 48 dB:

$$NI = 10 * \log \left( \frac{2^8}{2^0} \right)^2 \approx 48dB$$



Uno de sus usos es en la práctica de laboratorio que permite detectar las posiciones de los vientos y nodos de presión en una columna de gas (tubo sonoro) para lograr medir con gran precisión y exactitud la velocidad del sonido en gases (ver Figura 19).

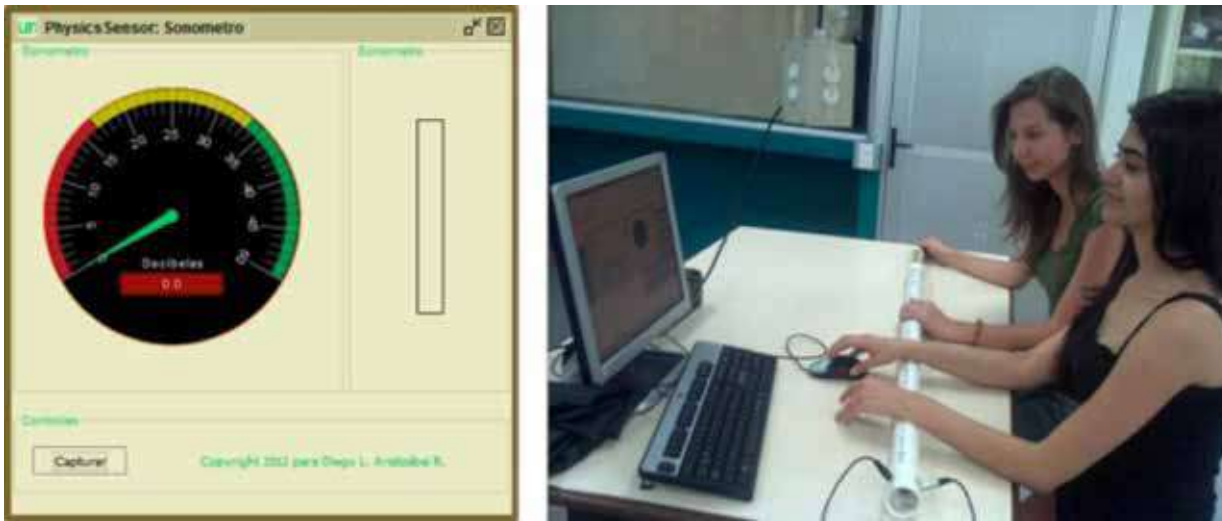


Figura 19. Sonómetro de PhysicsSensor (izquierda) y una aplicación (derecha).

### Analizador de espectros en el visible

Permite el estudio de los espectros de fuentes de luz, como por ejemplo: el sol, las velas, las bombillas y las lámparas en general (Ver Figura 20). Para esto sólo es necesario obtener una foto del espectro que se desea analizar, el cual se puede lograr sobreponiendo delante de la cámara una red de difracción, que podría ser un trozo de CD. Si se quiere, se puede construir un espectroscopio que permite hacer experimentos más refinados (en el sitio oficial de PhysicsSensor se documenta un diseño)

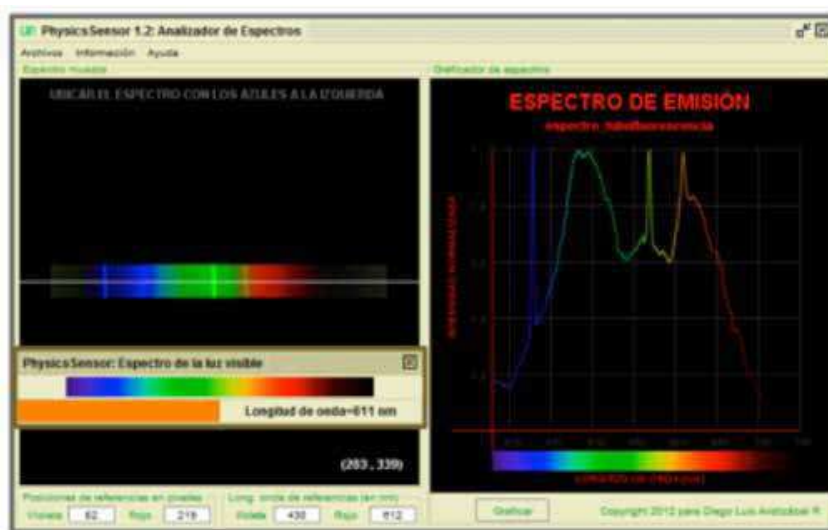


Figura 20. Analizador de espectros de PhysicsSensor



## Analizador de patrones de intensidades de luz

Permite el análisis del perfil de la distribución del patrón intensidades de luz que es proyectado en una pantalla. Es ideal para obtener el valor de las posiciones de los mínimos y máximos en los experimentos de difracción e interferencia de la luz, para lo cual sólo es necesario obtener una foto de este patrón y tener una referencia de longitud sobre la pantalla (ver Figura 21).



Figura 21. Analizador de patrones de intensidad de luz de PhysicsSensor.

## Visualizador de datos en tiempo real

Hace uso de la tarjeta de adquisición de datos ARDUINO y permite medir diferentes variables del ambiente mediante la adaptación de sensores, como por ejemplo, temperatura, campo magnético, luminosidad, etc., utilizando un mismo instrumento virtual. Tiene el valor agregado de visualizar en una gráfica los datos que va adquiriendo el sistema en el tiempo real y además grabarlos en un archivo de texto plano en caso de requerirse un análisis posterior (ver Figura 22).

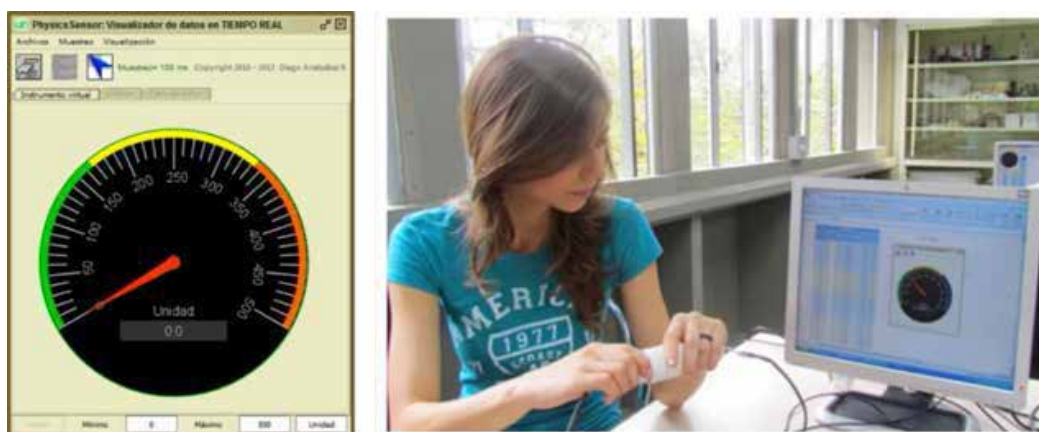


Figura 22. Visualizador de Datos en Tiempo Real de PhysicsSensor (izquierda). Un montaje (derecha).





Es necesario insistir en que una de las ventajas de PhysycsSensor es la posibilidad de ser implementada en cualquier institución educativa con costos mínimos. Además, los mismos estudiantes pueden construir la mayor parte de los equipos permitiendo experimentar bajo el concepto de “hágalo usted mismo”. En la Tabla 1 se hace un comparativo aproximado de los costos para ser implementada esta plataforma.

**Tabla 1.** Estimación de costos de implementación de la plataforma PhysicsSensor

PHYSICSENSOR: HARDWARE			
Instrumento	Función	Precio de construcción en dólares US	Precio estimado de instrumento similar comercial en Dólares
Fotocompuerta	Mide tiempos con apreciación de 23 $\mu$ s.	8	250
Amplificador de señales	Amplifica las señales que se obtienen de la tarjeta de sonido del PC.	20	150
Sonda de temperatura	Mide temperatura en tiempo real con períodos de muestreo de 100 ms y apreciación de 0,5 C.	3	50
Sonda de campo magnético: Gaussímetro	Mide inducción magnética con apreciación de 10 Gauss.	3	50

Instrumento	Función	Precio de construcción en dólares US	Precio estimado de instrumento similar comercial en Dólares
Luxómetro	Mide diferencia de potencial proporcional a la iluminancia. Es necesario calibrarla para realizar medida en lux.	3	50
Polarímetro	Mide la polarización lineal de la luz.	4	100
Polariscopio	Polariza la luz. Cambia el estado de polarización de la misma.	5	40
Distanciómetro ultrasónico	Mide distancias desde 3 cm hasta 6 m.	20	150
Distanciómetro infrarrojo	Mide distancias desde 1 cm hasta 50 cm.	20	150
Termógrafo	Mide la temperatura de objetos a distancia.	50	300
Oscilador mecánico	Fuente de oscilaciones mecánicas.	5	150
Tubo de Kundt	Equipo para experimentar con ondas sonoras estacionarias. Permite medir la velocidad del sonido.	5	150
Espectroscopio	Permite obtener espectros de absorción o emisión de la luz. La incertidumbre para un factor de cobertura de 2 se estima en 10 nm.	3	80



### 3. Resultados

#### Impacto de SimulPhysics

El impacto del uso de SimulPhysics sólo se ha observado de forma cualitativa mediante la gran aceptación por parte de los estudiantes, quienes expresan que a través de las simulaciones interactivas mejoran su comprensión sobre los temas. Adicionalmente, en los parciales algunos profesores les evalúan la asimilación de estas simulaciones, obteniéndose resultados aceptables aunque no se ha realizado un estudio riguroso sobre los efectos de este paquete en el aprendizaje de estos cursos. Sin embargo, sin duda alguna es una herramienta muy útil para la exposición de los contenidos por parte de los docentes.

#### Impacto de PhysicsSensor

A diferencia de SimulPhysics, PhysicsSensor si manifiesta claramente su impacto en los laboratorios. En el caso de la UNalmed, los laboratorios de Física Mecánica y Física de Ondas Óptica para ingeniería funcionan 100% con esta plataforma. Como dato interesante es que las medidas dan con muy baja incertidumbre y bajo porcentaje de error. En la Tabla 2 se da la información del máximo porcentaje de error que se les impuso como meta a los estudiantes en algunas de las prácticas de laboratorio realizadas en el semestre 01 de 2013, pero en la mayoría de los casos los resultados fueron mejores; en la tabla también se da la información del número de equipos de laboratorio (conformados cada uno por 2 estudiantes) que realizaron la práctica durante la misma semana y el hardware software de PhysicsSensor empleado.

**Tabla 2.** Información del uso de PhysicsSensor en los laboratorios de la UN durante el semestre 01-2013

Curso	Experimento	Hardware y Software de PhysicsSensor usado	Número de grupos de laboratorio	Máximo en el % de error
Física mecánica	Medida de la aceleración de la gravedad mediante caída libre	Fotocompuerta, sonoscopio, regresión cuadrática	312	0,5 %
	Medida de la aceleración en una máquina de Atwood	Fotocompuerta, sonoscopio, regresión cuadrática	312	4 %
	Movimiento parabólico: medida de la velocidad de lanzamiento.	Fotocompuerta, sonoscopio	312	5 %
	Conservación de la energía mecánica	Fotocompuerta, sonoscopio	312	2 %
	Colisión en dos dimensiones	Fotocompuerta, sonoscopio	312	2 %
	Movimiento pendular (péndulo simple): medida de la aceleración de la gravedad	Fotocompuerta, sonoscopio, regresión lineal	216	0,5 %
	Movimiento pendular	Fotocompuerta, sonoscopio, regresión	216	0,5 %

	(péndulo físico): medida de la aceleración de la gravedad y del radio de giro	lineal		
Física de Ondas-Óptica	Medida de la frecuencia de diapasones y otros sonidos armónicos.	Sonoscopio	216	0,5%
	Medida de la velocidad de propagación de las ondas transversales en una cuerda: método de las ondas estacionarias	Generador de señales, oscilador mecánico, amplificador de señales, regresión lineal	216	2%
	Medida de la velocidad del sonido en el aire: método de las ondas estacionarias	Generador de señales, sonómetro, tubo de Kundt	216	0,5%
	Verificación de la ley de Malus	Polarímetro, Visualizador de datos	216	Comparación de curva teórica y experimental (por superposición)
	Medida del espesor de un alambre o un cabello.	Analizador de intensidad de luz	216	1%
	Medida del espectro de una lámpara de sodio	Espectroscopio, analizador de espectros.	216	1%

### Impacto en el sistema educativo local

En los últimos 3 años se han capacitado unos 400 docentes de ciencias naturales y matemáticas de la educación básica y media en el uso y la implementación de PhysicsSensor, a través del curso denominado Taller Experimental de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales en la UNalmed, lo que ha llevado a ir impactando en el uso de estas tecnologías en los laboratorios de los colegios oficiales y privados esencialmente del Departamento de Antioquia.

#### 4. Software para dibujar moléculas

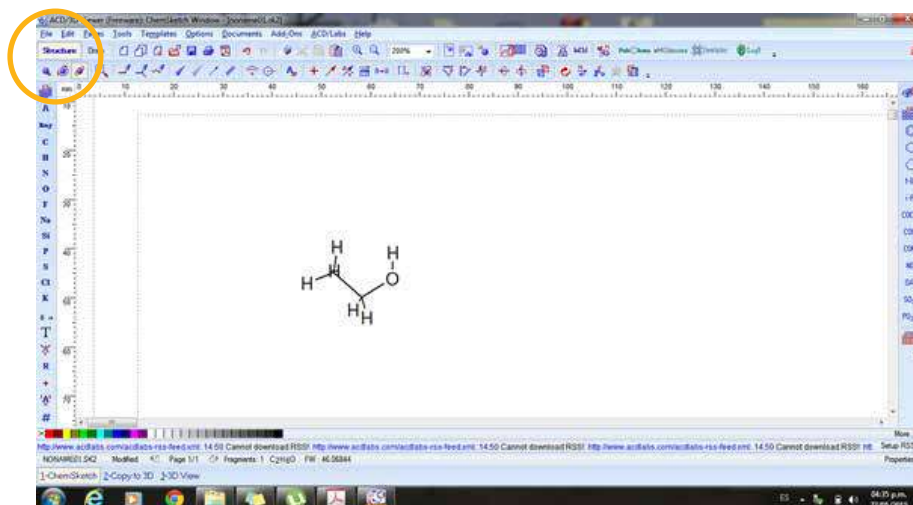
La enseñanza y el aprendizaje de la nomenclatura química se facilita bastante utilizando programas o aplicaciones de dibujo o diseño molecular como el Chemsketch de la empresa ACD/Labs que nos permite dibujar moléculas y reacciones orgánicas. Muy fácil de manejar, pues con un simple click, podemos ir construyendo desde la molécula más simple hasta la más compleja. Presenta en su interfaz un gran número de barras de herramientas para facilitarnos todo el proceso, entre las que encontramos gran cantidad de estructuras predefinidas, que nos facilitan el mismo.

Pero no terminan ahí las bondades de este excelente programa, pues con un simple click, convertimos la molécula recién dibujada, en una molécula en tres dimensiones, que observamos



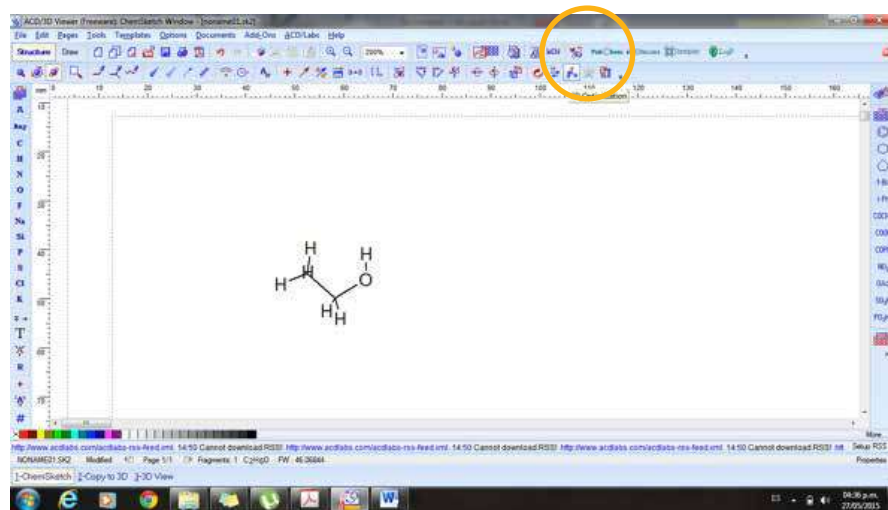


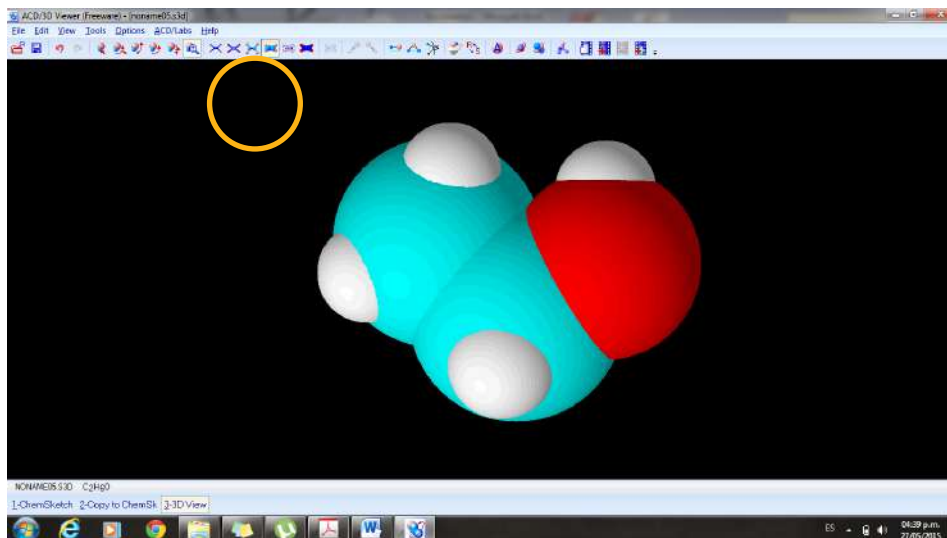
como si de un visor molecular se tratase. Otra ventaja es que nos permite exportar las moléculas creadas en varios formatos gráficos usuales: bmp, gif, tif, pcx, etc., lo que nos da pie a incorporarlas con gran facilidad a nuestro procesador de texto. A continuación se muestran capturas de pantalla del uso de esta aplicación:



Para construir las moléculas se hace clic sobre el campo de dibujo para pegar átomos de carbono (que aparece por defecto), para cambiar de elemento se hace clic en el ícono de tabla periódica que aparece en la columna de la izquierda (para cambiar a oxígeno por ejemplo). Posteriormente se hace clic en el botón de 3D Optimization como se ve en la figura siguiente. En este paso el programa calcula distancias de enlace y redibuja la estructura. A continuación se visualiza la molécula ya sea en esferas (balls) o como esferas y barras (ball and stick) y otros, para ello se hace clic en el botón 3D Viewer mostrado en la figura subsiguiente y entonces se muestra la molécula sobre un fondo negro.

Las estructuras diseñadas (en nuestro ejemplo es el etanol) se pueden modificar en tamaño y colores además se puede exportar como gráficos para utilizar en el procesador de textos.





### Conclusiones y recomendaciones

Las simulaciones interactivas como las de SimulPhysics son una gran herramienta que indudablemente ayudan a la comprensión de los conceptos involucrados en la enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales.

La inversión en los laboratorios de ciencias naturales para la enseñanza básica y primeros semestres universitarios no debe ser centrada en una millonaria inversión en equipos, sino en una adecuada capacitación de los docentes. Con PhysicsSensor se muestra como con una muy baja inversión y el uso de las NTIC se puede lograr excelentes resultados en las medidas en los laboratorios de ciencias naturales.

PhysicsSensor, desde la visión que tiene el grupo de profesores de la Escuela de Física de la UNal-med involucrado en este proyecto, ayudan a encaminar a los estudiantes hacia la apropiación y transferencia de tecnología bajo el concepto "hágalo usted mismo".

Se recomienda que los estudiantes se involucren en el diseño e implementación de los equipos de laboratorio, lo cual permitirá una mejor comprensión de los fenómenos que se analizan y adicionalmente, les fomenta la confianza para que sean artífices de una verdadera transferencia de conocimiento y tecnología.

PhysicsSensor es una plataforma que fue diseñada para ser implementada fácilmente en cualquier institución educativa por bajos recursos que tenga y por alejada de las capitales que se encuentren. Esto se facilita aún más con la estrategia del ministerio de las TIC en Colombia para aumentar la conectividad.

La aplicación Chemsketch es un freeware que permite dibujar estructuras moleculares y visualizarlas en diferentes tipos de estructuras, para descargar visitar el siguiente enlace:

<http://www.acdlabs.com/resources/freeware/chemsk2015.exe>



## 6. Referencias

**Arduino**, 2013. [En línea] Available at: /www.arduino.cc [Último acceso: 18 abril 2013].

**Aristizábal**, D., López, J. Ramírez, C. & Restrepo, R., 2005. "Enseñanza de la Física con Material Interactivo". Lección: Ondas Mecánicas. Revista Chilena de Educación Científica, 4(2), pp. 15-16.

**Aristizábal**, D. y otros, 2012. Enseñanza de las ciencias naturales usando las NTIC a través de la plataforma PHYSICSENSOR-ARDUINO. IX Taller Internacional de la Enseñanza de la Física y la Química y el II Taller de Enseñanza de las Ciencias Naturales, EFIQUI 2012, junio.

**Aristizábal**, D. & Restrepo, R., 2006. "Enseñanza de la Física con Material Interactivo". Tema: Oscilaciones.

Revista de Educación en Ciencias. 7, [1], pp. 18-20. ECURED, 2013. [En línea]

Available at: [www.ecured.cu/index.php/Laboratorio\\_virtual](http://www.ecured.cu/index.php/Laboratorio_virtual) [Último acceso: 18 abril 2013].

**Monge Nájera**, J., Rivas Rossi, M. & Mendéz Estrada, V., 2002. La evolución de los laboratorios virtuales durante una experiencia de cuatro años con estudiantes a distancia. [En línea]

Available at: [www.tropinature.com/cvitjmn/publications/educdist/labvirt/evollab4.pdf](http://www.tropinature.com/cvitjmn/publications/educdist/labvirt/evollab4.pdf) [Último acceso: 18 abril 2013].

**National Instruments**, 2003. La Instrumentación Virtual. [En línea] Available at: <http://www.tracnova.com/tracnova-pub/La%20Instrumentaci%F3n%20Virtual.pdf>

[Último acceso: 18 abril 2013]. Oracle, 2013. Java SE. [En línea]

Available at: [www.oracle.com/technetwork/es/java/javase/downloads/index.html](http://www.oracle.com/technetwork/es/java/javase/downloads/index.html) [Último acceso: 18 abril 2013].

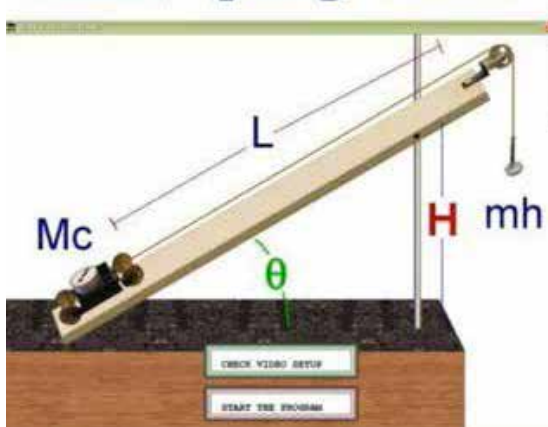
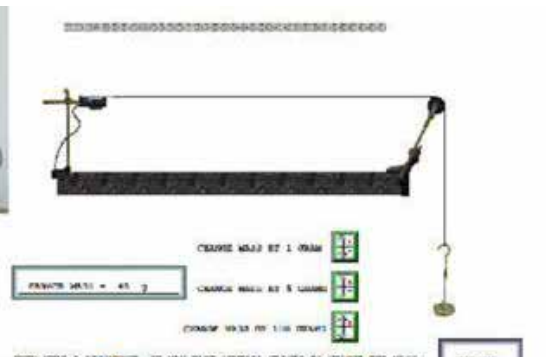
**UNESCO**, 1999. Informe de la reunión de expertos sobre laboratorios virtuales, organizada por el Instituto Internacional de Física Teórica y Aplicada (IITAP). [En línea] Available at: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001191/119102s.pdf>

[Último acceso: 24 Abril 2013].

### Actividad 2

Con las simulaciones interactivas adjuntas en el disco compacto, planificamos una sesión de clase en la que se utilice el laboratorio de informática de la Unidad Educativa (si es que no hubiera, plantear alternativas para su aplicación).







Simulaciones interactivas	Dirección electrónica para su descarga
Educaplus (física-química-biología)	<a href="http://educaplus.org/">http://educaplus.org/</a>
Phet (física-química-biología)	<a href="https://phet.colorado.edu/es/simulations/category/new">https://phet.colorado.edu/es/simulations/category/new</a>
700 applets de física-química	<a href="http://perso.wanadoo.es/oyederra/">http://perso.wanadoo.es/oyederra/</a>
Laboratorio de simulaciones físicas	<a href="http://www.saintmarys.edu/~rtarara/software.html">www.saintmarys.edu/~rtarara/software.html</a>
Simulaciones para la enseñanza de (física, química, biología)	<a href="http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/recursos/simulphysics/simul-physics_windows_32_bits_version_1.0.rar">http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/recursos/simulphysics/simul-physics_windows_32_bits_version_1.0.rar</a>

## II. Actividades de formación comunitaria

Lectura obligatoria común: Fernando Álvarez - Uria y Julia Varela “Arqueología de la Escuela” Las Ediciones de La Piqueta. Madrid. 1991.

Reunidos en sus respectivas CPTes después de haber leído la lectura obligatoria común, “Arqueología de la Escuela” reflexionamos colectivamente sobre el capítulo mencionado y, con el aporte de maestras y maestros tomamos uno o más temas o ideas de la lectura para apoyar nuestro proceso de Implementación del Modelo Educativo Sociocomunitario Productivo.

## III. Actividades de concreción educativa

De acuerdo a los ejemplos y ejercicios desarrollados en la sesión presencial aplicamos la problematización de los diferentes aspectos de nuestra realidad para fortalecer la **articulación del desarrollo curricular** y el **Proyecto Socioproductivo**<sup>36</sup> en los procesos educativos; estos procedimientos o actividades deben desarrollarse en el marco del desarrollo de nuestro Plan de Desarrollo Curricular; no necesitamos empezar de cero o realizar otra planificación adicional.

Es importante tomar en cuenta que este proceso debe ser llevado a cabo con la participación de las y los colegas de nuestro nivel (aunque no sean parte de nuestra CPTe)

Estas experiencias implementadas en nuestras aulas o procesos educativos son la base para realizar nuestro trabajo de sistematización.

<sup>36</sup>Recordemos que el “acontecimiento” se ha trabajado sólo con fines didácticos en el desarrollo de la Unidad de Formación 12; en nuestra práctica educativa maestras y maestros continuamos trabajando a través del Proyecto Socioproductivo (PSP).



## Momento 3

### Sesión presencial de socialización (4 horas)

Para la socialización presentaremos el producto de la Unidad de Formación No. 12.

#### Producto de la Unidad de Formación

Presentación de documento: 1er. Borrador del acápite “Comparación, análisis e interpretación colectiva de la experiencia de transformación de las prácticas educativas”.

Registro de Procesos educativos desarrollados a partir de la implementación de los Planes de Desarrollo Curricular.

**Nota:** para la elaboración del presente producto debe quedar claro que la “comparación, análisis e interpretación colectiva”:

- En qué consiste y cómo se redacta el contenido de este apartado; si bien estos elementos en la redacción del documento están interrelacionados o integrados, con fines de comprensión y ayuda es necesario aclarar en qué consiste y cómo se realiza –en la redacción del documento– la comparación, el análisis y la interpretación colectiva.
- Debe quedar claro que para la redacción de los apartados del Trabajo Final de Sistematización necesitamos volver y/o mirar una y otra vez nuestra práctica educativa que desarrollamos diariamente. Este ejercicio de mirar nuestra práctica una y otra vez, nos aportará muchas luces para la comparación, análisis e interpretación colectiva.
- Si estamos claros cómo hemos desarrollado la metodología (práctica, teoría, valoración y producción), el desarrollo y evaluación de las dimensiones (ser, saber, hacer y decidir), la articulación del desarrollo curricular y el PSP, los sentidos de los campos, los ejes articuladores y los otros elementos curriculares del Modelo Educativo Sociocomunitario Productivo, será más sencillo redactar nuestro Trabajo de Sistematización; por esto es importante reflexionar sobre estos elementos desde la misma práctica de aula o proceso educativo.

#### Bibliografía

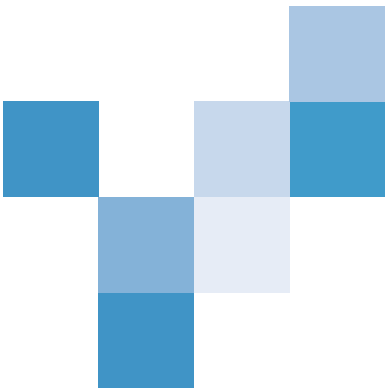
- **Asitizábal**, Diego, y otros. «Uso de las NTIC para apoyar la enseñanza de la física básica para ingenieros: experiencia en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.» Medellín, 2013. Digital. <<http://www.virtualeduca.info/ponencias2013/272/nticfisicauniversidadnacionalcolombiamedellin.pdf>>.
- **Bennett**, Clarence. Física sin matemática. México: Compañía Editorial Continental S.A., 1995.
- **Ministerio de Educación**. Currículo Base del Sistema Educativo Plurinacional. La Paz, 2013. 22 de 4 de 2014. <[http://www.minedu.gob.bo/files/Doss2\\_6\\_Curriculo\\_Base\\_SEP.pdf](http://www.minedu.gob.bo/files/Doss2_6_Curriculo_Base_SEP.pdf)>.





- **Unidad de formación 1:** Modelo Educativo Sociocomunitario Productivo. Segunda. La Paz: PROFOCOM, 2013. 22 de 4 de 2014. <<http://profocom.minedu.gob.bo/index.php/material/descargarMatPar/1>>.
- **Unidad de formación 2:** Estructura curricular y sus elementos en la diversidad. La Paz: PROFOCOM, 2013. 22 de 4 de 2014. <<http://profocom.minedu.gob.bo/index.php/material/descargarMatPar/2>>.
- **Unidad de formación 3:** Estrategias de desarrollo curricular socioproductivo. La Paz: PROFOCOM, 2013. 22 de 4 de 2014. <<http://profocom.minedu.gob.bo/index.php/material/descargarMatPar/3>>.
- **Unidad de formación 5:** Estrategias metodológicas para el desarrollo curricular. La Paz: PROFOCOM, 2013. <<http://profocom.minedu.gob.bo/index.php/material/descargarMatPar/5>>.
- **Unidad de formación 6:** Producción de Materiales Educativos. La Paz: PROFOCOM, 2014. 22 de 4 de 2014. <<http://profocom.minedu.gob.bo/index.php/material/descargarMatPar/7>>.
- **Peral, Irineo.** Primer curso de ecuaciones en derivadas parciales. 2da. Madrid, 2004. 2 de mayo de 2014. <[http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/ireneo/libro.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/ireneo/libro.pdf)>.
- **Ponce, Víctor.** «La comprensión de los fenómenos físicos en alumnos del bachillerato.» Sinéctica 11 (1997). <[http://portal.iteso.mx/portal/page/portal/Sinectica/Historico/Numeros\\_anteriores03/011/Ponce%20Victor%20M.%2011.pdf](http://portal.iteso.mx/portal/page/portal/Sinectica/Historico/Numeros_anteriores03/011/Ponce%20Victor%20M.%2011.pdf)>.
- **Rivera, Alicia.** «Nobeldequímica 2013, parainformáticosquesimulaninclusoprocesosbiológicos.» El país 9 de 10 de 2013. <[http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/10/09/actualidad/1381313884\\_234389.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/10/09/actualidad/1381313884_234389.html)>.
- **Saintout, Florencia y Andrea Varela.** «Comunicación y gobiernos populares en América Latina.» Cuadernos del pensamiento crítico latinoamericano 10 (2014). Digital. 20 de 4 de 2014. <<http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20140318040525/CuadernoCLACSO10SegEpoca.pdf>>.









*“Juntos Implementamos el Currículo  
e Impulsamos la Revolución Educativa”*

