

---

## LAS APLICACIONES SOCIALES DE LA FÍSICA EN LA ENSEÑANZA<sup>12</sup>

---

*Marco Antonio Martínez Negrete*  
*S. Alberto Labiano C.*  
*Miguel Ángel Ortíz*  
Grupo de Energética  
Facultad de Ciencias  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México – México

*La exposición de los estudiantes de licenciatura en física a situaciones en que pueden aplicar socialmente sus conocimientos y los de otras disciplinas afines (como química, ingeniería, biología y matemáticas) pueden tener las siguientes repercusiones:*

*1. Profundizar la comprensión de las teorías físicas que se aplican, en un contexto en que la relevancia de los resultados son evaluados por los sujetos sociales demandantes.*

*2. Hacer conciencia de la importancia del llamado “método científico”, cuando es posible confrontar las predicciones experimentales de una teoría con las experiencias físicas de una situación aplicativa concreta.*

*3. Acercar a los estudiantes (y aún a los maestros) a las aplicaciones de la física en circunstancias que pueden demostrar relevancia social y, por tanto, elevar el sentimiento de autoestima personal y gremial.*

*4. Mostrar el potencial de la física en la solución de problemas “reales”, haciendo ver explícita la necesidad de generalizar el caso aplicativo particular hacia la consolidación de la cadena Ciencia-Técnica-Aplicación (hoy desvinculada) en un nivel nacional.*

*5. Reflexionar sobre los componentes de las rutas críticas más eficaces que pueden llevar al físico a la aplicación social (generalizada) de su ciencia. Eventualmente, convertir al estudiante en un futuro físico amante de la ciencia no sólo por sí misma sino también por sus aplicaciones.*

*Se describen algunas experiencias aplicativas:*

*a. Construcción de dispositivos energéticos en el aula; determinación del potencial de ahorro energético por iluminación; cálculo de eficiencias de primera y segunda ley en el hogar.*

---

<sup>1</sup> Trabajo presentado en la V Reunión Latinoamericana sobre Educación en Física, Porto Alegre (Gramado), Brasil, 24 a 28 de agosto de 1992.

<sup>2</sup> Artículo revisado por Philippe Humblé (Depto. de Língua e Literatura Estrangeiras – UFSC).

*b. Participación en los debates sobre: la nucleoelectricidad en México; el dilema energético nacional las armas nucleares; problemas ambientales.*

*c. Servicio social prestado en la comunidad rural La Guacamaya, estado de Michoacán, por estudiantes de física, matemáticas, biología y actuaría.*

*d. Proyecto de adaptación de tecnologías, llamadas “apropiadas”, en el pueblo rural de Cheranástico, estado de Michoacán.*

## **I. Introducción**

La investigación y la docencia en física, al igual que en cualquier otra disciplina científica, no son nada más un fin en sí mismas, puesto que han surgido históricamente ligadas a actividades de sobrevivencia y producción. Conforme el impacto social de sus aplicaciones ha aumentado, sobre todo en los países muy industrializados, los llamados “centrales”, como para considerar a la física una auténtica fuerza de producción económica, resulta obligado reflexionar sobre las vinculaciones entre investigación y docencia de la física, por un lado, y sus aplicaciones sociales, por otra.

Se trata de ver si es posible una docencia de la física en la que sean compatibles los aspectos de “actividad por sí misma”, con los de sus implicaciones sociales y, habría que agregar, las repercusiones ecológicas (debido a la intromisión la dimensión ambiental en cualquier proyecto productivo).

En el Grupo de Energética (GEN) de la Facultad de Ciencias (FC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) hemos realizado algunos proyectos modestos, enmarcados en los lineamientos anteriores, desde principios de la década de los 80's. Se trata de proyectos con temática que abarca desde el diseño de escenarios energéticos ecológicamente más adecuados para el país y para algunas comunidades rurales, hasta el diseño, construcción y aplicación social de dispositivos técnicos que transformen más eficientemente los recursos (en particular, la energía).

Una constante en los proyectos ha sido la participación prioritaria de estudiantes de las licenciaturas de física, biología, matemáticas y actuaría, de la FC de la UNAM, y aún de otras facultades como Ingeniería. En este sentido, se enfrentan y analizan problemas comunes a la multidisciplina.

Describiremos sucintamente las acciones realizadas por el GEN desde principios de la década anterior, y sus repercusiones en investigación, docencia y difusión de la ciencia, particularmente en física. Después presentamos una elaboración teórica de las experiencias emprendidas, con el fin de determinar sus alcances y limitaciones previsibles, en el contexto de nuestra realidad socioeconómica general (del país) y particular (FC).

## **II. Las aplicaciones sociales de la física y la enseñanza**

La mayoría de las experiencias fueron conducidas con estudiantes de los cursos en que se enseña termodinámica. De hecho, uno de los autores (M. Martínez) ha diseñado el curso de termodinámica que normalmente imparte, siguiendo los lineamientos expuestos hasta aquí.

### **II.1 Construcción de dispositivos en el aula**

En Física Clásica II (Calor, Ondas y Fluídos). Este curso se imparte en el tercer semestre de la carrera de física, y consta de actividades teóricas y de laboratorio (normalmente separadas espacial y temporalmente). Se planteó a alumnos de varias generaciones la construcción de aparatos para medir: velocidad del viento, precipitación pluvial, temperatura, presión, conversión de trabajo en calor, eficiencias de utilización.

En Física Teórica II (Termodinámica). El curso se imparte en el quinto semestre y no cuenta curricularmente con actividad de laboratorio. Se construyó, en el laboratorio de Física Clásica II una estufa de lorena (hecha de iodo y arena, a fuego cerrado), para quemar más eficientemente leña y otros combustibles vegetales. El objeto era aprender a construir el dispositivo, medir su eficiencia termodinámica, para luego difundirlo en algunas comunidades rurales.

### **II.2 Ahorro energético en iluminación**

El ahorro de combustóleo en iluminación se puso como problema a los alumnos de varios cursos de Física Teórica II. Se determinó la cantidad de combustóleo equivalente que por hora consume una lámpara de neón de 34 W; a partir de este dato se modeló la máxima cantidad ahorrable en el consumo de combustóleo en una planta térmica típica mexicana, tomando en cuenta el cambio de hábitos de iluminación, así como la introducción de dispositivos más eficientes. Las propuestas de cambio derivadas fueron sometidas a las autoridades, todavía sin resultados aparentes. Pero las expectativas de aplicación crecen a partir de la formación del plan de ahorro energético que a nivel oficial han emprendido recientemente las autoridades centrales de la UNAM.

### **II.3 Potencia animal y humana**

A alumnos de un curso de Física Clásica II se les pidió que determinaran la potencia de algún animal de carga, y de un humano adulto, en condiciones reales de trabajo agrícola. Varios alumnos se trasladaron en el período vacacional a sus lugares de origen para hacer las pruebas en condiciones reales. Esencialmente reprodujeron el procedimiento de Watt para calcular la potencia animal. Los valores obtenidos se compararon con los valores registrados en los balances nacionales de energía, notándose las discrepancias. En otro curso los estudiantes calcularon el gasto energético de personas con ocupaciones distintas (campesinos, estudiantes, etc.).

## **II.4 Eficiencias en el transporte de personas**

Estudiantes de Física Teórica II estimaron las eficiencias comparativas de varios medios de transporte de personas (metro, autobús, automóvil, bicicleta, caminado) en la Ciudad de México. Se pudieron formular modelos analíticos, pero no se pudo llegar a conclusiones relevantes debido a la falta de datos estadísticos confiables.

## **II.5 Eficiencia energética en el hogar**

En Física Teórica II se determinaron eficiencias de primera ley de la termodinámica (para dispositivos: lámparas de iluminación, estufas de gas y eléctricas, refrigeradores, bombas de agua, licuadoras, planchas, ventiladores, etc.), y eficiencias de segunda ley de la termodinámica (para tareas específicas: cocción de alimentos, iluminación, aseo personal y de la casa, distracción, etc.). Se hizo una primera clasificación matricial de calidad energética de fuentes y tareas, y una estimación del potencial de ahorro energético en la casa.

## **II.6 Servicio social en una comunidad rural**

Este proyecto, que duró de 1983 a 1985, se desarrolló con una veintena de estudiantes de las carreras de física, matemáticas, biología y actuaría de la FC e Ingeniería de la UNAM. El trabajo desempeñado por los estudiantes en los distintos subproyectos les permitió cumplir con su trámite de servicio social (que es un requisito para obtener el grado de licenciatura en la carrera respectiva). El objetivo general del proyecto fue la adaptación de tecnologías apropiadas en la comunidad rural La Guacamaya. El poblado cuenta con unas 40 familias, y está situado en una zona de bosque templado en la sierra occidental del estado de Michoacán.

Los subproyectos implicaron el análisis de los recursos de la comunidad (bosque, viento, sol, suelo, agua, etc). Se modeló el balance de energía de la comunidad; se construyeron dispositivos para la mejor utilización de la leña en la cocción de alimentos calentamiento de agua e iluminación habitacional. Se desarrollaron huertos familiares y letrinas.

## **II.7 Adaptación de tecnologías apropiadas en la Comunidad rural de Cheranástico**

De La Guacamaya el GEN se trasladó a la comunidad indígena purépecha de Cheranástico, a petición de un grupo activo de pobladores (GAP), con el objeto de desarrollar tecnologías apropiadas. El pueblo tiene alrededor de 2.400 habitantes, y está situado en una zona boscosa de pinos y encinos muy perturbada. El proyecto se inició en 1985, con apoyo económico directo de la Rectoría de la UNAM, y del Instituto Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IIID) del gobierno del Canadá. En el proyecto participó un subconjunto de los estudiantes

que habían prestado su servicio social en La Guacamaya. Algunos de ellos lograron elaborar sus tesis de licenciatura y maestría en biología y física, y aún publicar libros alrededor de los temas del proyecto.

Las experiencias previas, los contactos establecidos y la ampliación informativa de lo que se realiza similarmente en otras partes del mundo, permitieron formular el proyecto alrededor de la noción de tecnologías apropiadas (TA). Por estas se entienden las que: 1) son ecológicamente adecuadas (apropiadas), 2) están diseñadas para satisfacer los requerimientos de los más necesitados, 3) son controladas por los mismos usuarios, 4) son compatibles con las prácticas sostenibles de las culturas locales, y promueven la sustitución de las prácticas insostenibles en el manejo del ambiente y las relaciones sociales.

El proyecto se planteó como una participación entre el GEN, el GAP y la comunidad en su conjunto, a través de la representación por asamblea general, en cuyo seno se discutió el proyecto general desde un principio. El trabajo se concibió en tres momentos simultáneos, encaminados a responder las siguientes preguntas: i) qué recursos se procesan por la comunidad? para qué tareas y de qué manera se procesan? quiénes procesan los recursos?, ii) con qué recursos (agotables e inagotables) cuentan la comunidad y su región?, iii) cuáles son las TA que hay que desarrollar para satisfacer las necesidades identificadas en i, con los recursos inagotables estimados en ii?

El momento iii se inició de inmediato con la difusión de estufas de lorena, filtros de agua, huertos familiares, aljibes, parcelas experimentales para agricultura orgánica, molino de barro, apisonadora de tabiques de tierra, etc. Muchos de estos dispositivos y experimentos fueron y están siendo realizados en conjunto con varios inventores locales, actualmente en el edificio (todavía en construcción) del Centro Regional de Tecnologías Apropiadas (CRETA). Este laboratorio ha sido construido en un terreno de la comunidad, con apoyo económico del IIID y mano de obra local. El funcionamiento del CRETA permite la difusión regional de TA; así, se ha solicitado de comunidades purépechas vecinas a Cheranástico la construcción de estufas lorenas. Otra de las funciones primordiales del CRETA es servir de puente entre las comunidades rurales y las instituciones de investigación y docencia universitarias.

Los momentos i y ii han permitido conocer la diferenciación social en cuanto al acceso a los recursos y su utilización real. Se pudo determinar el balance energético y exergético del pueblo, siendo de 17% y 6% las eficiencias de primera y segunda ley de la termodinámica. Se evaluó el potencial de ahorro energético y de otros recursos. Para el bosque pudo precisarse la agotabilidad de su utilización.

## **II.8 Debate nuclear**

Uno de los autores (M. Martínez) impartió cerca de 400 conferencias sobre la nucleoelectricidad en México (concretamente sobre la planta nuclear de

Laguna Verde) a partir de mayo de 1986, muchas de ellas a estudiantes de enseñanza media superior y superior. El tema se ligó normalmente con los conceptos de física pertinentes, los problemas de la dependencia científica y tecnológica, la relevancia de la ciencia y la técnica en la sociedad, etc.

Dos debates fueron importantes. El primero en 1979-1980 sobre la conveniencia de construir un centro experimental de reactores en las riberas del Lago de Pátzcuaro (que es una cuenca cerrada) en el estado de Michoacán; y el segundo a partir de 1986 en conexión con la construcción de la planta nuclear de Laguna Verde de 1308 MW (iniciada en 1966) en el estado de Veracruz. El primer debate dio como resultado la cancelación del proyecto, en tanto que el segundo todavía no termina.

### **III. Marco teórico**

En países como México, Brasil, etc., la ciencia puede tener un papel relevante en el análisis de las condiciones del desarrollo económico y, en la situación actual de preocupación por la naturaleza, en el diseño de alternativas de escape a los dañinos impactos de las actividades productivas actuales, que parecen ser irreversibles. Con las experiencias expuestas, en las que mediante un esfuerzo consciente ponemos a los estudiantes de física (y aún de otras carreras) ante situaciones concretas de aplicabilidad de sus conocimientos, esperamos lograr las cinco repercusiones detalladas en el RESUMEN de la presente exposición.

No se ha llevado a cabo, sin embargo, un seguimiento exhaustivo del impacto situacional en cada estudiante que participó en las experiencias descritas, simplemente por falta de medios, métodos y tiempo. Pero de la descripción expuesta pueden detectarse las trayectorias de varios estudiantes, algunos de los cuales han seguido hacia estudios de doctorado sobre temas afines en universidades nacionales y extranjeras, otros se han dedicado a formar organizaciones no gubernamentales (ONG's) de trabajo rural, y otros más han encontrado rutas académicas más acordes con sus inquietudes sociales emergentes.

### **IV. Publicaciones y propuestas resultantes**

M. Martínez, Funcionan en Tlaxcala una docena de Conjuntos Ecológicos Autosuficientes, diario El Día, México, (8 de diciembre de 1983).

M. Martínez, J. Cervantes, O. Maserá and F. Shutz, End-use oriented strategies for México. (Trabalho de 206 páginas presentado en el Global Workshop on End-use Oriented Energy Strategies, June 4-15, 1984, São Paulo, Brasil. Por publicarse.

O. Maserá, Estudio de las necesidades energéticas en comunidades rurales: el método exergético, tesis de licenciatura en física, Facultad de Ciencias, UNAM, México (1986).

C. Sheinbaum, Estudio termodinámico de una estufa doméstica de leña para uso rural, tesis de licenciatura en física, Facultad de Ciencias, UNAM, México (1988).

R. Almeida, Análisis calorimétrico de cinco especies vegetales que se utilizan como leña, tesis de licenciatura en biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México (1990).

O. Masera, Crisis y mecanización de la agricultura campesina, El Colegio de México, México (1990).

GEN, Energy Use Patterns and Social Differences: A Mexican Village Case Study, Manuscript Report 215e, International Development Research Centre, Canada (1989).

Grupo 3052 de Física Teórica II (Termodinámica), Propuesta de ahorro energético por iluminación, Consejo Técnico de la Facultad de Ciencias, UNAM, México (28 de febrero de 1992).

M. Martínez, Ciencia y tecnología para una comunidad rural, Revista Mexicana de Física, Vol. 38, N. 4, México, (agosto de 1992).

M. Martínez, Los físicos y la aplicación social de la ciencia. En preparación.

M. Martínez, Notas de Termodinámica, en proceso.

## V. Agradecimientos

Se agradece la ayuda en cómputo de César Zepeda.

## Referencias Bibliográficas

SOCLOW, R. et al. Efficient use of energy: a physics perspective. **Am. Phys. Soc.**, New York, 1975.

ROBINSON, J. **Appropriate technologies for third world development.** London, 1979. Publicado en español como Tecnologías apropiadas para el desarrollo del tercer mundo. México: Fondo de Cultura Económica, 1980.

REDDY, A. R. N.; SUBRAMANIAN, D. K. The design of rural energy centres. In: **Rural technology.** New Delhi: Indian Acad. Sci., 1980.

WALL, G. **Energy – a useful concept.** 1986. Doctoral thesis – Chalmers University of Technology, Goteborg, Suecia.

GOLDEMBERG, J.; JOHANSSON, T. B.; REDDY, A. K. N.; WILLIAMS, R. H. **Energy for a sustainable world.** USA: World Resources Institute, 1987.

PEÑA, L. de la. Conocimiento científico y modernización del país: un punto de vista desde la investigación científica. In: AZVELA, A. (Coord.) **Universidad Nacional y Cultura.** México: CIIH-UNAM, Porrúa, 1990.