



VERSIÓN PARA AMÉRICA LATINA DEL PROGRAMA “MÓDULOS EL MUNDO DE LOS MATERIALES” (MATERIALS WORLD MODULES)

Luis E. Fuentes-Cobas, Francisco Espinosa-Magaña, Roberto Martínez-Sánchez,
María E. Montero-Cabrera, Antonino Pérez-Hernández, Armando Zaragoza-Contreras,
Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), Chihuahua, Chih., México

Robert. P. H. Chang, Matthew Hsu
Northwestern University, Evanston, Il, USA

Salomón Maloof-Arzola, Víctor H. López-de Lara-Chávez
Secretaría de Educación y Cultura (SEC). Estado de Chihuahua, México

Resumen

Se reporta la traducción al español, la adaptación e implementación del Programa Módulos El Mundo de los Materiales. Este programa ha sido creado en Northwestern University por un grupo multidisciplinario dirigido por el Prof. RPH Chang. Está dirigido a educación media superior y su objetivo es reforzar los conocimientos y la motivación en ciencias básicas. Se describe el entrenamiento de maestros en la metodología de los Módulos, la fabricación de los materiales experimentales a utilizar, el trabajo con estudiantes y la difusión del Programa en México. Se presentan estadísticas relativas al crecimiento del proyecto, así como a la ganancia de conocimientos de los estudiantes.

Introducción

El mercado de la tecnología es hoy el escenario donde se definen los países líderes de nuestro mundo globalizado. Y el recurso principal que existe para vencer en esta competencia es el conocimiento científico.

El principal motor de la ciencia hoy, a escala mundial, son los Estados Unidos de América (EUA). Aproximadamente un tercio de la inversión mundial en ciencia se ejerce hoy en ese país. Pero el reto de otros países, especialmente China, es muy importante. La Tabla 1, preparada con datos dados por [Norris](#) (2010), muestra claramente que somos testigos del momento en que China alcanza a EUA en algunos indicadores claves de la actividad científica.



Tabla 1: Algunos Indicadores de la Actividad Científica en EUA y China.

Indicador (miles de personas)	Año 1997		Año 2007	
	EUA	China	EUA	China
Investigadores	1,100	600	1,500	1,500
Graduados a nivel licenciatura (B. Sc.) en Ciencias e Ingenierías	200	240	250	800
Doctorados en Ciencias e Ingenierías	20	5	23	~ 25

Para EUA, el desarrollar programas ambiciosos en investigación-desarrollo-innovación es una cuestión vital. Ejemplo de tales acciones a nivel de nación es la llamada [Iniciativa Nacional de Nanotecnología](#), a la cual se dedican alrededor de 2 billones de dólares al año.

A largo plazo, la educación científica, comenzando en los niveles básico y pre-universitario, definirá si el esfuerzo en ciencia fructifica o no. El Proyecto [Módulos El Mundo de los Materiales](#) (MWM, por sus siglas en inglés) conforma uno de los principales programas de educación científica patrocinados por la [Fundación Nacional para la Ciencia](#) (NSF). El programa MWM ha sido creado en [Northwestern University](#) (NU) por un grupo multidisciplinario dirigido por el Prof. RPH Chang. El proyecto nació en el año 1994, cuando se recibió el apoyo inicial por parte de la NSF. Se trata de un sistema modular orientado a enseñanza pre-universitaria. Se aplica en planteles de prácticamente todos los estados de la Unión Americana y ha probado en la práctica conducir a incrementos significativos en el aprovechamiento y la motivación de los estudiantes en relación con materias de ciencias naturales y matemáticas. (Ver la sección "[Assessing Learning](#)" en la página web del Programa MWM)

¿Se requieren programas del tipo MWM en América Latina (AL)?

No menos que en EUA. La Tabla 2 (OECD, 2008) muestra las balanzas de pagos tecnológicas de algunos países (Asia, EUA, la parte relativamente "débil" de Europa y México como representación relativamente "fuerte" de AL). El contraste es dramático.



Tabla 2: Balanza de pagos tecnológica. Países seleccionados, 2006.

País	Ingresos	Egresos	Cobertura
Japón	20,448.8	6,065.3	3.37
E.U.A.	75,380.0	35,479.0	2.12
Portugal	737.0	909.6	0.81
México	69.5	1,848.0	0.04

El camino hacia el bienestar social es imposible sin una estrategia donde la educación científica reciba un apoyo significativo, técnicamente sólido y sostenido en el tiempo.

En este artículo se reporta la traducción al español, la adaptación e implementación del Programa MWM para países de cultura iberoamericana. Se describe el entrenamiento de maestros de nivel bachillerato en la metodología MWM, la fabricación de los materiales experimentales a utilizar, el trabajo con estudiantes y la difusión del Programa en México.

Análisis histórico

El problema de la falta de motivación por las ciencias y las ingenierías es crónico en AL. Igualmente histórico y actual es el problema de los altos índices de deserción asociados a la falta de asimilación en matemáticas y ciencias naturales. Tomamos nuevamente el caso de México como ilustrativo. La Tabla 3 (CONACYT, 2008) representa la distribución de graduados de nivel superior en México en el año 2007. Todos los reportes CONACYT de los últimos 15 años muestran la misma tendencia: más de la mitad de los estudiantes universitarios mexicanos evitan las carreras de ciencias e ingenierías. Con tales distribuciones es imposible vencer el retraso técnico-económico.

Tabla 3: Graduados de nivel superior en México 2007

CAMPO DEL CONOCIMIENTO	MILES DE PERSONAS	
Ciencias naturales y exactas	190.4	1390.5
Ingeniería y tecnología.	608.3	
Ciencias de la salud	484.1	
Ciencias agropecuarias	107.7	
Ciencias sociales	1,835.5	1949.6
Humanidades y otros	118.1	



La Figura 1 representa otro elemento de nuestro escenario: la estructura “feudal” de la distribución de conocimiento científico-tecnológico. Las universidades y los centros de investigación forman el castillo donde el nivel académico es alto (en determinados centros es de nivel internacional). La industria nacional, como regla, no forma parte de la vanguardia tecnológica internacional. No es raro encontrar producciones artesanales, contaminantes del medio ambiente y obsoletas. Esta asimetría ha generado el importante movimiento hacia la *Vinculación Academia-Innovación Tecnológica* que se vive hoy en algunos países de AL. Pensando a futuro, el punto crítico de esta estructura se encuentra en los **niveles básico y secundario de la educación**, los eslabones más débiles de la cadena. Es desafortunadamente frecuente que en la escuela primaria, en la secundaria o en la preparatoria del mismo barrio que la universidad los maestros no dominen la materia que explican.



Figura 1: Distribución feudal de la riqueza de conocimientos

Esta grave asimetría es una de las razones para la existencia del Proyecto MWM-México. Un concepto básico que ha motivado a los autores a generar e impulsar el Programa Módulos El Mundo de los Materiales es que la Academia, además de la *Vinculación con la Innovación Tecnológica*, puede y debe reforzar significativamente la *Vinculación con la Educación Básica*.

Marco conceptual y teórico

Una clara tendencia de la ciencia contemporánea es la interdisciplinaridad. Los problemas más candentes de la ciencia y la tecnología actuales no son *de física, de biología o de matemáticas*. Los desarrollos más importantes en la frontera del conocimiento tienen lugar en campos como la Biofísica, los Sistemas Micro- / Nano- Electromecánicos (MEMS / NEMS) y la Ciencia de Materiales. Las modernas disciplinas mencionadas rompen las barreras clásicas entre las ciencias



tradicionales, permiten al hombre alcanzar un nivel cualitativamente superior de comprensión y dominio de la naturaleza y dan lugar a aplicaciones cada día más audaces.

La Ciencia de Materiales es un campo interdisciplinario que investiga las propiedades de la materia y su relación con la composición química, la estructura y el proceso de obtención. Algunas de las infinitas preguntas que investiga la Ciencia de Materiales son: ¿Por qué un acero puede ser inoxidable? ¿Cómo funciona una celda solar? ¿De qué está hecha una fibra muscular y por qué se contrae? ¿Cómo crear un superconductor de temperatura ambiente? Todo objeto está hecho de algún material, desde nuestro cuerpo hasta las letras de este artículo. La Ciencia de Materiales interviene desde el diseño de una medicina hasta en la fabricación de un nano-robot.

El reto asumido por el grupo del Prof. Chang ha sido el de integrar en un paquete educativo las tendencias actuales de las llamadas “ciencias duras” (hoy día integradas en la *Ciencia de Materiales*) con el estado del arte en las *Ciencias de la Educación*.

Los Módulos incorporan las ideas básicas del constructivismo de Piaget (1950, 2003) y del aprendizaje significativo de Ausubel (1969, 1963, 1978). Cada Módulo comienza por las llamadas “Actividades”, que toman entre 8 y 10 horas lectivas y concluye con un “Proyecto de Diseño”, de unas 4 - 6 horas. Todo el trabajo se basa en experimentos científicos y/o tecnológicos. El maestro no expone, sino que dirige las investigaciones que realizan los estudiantes. Los estudiantes predicen, observan, experimentan, leen, calculan, exponen, discuten, diseñan, rediseñan, arman, desarman, juegan, pasan por momentos de confusión y finalmente -por medio de su trabajo colaborativo- descubren verdades de la naturaleza y aprenden a transformar el mundo para bien. En la búsqueda de la verdad por medio del experimento, el razonamiento y la discusión, los estudiantes se enfrentan a la necesidad de ajustar y/o reacomodar sus representaciones iniciales. Ellos descubren por sí mismos que la ciencia no es acumular un conocimiento nuevo sobre los que ya se poseía, sino que el aprendizaje es un proceso dialéctico de remover (en ocasiones dramáticamente) el modelo anterior y cambiarlo por uno nuevo más abarcador.

Tanto las Actividades como los Proyectos se desarrollan por trabajo colaborativo de los alumnos. Un estudiante cambia el modo de pensar de otro y viceversa. Este estilo resalta y aprovecha la naturaleza social del aprendizaje, una de las tesis principales de Vygotsky (1978, 1997).

Los Módulos trabajan en grupos de 20-25 estudiantes, con dos o tres maestros por grupo. Los objetivos éticos, epistemológicos, y conductuales (Gagné 1971, 1987, 1993) de los maestros para sus estudiantes, igual que las llamadas inteligencias múltiples (Gardner 1998, 2002, 2003) pueden ser atendidos de manera personalizada.

El programa MWM conforma la intersección de las vanguardias en investigación-tecnología y en educación. La Figura 2 representa esta intersección.

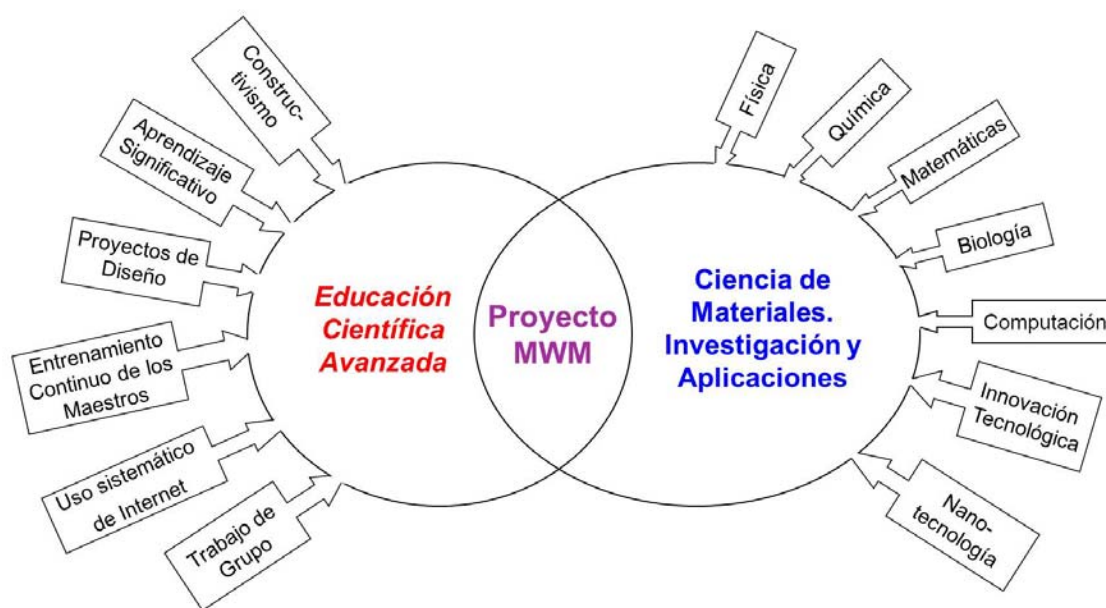


Figura 2: El Proyecto MWM define la intersección de las tendencias actuales en investigación-desarrollo multidisciplinario con la educación científica.

Objetivos

- Introducir en el estado de Chihuahua el Programa MWM. En este objetivo general se consideran los siguientes objetivos particulares:
 - Sensibilizar a las autoridades docentes para el desarrollo del Programa. Obtener su soporte económico y organizativo.
 - Traducir al español los manuales del maestro y de los alumnos.
 - Captar y entrenar la cantidad necesaria de maestros.
 - Asimilar la fabricación de los paquetes (“kits”) experimentales necesarios para la ejecución de los Módulos.
 - Divulgar el programa en la masa estudiantil y captar alumnos.
 - Asesorar, controlar calidad y en general atender a los maestros que imparten los MWM.
- Difundir entre las autoridades docentes de México y AL el Programa MWM. Promover la introducción de los Módulos en otros Estados y países iberoamericanos.



Metodología y organización

Creación del grupo de trabajo CIMAV-NU-SEC

La idea del Proyecto MWM-México surgió como consecuencia de las interrelaciones local e internacional del [Centro de Investigación en Materiales Avanzados](#) (CIMAV). A nivel local en la comunidad de Chihuahua, sede del CIMAV, se venía desarrollando la asesoría en ciencias básicas a la educación media superior. A nivel internacional, gracias a los intercambios entre sociedades nacionales de investigadores en ciencia de materiales, CIMAV conoció del Programa MWM generado por NU. Concatenar los dos niveles de colaboración resultó un evento natural y de ahí se concibió la proposición de traducir los Módulos al Español e introducirlos en México. Se comenzó por Chihuahua por ser el foco generador de la iniciativa.

El Proyecto MWM-Chihuahua ha sido desarrollado por un grupo inter-institucional, cuyos principales ejecutores son los autores de este artículo.

NU ha brindado asesoría y apoyo general. Esto incluye la conducción de talleres de entrenamiento para maestros, facilidades de acceso a los originales de los manuales y kits para los primeros grupos de aplicación.

Seis investigadores del CIMAV han dirigido y asesorado técnicamente a los cientos de maestros de nivel bachillerato involucrados en el programa. Estos investigadores han traducido los manuales.

La vinculación y coordinación general del proyecto con el sistema de educación media superior de Chihuahua ha estado a cargo de los representantes de la [Secretaría de Educación y Cultura](#) (SEC).

El programa ha sido patrocinado por fuentes diversas, que se reconocen en la sección de Agradecimientos.

Módulos adaptados e implementados. Traducción de manuales. Fabricación de kits.

La Tabla 4 muestra los Módulos que han sido puestos a punto y que operan normalmente en Chihuahua



Tabla 4: Módulos introducidos en Chihuahua.
Se incluyen los Proyectos de Diseño asociados a cada Módulo

Módulo	Proyecto de Diseño
Materiales biodegradables	Dispositivo de liberación de medicinas
Biosensores	Biosensor de colesterol, glucosa
Materiales compuestos	Caña de pesca fuerte y liviana, papalote
Concreto	Teja de techo, concreto súper-resistente
Materiales para deportes	Pelota con súper-bote. Golfito
Nanoescalas	Géiser nano-inducido

Ilustramos la adaptación de los Módulos a las condiciones de México mediante el ejemplo del Módulo Biosensores. En este Módulo se estudian las enzimas peroxidasa y oxidasa: su rol como catalizadores y su aplicación en biosensores para la determinación de glucosa y colesterol. El Módulo original desarrollado y distribuido por NU emplea enzimas adquiridas de laboratorios comerciales. Una etapa del proceso de adaptación de este Módulo consistió en sustituir la peroxidasa y la oxidasa comerciales por esas mismas enzimas, obtenidas por los propios estudiantes como parte del Módulo, a partir de fuentes naturales. Las fuentes empleadas hoy son los (muy mexicanos) rábano picante y tomate verde (“tomatillo”). El Módulo actual es de mayor valor educativo y cuesta menos que la mitad del original.

La Figura 3 ejemplifica el trabajo con los manuales MWM. Se muestran dos páginas del manual para el maestro del Módulo “Compósitos”.

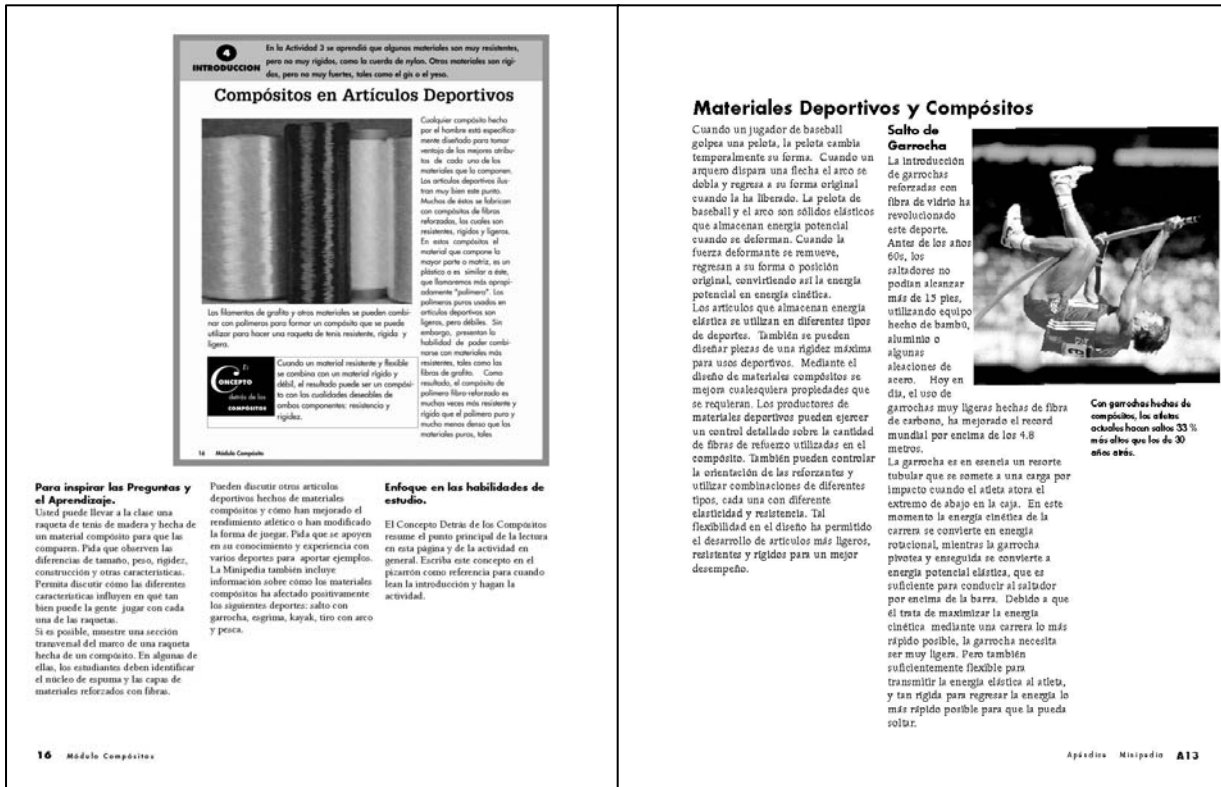


Figura 3: Ejemplo del contenido de los manuales MWM. Módulo "Compósitos". (Ver Anexo)
a) Una página del manual para el maestro. La parte superior reproduce una hoja del manual para el estudiante. b) Página de la "Minipedia" incluida en el manual

La Figura 4 ilustra la fabricación de kits para los Módulos.

Figura 4: Contenido de un kit de Nanoescalas.





Entrenamiento de maestros

El programa de entrenamiento de docentes comenzó con un grupo de 45 maestros de Ciudad Chihuahua, en el año 2005. Estos profesores recibieron un Diplomado en los Módulos MWM, con asesoría de NU y evaluación por Módulo. La Figura 5 muestra un momento del Taller sobre Sensores Inteligentes, impartido por el Prof. Matthew Hsu (NU). El crecimiento posterior del Programa se ha basado en las competencias ganadas por estos maestros en la metodología MWM.



Figura 5: Matthew Hsu (NU) impartiendo el Módulo “Sensores Inteligentes”. El maestro Alejandro Martínez en función de intérprete. Ciudad Juárez, diciembre de 2008.

Operación de los Módulos frente a grupo

La SEC indicó a los diferentes subsistemas de educación media superior del estado la operación de los Módulos. Este organismo estatal garantizó la impresión de los manuales, patrocinó la fabricación de kits, asignó tiempo a los maestros y en general aseguró la infraestructura necesaria. Los planteles realizaron las convocatorias, la promoción e inscripción de los estudiantes y coordinaron la operación exitosa de los Módulos.



Resultados

Estadísticas de participación

El proyecto MWM ha crecido continuamente desde su inicio en 2005. La Tabla 5 presenta la cantidad de maestros nuevos que se han entrenado en la metodología MWM por año.

Tabla 5: Estadísticas del Proyecto. Años 2005 – 2010

Ciclo escolar	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	Total
Maestros capacitados	51	80	81	35	62	309

La Figura 6 describe el crecimiento en la cantidad de estudiantes que cursan los Módulos.

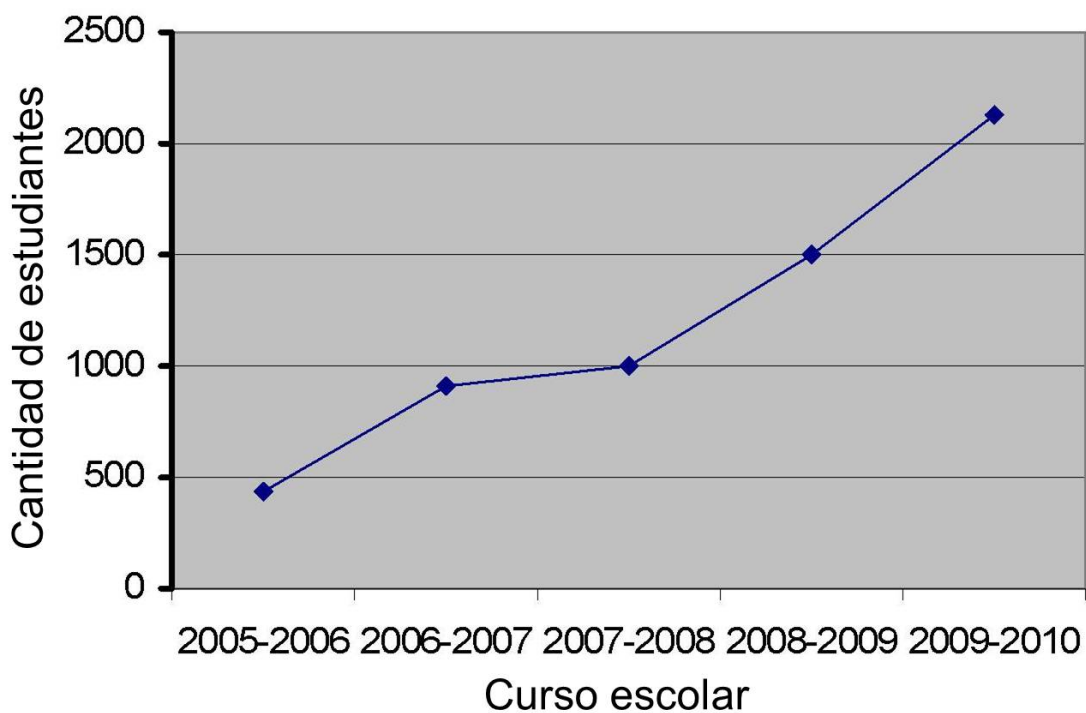


Figura 6: Estudiantes que han cursado los Módulos MWM por año.

Las Figuras 7 y 8 son fotografías representativas de un día cualquiera en un taller MWM. Los muchachos aprenden al tiempo que se divierten.



Figura 7: La ciencia es divertida. Taller sobre Concreto. Al fondo en la pizarra, la pregunta ¿por qué se endurece el cemento?



Figura 8: Simulación de una prueba de colesterol en sangre. Módulo de Biosensores.

La Figura 9 muestra la difusión del Programa por todo el estado de Chihuahua. La parte del estado donde no se aprecia el logo “MWM” es el conocido “desierto de Chihuahua”. La parte oeste del estado es asiento de la Sierra Tarahumara, donde se encuentra la famosa “[Barranca del Cobre](#)”. Hasta allá han llegado los Módulos.

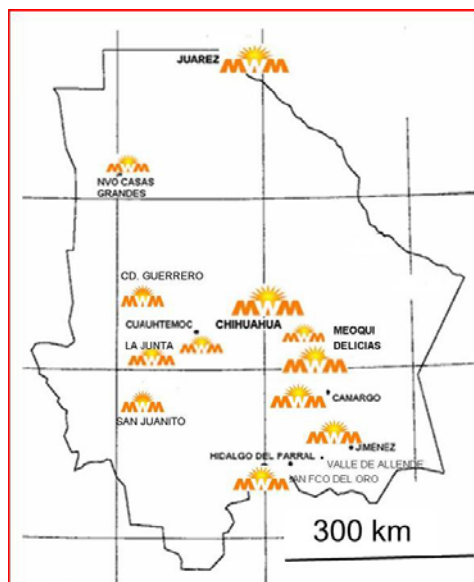


Figura 9: Expansión del Programa MWM por el
Chihuahua.

estado de

Estadísticas relativas a la ganancia de conocimientos

La actividad “cero” de cada módulo consiste en una evaluación de los conocimientos que traen los estudiantes, relacionados con el tema a investigar, antes de cursar el módulo. Cada módulo se cierra con una evaluación equivalente a la inicial, aplicada después del Proyecto de Diseño. La organización MWM estandariza los cuestionarios y controla su aplicación homogénea en los planteles. La Figura 10 es la más importante de este artículo. En ella se muestra la comparación entre los histogramas sumados de todos los exámenes pre-módulos (“ANTES”) y post-módulos (“DESPUÉS”) correspondientes a los 6 módulos aplicados en todo el estado de Chihuahua en el período 2005-2010. La ganancia de conocimientos es significativa.

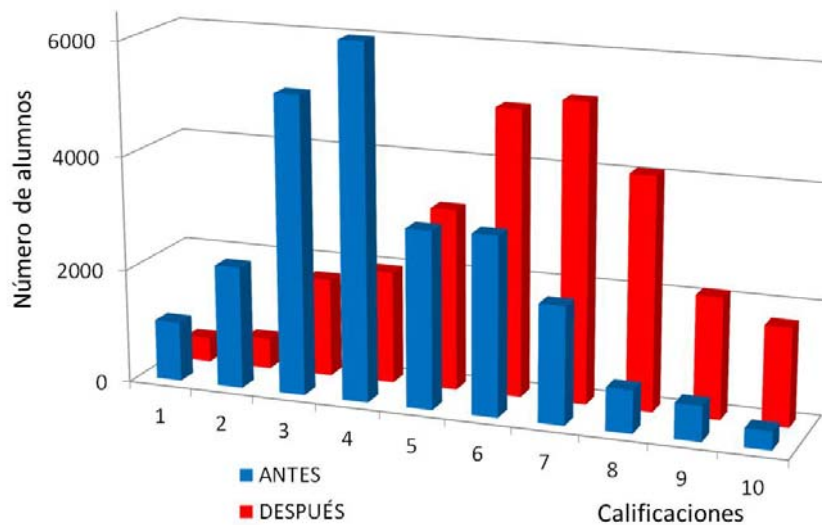


Figura 10: Evaluaciones obtenidas por estudiantes chihuahuenses antes y después de cursar los Módulos MWM.

Impacto y/o implicaciones regionales

La introducción y operación del Programa MWM en el estado de Chihuahua ha producido un impacto significativo en la región y comienza a repercutir en otros estados. Algunas manifestaciones reveladoras de este impacto son las siguientes:

- Reorientación de estudiantes hacia carreras científico-tecnológicas. La Tabla 6 muestra una selección de resultados de las encuestas realizadas al finalizar los ciclos MWM.
- Cambios importantes en la actitud de los maestros y de los alumnos en sus clases diarias. Después de impartir los talleres MWM, ni el maestro ni los estudiantes son los mismos en las clases de los cursos regulares.
- Difusión de la ciencia y mayor conocimiento en la población sobre la ciencia nacional y local. Cambio en la percepción popular sobre la utilidad social y la accesibilidad a la ciencia.
- Atención a la educación científica en regiones históricamente poco atendidas. Ciertamente, las comunidades más alejadas de los grandes centros urbanos son las que más agradecen que se les atienda con el Programa MWM.
- Difusión a otros estados. En el estado de Puebla ya se ha entrenado a un grupo de maestros en la metodología MWM. Comienzan el trabajo con estudiantes, en el período 2010-2011.



Tabla 6: Resultados de las encuestas a estudiantes que han cursado los Módulos

Preguntas	Respuestas (%)		
	Si	Indiferente	No
¿Los MWM mejoran tu aprovechamiento en matemáticas, física, química y biología?	63	35	2
¿Los MWM te motivan a revalorar el conocimiento científico-tecnológico?	74	25	1
¿Los MWM te inclinan a estudiar una carrera de ciencias o ingeniería?	62	35	3

Conclusiones

La presente versión para América Latina del Programa MWM ha sido comprobada exitosamente en la práctica docente y está lista para su aplicación generalizada en otros estados de México y en Iberoamérica. Se les ofrece a países hermanos en el mismo espíritu -sin fines de lucro- que el Prof. Chang ha regalado el Programa MWM a México.

Agradecimientos

El Proyecto expresa con mucho gusto su reconocimiento a las personas y organizaciones que lo hicieron posible. Especialmente a:

- Lic. María Guadalupe Chacón Monárrez e Ing. Manuel Gallardo Rodríguez, SEC – Chihuahua.
- Dr. Jesús González Hernández y Dr. Erasmo Orrantia Borunda, CIMAV - CONACYT
- FOMIX – Chihuahua. Proyecto CHIH-2008-C01-91879.
- Grupo Cementos de Chihuahua, American Industries.



Referencias bibliográficas

- Ausubel, D.P. (1960). *The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material*. Journal of Educational Psychology 51, 267-272.
- Ausubel, D. (1963). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York: Grune & Stratton.
- Ausubel, D. (1978). *In defense of advance organizers: A reply to the critics*. Review of Educational Research 48, 251-257.
- Ausubel, D., Novak, J., Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View (2nd Ed.)*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Chang, RPH (2010) <http://www.materialsworldmodules.org/>
- CONACYT [Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – México] (2008). *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología*.
- Gagné, R. M. (1971). *Las condiciones del aprendizaje*. Madrid: Aguilar.
- Gagné, R. M. (1973). *Diseño de la enseñanza para un aprendizaje eficaz*. México: McGraw-Hill.
- Gagné, R. M. (1975). *Principios básicos del aprendizaje e instrucción*. México: Diana.
- Gagné, R. M. (1986). *La instrucción basada en la investigación sobre el aprendizaje*. México: Universidad Iberoamericana.
- Gagné, R. M. y Briggs, L. J. (1987). *La Planificación de la Enseñanza: sus principios*. México: Trillas.
- Gardner, H. (1998). *Inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*. Barcelona: Paidós.
- Gardner, H. (2002). *La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas. Lo que todos los estudiantes deberían comprender*. Barcelona: Paidós.
- Gardner, H. (2003). *La inteligencia reformulada. Las inteligencias múltiples en el siglo XXI*. Barcelona: Paidós.
- Iniciativa Nacional para la Nanotecnología - EUA: <http://www.nano.gov/index.html>.
- Norris, T. (2010) <http://leadenergy.org/2010/01/asia-challenges-usa-leadership/>
- OECD [Organization for Economic Cooperation and Development] (2008). *Main Science and Technology Indicators 2008-1*.



Piaget, J. (1950). *Introducción a la Epistemología Genética (Introduction à l'épistémologie génétique)*. T1: *El pensamiento matemático*. T2: *El pensamiento físico*. T3: *El pensamiento biológico, el pensamiento psicológico y el pensamiento sociológico*. Buenos Aires: Paidós.

Piaget, J. (2003). *Psicología y pedagogía*. Barcelona: Crítica.

Vygotsky, L. S. (1978). *Pensamiento y Lenguaje*. Madrid: Paidós

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press

Vygotsky, L. S. (1997). *Obras escogidas*. Madrid, Visor.



Curriculum Vitae de los autores y participantes en el proyecto MWM-México:

Participantes por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV):

Luis E. Fuentes Cobas, Coordinador Técnico del Proyecto MWM-México.

Doctor en Física, Universidad de la Habana (1982).

Como profesor de la Universidad de la Habana, fue Jefe del Depto. de Física General y Vicepresidente de la Comisión Nacional para la Enseñanza de la Física.

En CIMAV es Investigador Titular y Coordinador del Proyecto "Nano-Multiferroicos", en colaboración con el Sincrotrón de la Universidad de Stanford.

Francisco Espinosa Magaña, Asesor de los Módulos "Materiales para el Deporte" y "Nanoescalas"

Doctor en Física, Universidad Nacional Autónoma de México (1996).

Investigador Titular y Director del Laboratorio Nacional de Nanotecnología.

Roberto Martínez Sánchez, Asesor del Módulo "Compósitos".

Doctor en Metalurgia y Materiales, Instituto Politécnico Nacional (1997).

Investigador Titular y Jefe del Depto. Integridad y Diseño de Materiales.

María E. Montero Cabrera, Asesora de los Módulos "Compósitos" y "Materiales Biodegradables".

Doctora en Física Nuclear, Instituto Unificado de Investigaciones Nucleares, Rusia (1987). Es miembro de las Conferencias Pugwash sobre Ciencia y Asuntos Mundiales. Fue Presidenta de la Sociedad Cubana de Física. Investigadora Titular en el área de Protección del Medio Ambiente.

Antonino Pérez Hernández, Asesor del Módulo "Concreto".

Doctor en Ingeniería de Materiales, Universidad Autónoma de Nuevo León (1994).

Investigador Titular en el área de Física Computacional.

E. Armando Zaragoza Contreras, Asesor del Módulo "Biosensores".

Doctor en Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Investigador Titular en el área de Polímeros.

Participantes por Northwestern University:

Robert P. H. Chang, Director, Materials World Modules Program.

Director, National Center for Learning and Teaching in Nanoscale Science and Engineering. BS, Physics, Massachusetts Institute of Technology.

PhD, Plasma Physics, Princeton University.

Professor, Department of Materials Science and Engineering.



Matthew Hsu, Senior Developer and Research Associate.
BS, Chemical Engineering, University of California , Berkeley.
PhD, Materials Science & Engineering, Northwestern University.

Participantes por la Secretaría de Educación y Cultura, Estado de Chihuahua:

Salomón Maloof Arzola, Coordinador Operativo del Programa MWM.
Egresado de la Escuela Normal Superior de Chihuahua.
Ha sido Director de Plantel y Director de Planeación Académica del Colegio de Bachilleres de Chihuahua y Jefe del Departamento de Enlace Educativo de la Secretaria de Educación y Cultura de Chihuahua. Secretario Técnico de la Comisión Estatal para la Planeación y Programación de la Educación Media Superior en el Estado de Chihuahua.

Víctor H. López de Lara Chávez, Responsable de Operación del Proyecto MWM-Chihuahua.
Ingeniero Metalúrgico, Instituto Tecnológico de Chihuahua.
Ha sido Ingeniero de Procesos, Superior Industries de México. Es Profesor de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua.

Anexo

Figura 3: Ejemplo del contenido de los manuales MWM. Módulo “Compósitos”. (Ver Anexo)

a) Una página del manual para el maestro. La parte superior reproduce una hoja del manual para el estudiante.

4
INTRODUCCION

En la Actividad 3 se aprendió que algunos materiales son muy resistentes, pero no muy rígidos, como la cuerda de nylon. Otros materiales son rígidos, pero no muy fuertes, tales como el gis o el yeso.

Compósitos en Artículos Deportivos



Cualquier compuesto hecho por el hombre está específicamente diseñado para tomar ventaja de los mejores atributos de cada uno de los materiales que lo componen. Los artículos deportivos ilustran muy bien este punto. Muchos de éstos se fabrican con compósitos de fibras reforzadas, los cuales son resistentes, rígidos y ligeros. En estos compósitos el material que compone la mayor parte o matriz, es un plástico o es similar a éste, que llamaremos más apropiadamente "polímero". Los polímeros puros usados en artículos deportivos son ligeros, pero débiles. Sin embargo, presentan la habilidad de poder combinarse con materiales más resistentes, tales como las fibras de grafito. Como resultado, el compuesto de polímero fibra-reforzado es muchas veces más resistente y rígido que el polímero puro y mucho menos denso que los materiales puros, tales

Los filamentos de grafito y otros materiales se pueden combinar con polímeros para formar un compuesto que se puede utilizar para hacer una raqueta de tenis resistente, rígida y ligera.

El
CONCEPTO
detrás de los
COMPÓSITOS

Cuando un material resistente y flexible se combina con un material rígido y débil, el resultado puede ser un compuesto con las cualidades deseables de ambos componentes: resistencia y rigidez.

16 Módulo Compósito

Para inspirar las Preguntas y el Aprendizaje.

Usted puede llevar a la clase una raqueta de tenis de madera y hecha de un material compuesto para que las comparen. Pida que observen las diferencias de tamaño, peso, rigidez, construcción y otras características. Permita discutir cómo las diferentes características influyen en qué tan bien puede la gente jugar con cada una de las raquetas.

Si es posible, muestre una sección transversal del marco de una raqueta hecha de un compuesto. En algunas de ellas, los estudiantes deben identificar el núcleo de espuma y las capas de materiales reforzados con fibras.

Pueden discutir otros artículos deportivos hechos de materiales compósitos y cómo han mejorado el rendimiento atlético o han modificado la forma de jugar. Pida que se apoyen en su conocimiento y experiencia con varios deportes para aportar ejemplos. La Minipedia también incluye información sobre cómo los materiales compósitos ha afectado positivamente los siguientes deportes: salto con garrocha, esgrima, kayak, tiro con arco y pesca.

Enfoque en las habilidades de estudio.

El Concepto Detrás de los Compósitos resume el punto principal de la lectura en esta página y de la actividad en general. Escriba este concepto en el pizarrón como referencia para cuando lean la introducción y hagan la actividad.



b) Página de la “Minipedia” incluida en el manual

Materiales Deportivos y Compósitos

Cuando un jugador de baseball golpea una pelota, la pelota cambia temporalmente su forma. Cuando un arquero dispara una flecha el arco se dobla y regresa a su forma original cuando la ha liberado. La pelota de baseball y el arco son sólidos elásticos que almacenan energía potencial cuando se deforman. Cuando la fuerza deformante se remueve, regresan a su forma o posición original, convirtiendo así la energía potencial en energía cinética. Los artículos que almacenan energía elástica se utilizan en diferentes tipos de deportes. También se pueden diseñar piezas de una rigidez máxima para usos deportivos. Mediante el diseño de materiales compósitos se mejora cualesquiera propiedades que se requieran. Los productores de materiales deportivos pueden ejercer un control detallado sobre la cantidad de fibras de refuerzo utilizadas en el compósito. También pueden controlar la orientación de las reforzantes y utilizar combinaciones de diferentes tipos, cada una con diferente elasticidad y resistencia. Tal flexibilidad en el diseño ha permitido el desarrollo de artículos más ligeros, resistentes y rígidos para un mejor desempeño.

Salto de Garrocha

La introducción de garrochas reforzadas con fibra de vidrio ha revolucionado este deporte. Antes de los años 60s, los saltadores no podían alcanzar más de 15 pies, utilizando equipo hecho de bambú, aluminio o algunas aleaciones de acero. Hoy en día, el uso de garrochas muy ligeras hechas de fibra de carbono, ha mejorado el record mundial por encima de los 4.8 metros.

La garrocha es en esencia un resorte tubular que se somete a una carga por impacto cuando el atleta atora el extremo de abajo en la caja. En este momento la energía cinética de la carrera se convierte en energía rotacional, mientras la garrocha pivotea y enseguida se convierte a energía potencial elástica, que es suficiente para conducir al saltador por encima de la barra. Debido a que él trata de maximizar la energía cinética mediante una carrera lo más rápido posible, la garrocha necesita ser muy ligera. Pero también suficientemente flexible para transmitir la energía elástica al atleta, y tan rígida para regresar la energía lo más rápido posible para que la pueda soltar.



Con garrochas hechas de compósitos, los atletas actuales hacen saltos 33 % más altos que los de 30 años atrás.