

# EPISTEMUS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD

UNIVERSIDAD DE SONORA, JUNIO DE 2012, NÚMERO 12



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



## INVESTIGACIÓN

Viscoelasticidad de polímeros en solución acuosa  
Domótica con acceso remoto  
Radiosensibilidad en las poblaciones linfocitarias  
Caracterización del grafito en minas de Sonora  
Mezcla cemento arena con polvo de caucho

## DESDE LA ACADEMIA

Aprovechamiento del agua de lluvia en suelos  
Materiales superconductores en base a hierro  
Mortalidad infantil de los tarahumaras  
Ideas para el estudio de la física cuántica

## POLÍTICAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Modelo de desarrollo sustentable en regiones mineras  
Desarrollo regional de Bahía de Kino, Sonora

## CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

50 Aniversario de Ing. Química e Ing. Industrial  
Ciencia ficción, Noti-ingenio,  
Breviarios de ciencia, Cientigrama

## DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE

Educación, cultura, investigación y  
desarrollo regional

Indexada en:

Revista Argentina de Información  
de Ciencia para Profesionales e Investigadores  
de América Latina, el Caribe, España y Portugal

latindex

ÍNDICE DE REVISTAS LATINOAMERICANAS EN CIENCIAS PERIÓDICA

# DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

## OFERTA DE POSGRADOS

### POSGRADO EN BIOCENCIAS: MAESTRÍA Y DOCTORADO

#### Maestría

**Objetivo:** Formar recursos humanos con una visión amplia de su área de especialidad y con capacidad de identificar problemas y procesos básicos y aplicados en las diferentes disciplinas de las ciencias biológicas. Tendrá la capacidad de desarrollarse en áreas emergentes de las biociencias, combinando diferentes aproximaciones, conceptualizaciones y niveles jerárquicos de la biología y áreas de especialización del posgrado.

#### Doctorado

**Objetivo:** Formar investigadores de alto nivel con una amplia capacidad de realizar investigación independiente, la cual contribuya significativamente a la generación, innovación y adaptación de conocimientos científicos y/o tecnológicos en su área de especialización.

**Coordinador:** Dr. Luis Ángel Medina Juárez

**E-mail:** amedina@guayacan.uson.mx

**Departamento:** Investigaciones Científicas y Tecnológicas

**División:** Ciencias Biológicas y de la Salud

**Dirección:** Rosales y Niños Héroes s/n, Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83000 Hermosillo, Sonora, México. Apdo. Postal: 1819 Tel: (662) 259 21 69, Fax: (662) 259 21 97



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

### POSGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS: ESPECIALIDAD, MAESTRÍA Y DOCTORADO

**Objetivo:** Ofrecer un marco de formación académica especializada a egresados de Ciencias Biológicas, Químicos-Biólogos, Ingeniería Química, Agrónomo y carreras afines, formando recursos humanos de excelente nivel, con una preparación sólida en diversas áreas de la ciencia, que sean capaces de realizar investigación original e independiente que represente avances significativos en el campo de las Ciencias y Tecnología de los Alimentos, con mayor énfasis en las áreas de granos y productos acuícolas. Asimismo, brindarles un panorama profundizado e integral para que sean capaces de identificar problemas relevantes en sus áreas de trabajo y generar conocimiento aplicable.

**Coordinadora:** Dra. Rosario Maribel Robles Sánchez

**E-mail:** rsanchez@guayacan.uson.mx

**Departamento:** Investigación y Posgrado en Alimentos

**División:** Ciencias Biológicas y de la Salud

**Dirección:** Rosales y Niños Héroes s/n, Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83000  
Tel: (01-662) 2-59-22-08 y 2-59-22-09

### MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD

**Objetivo:** Formar recursos humanos con capacidad para realizar investigaciones de alto nivel en el campo de la salud y para transmitir sus conocimientos mediante actividades docentes y de difusión de resultados, con el interés de que su formación tenga un impacto decisivo en el perfil epidemiológico poblacional.

### ESPECIALIZACIÓN EN INMUNOHEMATOLOGÍA DIAGNÓSTICA

**Objetivo:** Formar recursos humanos capacitados para la prestación de servicios altamente especializados para el diagnóstico y la investigación de las patologías inmunohematológicas.

**Coordinador:** Dr. Eduardo Ruiz Bustos

**Email:** erbustos@guayacan.uson.mx

**Departamento:** Ciencias Químico Biológicas.

**División:** Ciencias Biológicas y de la Salud.

Edificio 5N, UNISON Unidad Centro, CP 83000, Hermosillo, Sonora, México.

Teléfonos: (01-662) 2-59-21-63 y 2-59-21-64



# CONTENIDO

DIRECTORIO 2

EDITORIAL 3

BASES 4

## INVESTIGACIÓN



**SISTEMA ELECTRÓNICO Y SISTEMA DE INFORMACIÓN APLICADO A DOMÓTICA CON ACCESO REMOTO** 5

RAFAEL CASTILLO ORTEGA, JORGE FRANCO ROMERO AGUILAR, IVÁN ALEJANDRO CHÁVEZ MORALES, JUDAS AMAVIZCA RAMÍREZ



**VISCOELASTICIDAD DE POLÍMEROS EN SOLUCIÓN ACUOSA: ESTUDIO MICROREOLÓGICO-ESTRUCTURAL** 12

ROGELIO GÁMEZ CORRALES, EMMANUEL ROBLES ÁVILA



**RADIOSENSIBILIDAD BASADA EN LAS POBLACIONES LINFOCITARIAS** 19

KARLA J. SANTACRUZ GÓMEZ, CÉSAR MANZANO MAYORAL, RODRIGO MELÉNDRIZ AMAVIZCA, BEATRIZ CASTAÑEDA MEDINA, MARTÍN PEDROZA MONTERO



**CARACTERIZACIÓN DE GRAFITO PROVENIENTE DE MINAS DE SONORA CENTRAL, UTILIZANDO DRX, SEM-EDX Y RAMAN** 24

INOCENTE GPE. ESPINOZA MALDONADO, LUCIA DÍAZ BARRIGA ARCEO, LAURO BUCIO GALINDO, ROGELIO GÁMEZ CORRALES, RAMÓN SILVA MOLINA, JUAN HERNANDEZ CAZARES, EZEQUIEL RODRÍGUEZ JAUREGUI



**DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA MEZCLA CEMENTO ARENA Y CON POLVO DE CAUCHO PROCEDENTE DEL RECICLADO DE LOS NEUMÁTICOS USADOS, INCORPORADO POR VÍA SECA** 31

CLICERIO RIVAS UNZUETA, DAGOBERTO BURGOS FLORES, ISRAEL MIRANDA PASOS

## DESDE LA ACADEMIA



**APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA CONSIDERANDO LA PERMEABILIDAD DE SUELOS** 38

MANUEL BALCÁZAR MEZA, LILIANA DÍAZ AGUILAR, MARÍA VIRGINIA FERNÁNDEZ RAMÍREZ, AGUSTÍN MONTIEL COTA



**MATERIALES SUPERCONDUCTORES EN BASE A HIERRO: LOS MATERIALES SUPERCONDUCTORES – MAGNÉTICOS** 44

RAÚL PÉREZ ENRÍQUEZ, JACQUES SOULLARD, ILYA G. KAPLAN



**MORTALIDAD INFANTIL DE LOS TARAHUMARAS: INEQUIDAD EN SALUD** 48

MARÍA ELENA REGUERA TORRES



**EL USO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA ESTADÍSTICA** 52

LUCÍA GUADALUPE DÓRAME BUERAS, ALEJANDRINA BAUTISTA JACOBO



**IDEAS FUNDAMENTALES PARA INICIAR EL ESTUDIO DE FÍSICA CUÁNTICA** 56

CARLOS FIGUEROA NAVARRO



**IDENTIDAD EN ENFERMERÍA: UN RETO PROFESIONAL** 61

EVA ANGELINA HERNÁNDEZ VILLA OLGA BARRAGÁN HERNÁNDEZ

## POLÍTICAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



**MODELO DE DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE EN REGIONES MINERAS** 65

Desarrollo regional, educación, cultura e investigación  
RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ



**PRIMER FORO DE DESARROLLO REGIONAL SUSTENTABLE DE BAHÍA DE KINO, SONORA** 73

ESTEBAN ÁNGEL GAXIOLA ARMENTA  
RAFAEL PACHECO RODRIGUEZ

## CTS-EPISTEMUS



**CIENCIA FICCIÓN... LLUVIA NEGRA** 78

RICARDO ANTONIO RODRÍGUEZ MIJANGOS



**REMEMBRANZAS DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA: LA ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS** 82

MANUEL BALCÁZAR MEZA



**50 AÑOS DE LA CARRERA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL EN SONORA** 85

RICARDO A. RODRÍGUEZ CARVAJAL

**BREVIARIOS DE CIENCIA** 88

**NOTI-INGENIO** 90

**CIENTIGRAMA** 94

# EPISTEMUS



## UNIVERSIDAD DE SONORA

Dr. Heriberto Grijalva Monteverde  
Rector  
Dr. Enrique F. Velázquez Contreras  
Secretario General Académico  
M.E. Rosa Elena Trujillo Llanes  
Secretaría General Administrativa  
Dra. Arminda Guadalupe García de León Peñúñuri  
Vicerrectora de la Unidad Regional Centro  
M.D.O. Manuel Ignacio Guerra Robles  
Director de Vinculación y Difusión

## DIRECCIÓN GENERAL

Dra. Rosa María Montesinos Cisneros  
Dr. Jesús Leobardo Valenzuela García  
Dr. Mario Onofre Cortez Rocha

## DIRECCIÓN EJECUTIVA

Ing. Rafael Pacheco Rodríguez

## DIRECCIÓN EDITORIAL

M.C. Olga Barragán Hernández  
Fis. Emiliano Salinas Covarrubias  
M.C. Sandra M. Gómez Cuadras

## COMITÉ EDITORIAL (En este número)

Dr. Eduardo Verdín López  
M. En C. Citlali Guerrero Carbajal  
Dr. Miguel Angel Valdez Covarrubias  
M. En C. Antonio Jáuregui Díaz  
M.C. Margarita Muños Combs  
Dr. Gerardo Álvarez Hernández  
M.C. Manuel de Jesús Sornillón Valenzuela  
Dr. Guzmán Gerardo A. Sánchez Schmithz  
M.C. Francisco Javier Grijalva Noriega  
Dr. Nun Pitalúa Díaz  
Dr. Victor Hugo Benítez Baltazar  
Dr. Ricardo Rodríguez Mijangos  
Ing. Rafael Pacheco Rodríguez

## CORRECCIÓN DE ESTILO

Fermín González Gaxiola

## DISEÑO

LDG Benito Montaño

## IMPRESIÓN

COLOR EXPRESS DE MÉXICO, S.A DE C.V.  
12 de octubre, No. 130  
Col. San Benito, Hermosillo, Sonora

## FOTO DE PORTADA

Vista panorámica de Bahía de Kino, Sonora.

## UNIVERSIDAD DE SONORA

EPISTEMUS. Año 6, No. 12, enero-junio 2012, es una publicación semestral arbitrada y es editada por la Universidad de Sonora a través de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud. Blvd. Luis Encinas y Blvd. Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo Sonora; Tel. (662) 2592 136, (662) 2592 157, www.uson.mx, www.ingenierias.uson.mx, pacheco@correom.uson.mx. Editor responsable: Rafael Pacheco Rodríguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2010-020313043300-102. ISSN: en trámite; ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Licitud de Título y Contenido: en trámite, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Color Express de México, S.A. de C.V., 12 de octubre No. 130, Col. San Benito, C.P. 83190, Hermosillo, Sonora; este número se terminó de imprimir el 27 de junio de 2012, con un tiraje de 1000 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la presente publicación; siempre y cuando se cuente con la autorización del editor y se cite plenamente la fuente.

Datos de contacto para la publicación: Unidad Regional Centro, edificio 5-M, Blvd. Luis Encinas y Blvd. Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo Sonora, Tel. (662)2592157, correo electrónico: revista.epistemus@correom.uson.mx, Atención Rafael Pacheco Rodríguez, Director Ejecutivo.

EPISTEMUS está Indexada en el Sistema Regional de Información en línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX) y en el Índice de Revistas Latinoamericanas de Ciencias.

## REVISTA EPISTEMUS

Universidad de Sonora  
Unidad Regional Centro, Edificio 5-M  
Blvd. Luis Encinas y Rosales, Colonia Centro.  
C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.  
Teléfono: (662) 2592157.  
Correo: revista.epistemus@correom.uson.mx  
Atn. Rafael Pacheco Rodríguez  
Director Ejecutivo

Desde hace varias décadas las universidades públicas del país unieron esfuerzos creando estructuras de coordinación y comunicación para impulsar programas y proyectos conjuntos para fortalecer las labores sustantivas para lo que fueron creadas: formar recursos humanos calificados (docencia), generar conocimiento nuevo para la innovación y competitividad (investigación), vincularse con la sociedad para que tenga acceso a los beneficios del conocimiento científico tecnológico, humanístico y artístico (extensión). Hoy podemos decir que las universidades han cumplido sus objetivos, a pesar del limitado apoyo que se destina a la educación y en investigación en México. El acervo de conocimientos generados en las universidades es impresionante, sin embargo, la sociedad, incluyendo a los empresarios, funcionarios públicos, comunidades rurales, no conoce en plenitud estos frutos por ello, es importante que ante los avances de las nuevas tecnologías de la información y comunicación, las Instituciones de Educación Superior (IES), refuercen sus estrategias para “construir” puentes de enlace y de comunicación, con cada uno de los sectores a través de las herramientas que aporta la divulgación científica, ¿por qué razón?: porque las IES tienen el deber de informar a la sociedad, pues es la beneficiaria de las tres funciones básicas; porque la gran mayoría de este conocimiento debe de coadyuvar a resolver problemáticas sociales; junto con los empresarios, debe fortalecer la innovación tecnológica y la competitividad. Es necesario definir programas estratégicos que permitan realmente tener una plataforma basada en el conocimiento bajo los principios de sustentabilidad.

Si bien es cierto que muchas universidades cuentan con programas de difusión en medios electrónicos: radio, televisión, revistas impresas y electrónicas, páginas web, entre otros, esto no es suficiente, pues el país no son las grandes ciudades, la gran mayoría de la población está en las comunidades rurales y son las más desprotegidas, tienen escaso acceso a la educación, a la cultura, a la información, al empleo y a la alimentación básica. Por ello, es importante reorientar las estrategias de vinculación de las universidades, reforzar las ya existentes, abrir nuevos campos de comunicación. En este número, Epistemos aborda dos temas que invitan a crear estrategias de desarrollo sustentable en las comunidades de Sonora, en particular se comentan experiencias en las comunidades mineras y en la comisaría de Bahía de Kino.

## Contenido

En el apartado de Investigación, se retoma el concepto de los beneficios de edificio inteligente como una preocupación para ahorrar energía, comunicación, confort y seguridad. También se habla de la técnica de la reometría, la cual es útil para obtener información de las propiedades mecánicas de los materiales, muy utilizada en la industria.

Otra colaboración, aborda el tema de los linfocitos, los cuales son las células más radiosensibles del organismo, por lo que sirven como indicadores para evaluar el efecto biológico por exposición a la radiación ionizante. En estudios realizados en el grafito sonoreño, del cual es el primer productor nacional, se reportan resultados interesantes sobre su naturaleza cristalina. En una preocupación por reutilizar materiales que contaminan el medio ambiente, se exponen los resultados del polvo del caucho, procedente de neumáticos usados para ser utilizados en la construcción.

En la sección Desde la academia, se inicia con la presentación de una metodología para aprovechar el agua de tres regiones y seis zonas del estado de Sonora. Con la finalidad de aprovechar las temporadas de lluvias y recargar los acuíferos. En el tema de los superconductores se comenta que en los últimos años se han abierto nuevos caminos, se trata de los materiales magnéticos en base a hierro. En la salud, se presenta un tema social de actualidad, un ensayo sobre cómo afectan las desigualdades sociales a una de las poblaciones más vulnerables del país: Los Tarahumaras o Raramuris la cual, ha sido azotada en los últimos meses por la sequía. En otro rubro, se aborda el tema de las nuevas tecnologías de la información y comunicación, enfocadas al proceso de enseñanza aprendizaje de las ingenierías. Para terminar ésta sección, se comentan una serie de temas para estudiantes de ingeniería para la comprensión de ideas precuánticas.

En Políticas de ciencia y tecnología se comenta un modelo para impulsar el desarrollo rural sustentable de las comunidades mineras del estado de Sonora el cual, puede replicarse en otras regiones del país. En el mismo orden, se presentan los resultados del Foro de Desarrollo Regional Sustentable de Bahía de Kino, Sonora, el cual fue organizado por la comunidad y la Universidad de Sonora, esta población reúne todos los elementos para aplicar los criterios de sustentabilidad creando un modelo para impulsar proyectos de desarrollo social, económico, educativo, turístico, cultural y ambiental.

En la sección de Ciencia, tecnología y sociedad se recuerdan fechas importantes en la vida universitaria, los 50 años de las carreras de Ingeniería Química y de Ingeniería Industrial, dos áreas que han sido determinantes en el desarrollo industrial del estado de Sonora.

Como en cada número, se presentan en Noti-ingenieras notas más relevantes del semestre, en Breviarios de ciencia se aborda un tema actual para que los maestros las comenten con sus alumnos. Finalmente, para saber cuánto sabe usted de ciencia y tecnología, se incluye el Cientigrama.

Le recordamos que Epistemos puede ser consultada en su versión electrónica en [www.ingwnierias.uson.mx](http://www.ingwnierias.uson.mx). Esperamos sea de interés.

La educación, la ciencia y tecnología son consideradas como pilares fundamentales sobre los que se sustenta el desarrollo de un país; por eso es importante fortalecer el enlace entre los que generan el conocimiento y los beneficiados de ello: la sociedad. Uno de los aspectos que distingue a la Universidad de Sonora es la generación de conocimiento y su impacto en la sociedad. Es así como las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud crearon el proyecto editorial Epistemus el cual, constituye un medio de información y comunicación para dar a conocer las investigaciones realizadas o en proceso, las actividades académicas, las reflexiones en torno a la ciencia y tecnología, la cultura científica y la sociedad, proyectos de vinculación y extensión de la cultura y los servicios.

### OBJETIVO

Dar a conocer el conocimiento que se crea, genera y enseña en la Universidad de Sonora con la finalidad de fortalecer la educación, la cultura científica, tecnológica y de la salud de los diversos sectores de la sociedad.

### ÁREAS GENERALES DE CONOCIMIENTO

- Ingenierías: materiales, metalurgia, civil, minas, industrial, ambiental, hidráulica, sistemas de información, mecatrónica, alimentos, energía, agua, entre otras.
- Ciencias exactas y naturales: geología, física, matemáticas, electrónica y ciencias de la computación.
- Ciencias biológicas y de la salud: investigación en alimentos, desarrollo regional, acuicultura, salud, biología, agricultura, entre otras.

### DIRIGIDA A

Los Sectores relacionados con la educación y la investigación, empresarios, dependencias gubernamentales, estudiantes de nivel medio superior, superior y posgrado, y sociedad en general.

### CONTENIDO DE LA REVISTA

Artículos de proyectos de investigación, reseñas, ensayos, información sobre ciencia y tecnología, eventos relevantes, convocatorias, noticias sobre educación y cultura.

### ENFOQUE DE LOS ARTÍCULOS

- Los artículos reflejarán lo más trascendente de la producción académica, los proyectos de ciencia, tecnología y sociedad que se realizan en la universidad y en particular en las tres divisiones académicas.
- Los artículos deberán de hacer mención de la trascendencia de lo expuesto, su impacto en la solución de problemáticas específicas de la sociedad, del sector industrial, de la educación, de la cultura, entre otras.
- Se incluirán artículos que integren y reflexionen en torno a la ciencia, la tecnología y la sociedad, que aporten elementos precisos que permitan profundizar en el análisis y proponer esquemas de colaboración entre los que producen el conocimiento y los beneficiarios o usuarios potenciales.
- El lenguaje escrito debe ser de buen nivel, con el rigor científico pero de divulgación, comprensible para un público no especializado de nivel bachillerato, empresarios y profesionistas de otras especialidades.

### ARBITRAJE

La revista es arbitrada en varios niveles. Comprende dos aspectos:

- Arbitraje académico: En todos los casos, los artículos serán arbitrados por pares académicos.
- Arbitraje de divulgación: Se evaluará el lenguaje y el significado de lo expuesto para que no pierda la idea original al tratarlos como artículos de divulgación. Participan en el arbitraje de académicos, expertos en divulgación científica.

\* Se les sugerirán adecuaciones y modificaciones para que sean tomadas en cuenta por los autores. En todos los casos se definirán los tiempos para las correcciones.

### CARACTERÍSTICAS DE LOS ARTÍCULOS

- La extensión de los artículos será máximo de 3,300 palabras con figuras y fotos, en Word con márgenes estándar. Se sugiere que los ensayos, reseñas, eventos académicos sean más cortos.
- Incluir fotos y gráficos de buena calidad en jpg o tiff de máxima resolución: 600 a 1000 píxeles.
- Utilizar tipo de letra arial de 12 puntos con doble espacio.
- Incluir los datos curriculares de los autores, especificando el área de adscripción, perfil profesional y correo electrónico.
- Las referencias bibliográficas deberán aparecer citadas en el texto con un número entre paréntesis y no ser más de 3 por párrafo. Ejemplo: (8)
- Al inicio del texto deberá hacerse una descripción breve del contenido del artículo que no sea mayor de 10 renglones y que dé una idea clara, los objetivos, conclusiones, resultados si los hay y que logre interesar al lector.
- Respecto a los autores y coautores, el primero que aparezca será el líder; los cuales en el caso del ensayo podrán ser un máximo de 3 y para el caso de los resultados de investigaciones podrán ser hasta 5. El comité evaluador se reserva el derecho de restringir el número de autores.
- El número de citas bibliográficas no deberá ser mayor de 10.
- Cuando la colaboración sea en la modalidad de ensayo, hacer uso de subtítulos que faciliten la lectura del texto.
- La presentación del artículo deberá ser en dos versiones: electrónica e impresa en papel, la primeras deberá enviarse al director de la revista, al correo: revista.epistemus@correom.uson.mx y al enlace divisional: División. de Cs. Exactas y Naturales (esalinas@correo.fisica.uson.mx), División de Cs. Biológicas y de la Salud (barragan@enfermeria.uson.mx) y División de Ingeniería (smgomez@iq.uson.mx).
- De publicarse el artículo, el autor deberá firmar una carta de sesión de derechos de autor, la cual se enviará al director de la revista una vez aprobada su publicación por el comité editorial.
- Los parámetros de evaluación comprenden varias etapas (divulgación y evaluación entre pares) por lo que se requiere que el artículo se apegue estrictamente al formato, que esté bien escrito; que los objetivos, desarrollo y conclusiones sean claras.

### FECHAS DE RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS

- Fecha límite de recepción de artículos: 21 de Septiembre del 2012.
- Diseño e impresión: Diciembre de 2012.

**Mayores informes: Con el responsable de la División correspondiente.**

**Versión Electrónica: [www.ingenierias.uson.mx](http://www.ingenierias.uson.mx)  
o al correo: [revista.epistemus@correom.uson.mx](mailto:revista.epistemus@correom.uson.mx)**



## SISTEMA ELECTRÓNICO Y SISTEMA DE INFORMACIÓN APLICADO A DOMÓTICA CON ACCESO REMOTO

RAFAEL CASTILLO ORTEGA, JORGE FRANCO ROMERO AGUILAR,  
IVÁN ALEJANDRO CHÁVEZ MORALES, JUDAS AMAVIZCA RAMÍREZ

*El presente artículo ofrece una propuesta de sistema automatizado aplicado a domótica con acceso remoto, como resultado de un proyecto de investigación en donde se obtuvo un producto de muy alta calidad y de bajo costo de implementación en comparación con los productos comerciales, lo que lo hace atractivo para su aplicación en el hogar, la oficina o en la industria, teniendo siempre en mente el uso racional de la energía eléctrica y el agua, con el ahorro de recursos energéticos y naturales y el respeto por el medio ambiente.*

M.C. RAFAEL CASTILLO ORTEGA  
Correo: rcastillo@industrial.uson.mx  
M.C. JORGE FRANCO ROMERO AGUILAR  
Correo: jromero@industrial.uson.mx  
ING. IVÁN ALEJANDRO CHÁVEZ MORALES  
Correo: ichavez@industrial.uson.mx  
ING. JUDAS AMAVIZCA RAMÍREZ  
Correo: jamavizca@industrial.uson.mx  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Universidad de Sonora



## INTRODUCCIÓN

Este artículo muestra el proceso llevado a cabo para diseñar un sistema de automatización aplicado a un edificio dentro de la Universidad de Sonora, el cual permite a los usuarios controlar dispositivos de iluminación, aire acondicionado y riego de áreas verdes.

Para el desarrollo del proyecto se aplicaron diferentes técnicas y tecnologías, las cuales se describen más adelante, tales como controladores lógicos programables, lenguajes de programación, modelos de redes de comunicación y administración de sistemas domóticos.

Desde tiempo atrás se ha venido trabajando con la inclusión de micro controladores en circuitos integrados, no sólo para controlar dispositivos de cómputo, sino para poder controlar autos, edificios, viviendas, etcétera. En México, desde 1991 existe el Instituto Mexicano del Edificio Inteligente (IMEI) que es una agrupación de empresas y profesionales vinculados con el concepto de "Edificio Inteligente", los cuales trabajan para difundir conceptos relacionados con la planeación, construcción, equipamiento y operación de edificios inteligentes, así como el uso adecuado de la tecnología.

Al trabajar con el concepto, se pretende ofrecer a las personas una manera más cómoda de vivir a la par de la búsqueda en el ahorro de energía. Es inevitable que la Universidad de Sonora al observar los beneficios que ofrece el concepto de Edificio Inteligente como son el ahorro de energía, seguridad, comunicación y confort, se haya dado a la tarea de buscar una forma de aplicar este modelo en sus edificios. Algunos de estos trabajos iniciaron desde el año 2009 en un trabajo conjunto entre maestros y estudiantes de los programas de Ingeniería en Mecatrónica e Ingeniería en Sistemas de Información, quienes desarrollaron una aplicación que simula un sistema de control digital implementado en el lenguaje de programación Python, lo que generó un sistema de control económico y funcional (1).

Para comprender los términos de la investigación presentamos algunos conceptos clave utilizados para el desarrollo del sistema de automatización.

## CONCEPTOS CLAVE

Domótica. Es la automatización y control centralizado y/o remoto de aparatos y sistemas eléctricos y electrotécnicos en la vivienda. Los objetivos principales de la domótica es aumentar el confort, ahorrar energía y mejorar la seguridad. (2).

Existe una gran variedad de soluciones con domótica, la cual varía desde un único dispositivo, que realiza una sola acción, hasta amplios sistemas que controlan prácticamente todas las instalaciones dentro de un edificio, laboratorio o vivienda. Los distintos dispositivos de los sistemas de domótica se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- a) Controlador, son los dispositivos que gestionan el sistema según la programación y la información que reciben. Puede haber un solo controlador, o varios distribuidos por el sistema.
- b) Actuador, es un dispositivo capaz de ejecutar y/o recibir una orden del controlador y realizar una acción sobre un aparato o sistema (encendido/apagado, subida/bajada, apertura/cierre, etcétera).
- c) Sensor, es el dispositivo que monitoriza el entorno captando información que transmite al sistema (sensores de agua, gas, humo, temperatura, viento, humedad, lluvia, iluminación, etcétera).
- d) Bus, es el medio de transmisión que transporta la información entre los distintos dispositivos por un cableado propio, por las redes de otros sistemas (red eléctrica, red telefónica, red de datos) o de forma inalámbrica.
- e) Interface, se refiere a los dispositivos (pantallas, móvil, internet, conectores) y los formatos (binario, audio) en que se muestra la información del sistema para los usuarios (u otros sistemas) y donde los mismos pueden interactuar con el sistema.

Es preciso destacar que todos los dispositivos del sistema de domótica no tienen que estar físicamente separados, sino varias funcionalidades pueden estar combinadas en un equipo (2).

Los sistemas de domótica actúan sobre, e interactúan con, los aparatos y sistemas eléctricos del edificio, laboratorio o vivienda según el programa y su configuración, la información recogida por los sensores del sistema, la información proporcionada por otros sistemas interconectados y la interacción directa por parte de los usuarios.

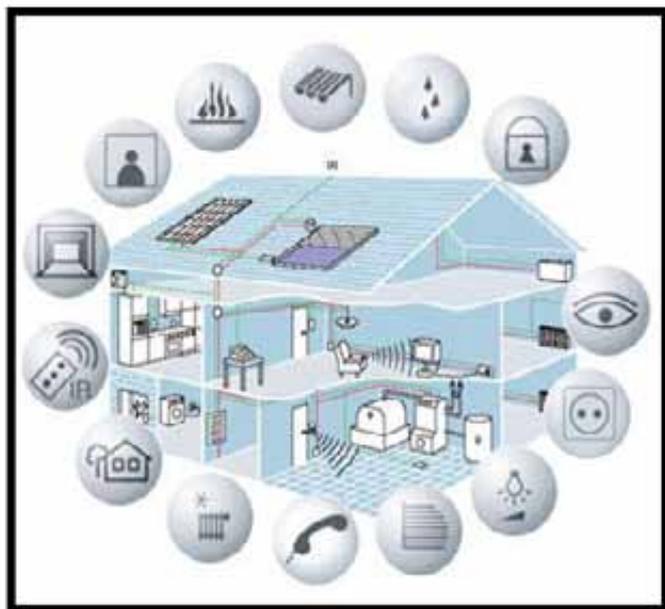


Figura 1. Aplicaciones tecnológicas utilizadas en Domótica.

**Edificios inteligentes.** Es difícil dar con exactitud una definición sobre un edificio inteligente, por lo que se citarán dos diferentes conceptos:

a). Según Intelligent Building Institute (IBI), es aquel que proporciona un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicio y administración, con las interrelaciones entre ellos. Los edificios inteligentes ayudan a los propietarios, operadores y ocupantes, a realizar sus propósitos en términos de costo, confort, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización.

b). Según la Compañía Honeywell, se considera como edificio inteligente aquel que posee un diseño adecuado que maximiza la funcionalidad y eficiencia en favor de los ocupantes, permitiendo la incorporación y/o modificación de los elementos necesarios para el desarrollo de la actividad cotidiana, con la finalidad de lograr un costo mínimo de ocupación, extender su ciclo de vida y garantizar una mayor productividad estimulada por un ambiente de máximo confort.

**Controlador PLC.** También llamado API (autómata programable industrial) es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja con base a la información recibida por

los captadores (sensores) y el programa lógico interno, el cual envía la información a los actuadores de la instalación (3).

**Computadora.** Una computadora es un sistema digital con tecnología microelectrónica capaz de procesar datos a partir de un grupo de instrucciones denominado programa. La estructura básica de una computadora incluye microprocesador (CPU), memoria y dispositivos de entrada/salida, junto a los buses que permiten la comunicación entre ellos. La característica principal que la distingue de otros dispositivos similares, como una calculadora no programable, es que puede realizar tareas muy diversas cargando distintos programas en la memoria para que los ejecute el procesador (3).

**Lenguajes de programación.** Son un conjunto de sintaxis y reglas semánticas que definen los programas del computador. Es una técnica estándar de comunicación para entregarle instrucciones al computador. Un lenguaje le da la capacidad al programador de especificarle al computador, qué tipo de datos actúan y qué acciones tomar bajo una variada gama de circunstancias, utilizando un lenguaje relativamente próximo al lenguaje humano. Un programa escrito en un lenguaje de programación necesita pasar por un proceso de compilación, interpretación o intermedio, es decir, ser traducido al lenguaje de máquina para que pueda ser ejecutado por el ordenador.

Para el desarrollo del sistema de automatización se utilizó el lenguaje de programación de Python el cual fue creado por Guido van Rossum, un programador de origen holandés que desarrolló este lenguaje a finales de los años 80 para el Centro de las Matemáticas y la Informática de los Países Bajos; que buscaba un lenguaje de programación para ser utilizado bajo el sistema operativo Amoeba de Andrew S. Tanenbaum que fuese capaz de sustituir al lenguaje ABC.

¿Y qué es Python? Es un lenguaje de programación de alto nivel que fue diseñado con una sintaxis muy limpia que permite obtener códigos que son fáciles de leer, es multiplataforma y soporta orientación a objetos, programación imperativa, e incluso, programación funcional (4).

Algunas de sus características son: lenguaje de programación simple, sencillo de aprender, libre y de fuente abierta, de alto nivel, portable e interpretado.

**EasyPort.** Es una interface USB para sensor, controlar y regular, y combinado a una PC se puede hacer el control de la energía eléctrica de cada una de las aulas del edificio.

## DESARROLLO

Se seleccionó el lenguaje de programación Python por ser un lenguaje fácil de entender, compilar, portable, permite el desarrollo web y la construcción de librerías de controladores, además de estar de forma predeterminada integrado con el sistema operativo Linux, mismo sistema operativo que fue seleccionado para albergar la aplicación de control y la interfaz de usuario en ambiente web. Linux es un sistema operativo de libre distribución y código



abierto. Microsoft Windows fue una opción de plataforma, pero presentó algunas dificultades en cuanto al proceso de comunicación con dispositivos como el EasyPort, además este sistema operativo requiere la compra de una licencia de uso. Se buscaba disminuir costos y tener un sistema estable y seguro, por lo que se optó por el sistema operativo Linux.

El proyecto se pretende implementar en el edificio 5K del Departamento de Ingeniería Industrial que cuenta con las siguientes áreas: un laboratorio, oficinas y baños en el primer piso, 5 aulas en el segundo y tercer piso. Cada aula cuenta con luz, un equipo de cómputo, un proyector y un aparato de aire acondicionado. Las aulas del tercer piso y el laboratorio se abren con cerradura normal, pero las aulas del segundo piso utilizan tarjeta electrónica. Cada piso cuenta con iluminación en los pasillos.

El control (apagado y encendido), de cada uno de los dispositivos del edificio 5K, se hace de manera manual; el control de energía se hace desde una caja de control principal que cuenta con los interruptores para el sistema eléctrico del edificio.

## MODELO PROPUESTO

Con base a las características, ventajas y desventajas de uso de los controladores mencionados, se seleccionó la implementación de un PLC y hacerlo de manera virtual. Esta es la combinación de un EasyPort con una computadora, que implementa una librería en Python, la cual simula las veces de un controlador lógico programable (8) y (9). El modelo del sistema propuesto es el que se muestra en la siguiente figura:

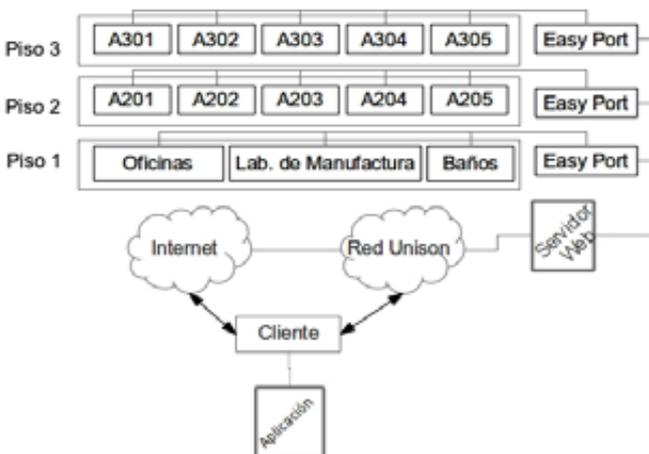


Figura 2. Modelo del sistema propuesto.

Se colocarán 3 EasyPort uno en cada uno de los pisos del edificio 5K, los cuales estarán conectados por USB a un servidor WEB del primer piso, cada EasyPort ocupará un puerto USB del servidor.

## El dispositivo EasyPort controlará lo siguiente:

- I. Piso 3, la iluminación de los pasillos así como el de las escaleras, para cada aula se controlará el aire acondicionado, la iluminación que está vinculada con el proyector, la iluminación que no está vinculada con el proyector.
- II. Piso 2, la iluminación de los pasillos así como el de las escaleras, para cada aula se controlará el aire acondicionado, la iluminación que está vinculada con el proyector, la iluminación que no está vinculada con el proyector.
- III. Piso 1, la iluminación de los pasillo así como el de las escaleras, para las oficinas se controlará el aire acondicionado, la iluminación de las oficinas de administración (las 3 oficinas individuales), la iluminación del área de las secretarías y baños; en la parte del laboratorio se controlará el aire y la iluminación, para los dos baños se controlará sólo la iluminación.
- IV. Se tendrá un control sobre la electroválvula que enciende el riego de las áreas verdes.

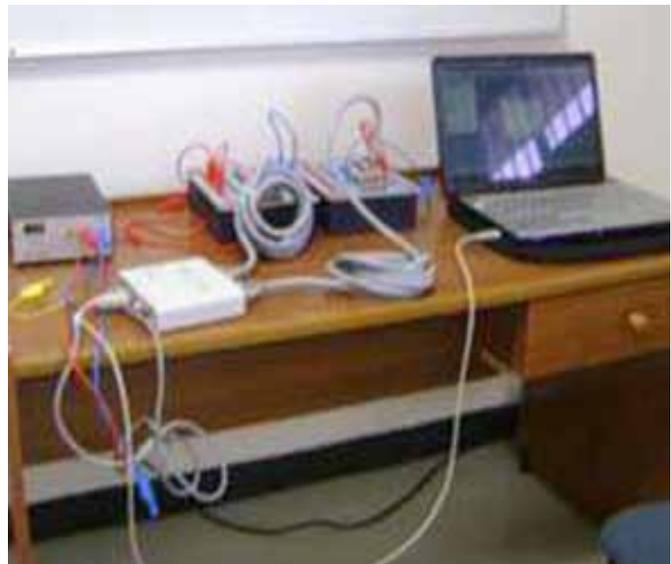


Figura 3. Equipo experimental del PLC Virtual.

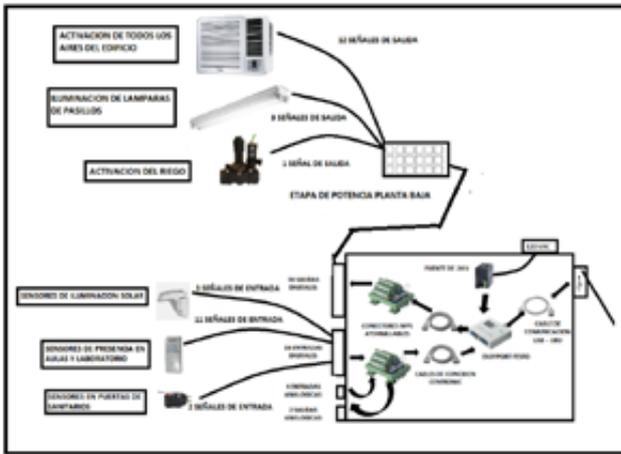


Figura 4. Representación gráfica del EasyPort 1.

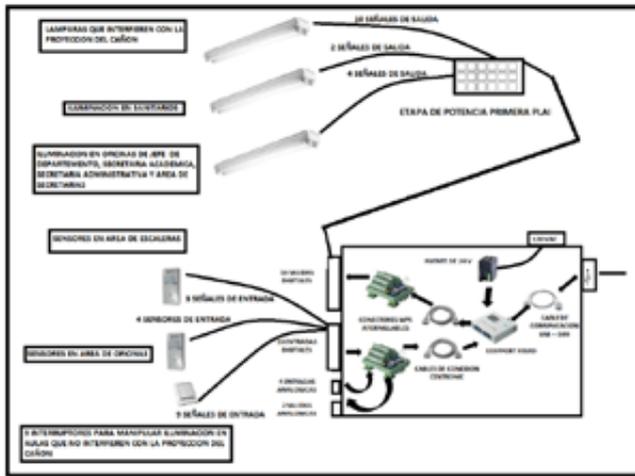


Figura 5. Representación gráfica del EasyPort 2.

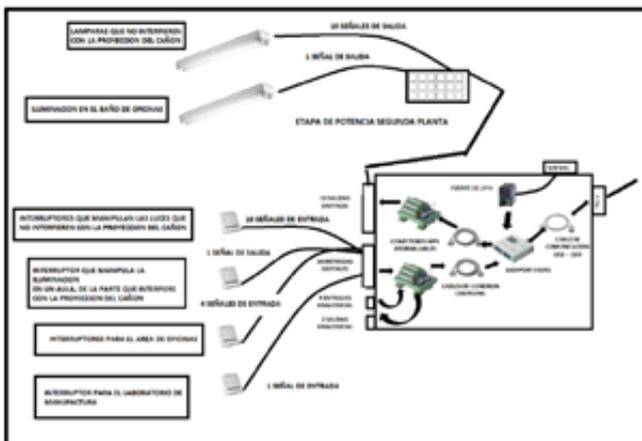


Figura 6. Representación gráfica del EasyPort 3.

El servidor Web tendrá instalado un sistema operativo Linux, el cual incluye una versión de Python, por lo que sólo se instalará el servidor Apache, un software que permitirá tener el servicio para sistemas Web. El lenguaje Python tiene librerías para ser utilizado en páginas Web, sólo es necesario configurarlo en el servidor Web Apache.

Este servidor estará conectado a la red de la Universidad de Sonora, por lo que el sistema basado en Web podrá ser accedido desde la red interna de la Universidad, si es necesario podría ser configurado para ser accedido desde el exterior de la Universidad.

Se incluye el gestor de base de datos MySQL que también es software de libre distribución, la cual servirá para administrar la información del sistema, almacenando las tablas para el control de usuarios del sistema. Con esto se agrega seguridad al sistema, evitando que cualquier persona ingrese a él. Claro, las contraseñas de los usuarios se almacenarán codificadas en la base de datos.

Se implementó el control de acceso, en el sistema pedirá el nombre del usuario y su contraseña, de no ser correctas se volverán a pedir hasta escribir el nombre y contraseña correctos, posteriormente presentará la interfaz de administración de equipos y áreas del edificio. El sistema almacenará también la información de cada una de las señales de salida de 7:00 a.m. a 21:00 p.m., los 365 días del año, para que de forma automática el sistema ejecute la programación previamente cargada y se puede monitorear y controlar manualmente por el sistema de la página web en tiempo real. El sistema se alimenta con la información de la base de datos y de los sensores, monitoreando cada 5 minutos el estado de los dispositivos controlados por el PLC Virtual a través del EasyPort.

La interfaz de principal presenta controles para cada dispositivo mostrando el estado de los mismos; por ejemplo, si el aire acondicionado está encendido, el botón aparecerá como *apagar*, si está apagado el botón cambiará a encender. Presionando el botón para cada una de las opciones enviará una señal al EasyPort al que se encuentre conectado y lo transmitirá a su respectivo componente para realizar la operación correspondiente, con esto, el estado cambiará a ON si el estado estaba en OFF, y a OFF si su estado estaba en ON, respectivamente para cada una de las opciones que se muestran en la pantalla. Es posible controlar todo el edificio, o cada uno de los pisos, y cada una de las aulas individualmente.

A través de los sensores podrán ser verificados los estados (encendido o apagado) de los equipos. También se podrá apagar la iluminación de los pisos y las escaleras. Como medida de protección del equipo se propone establecer un tiempo de retraso de 5 minutos entre el apagado y el encendido del aparato de aire acondicionado.

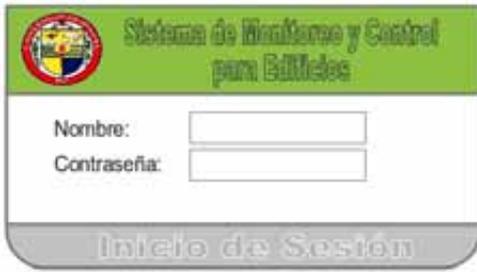


Figura 7. Inicio de sesión.

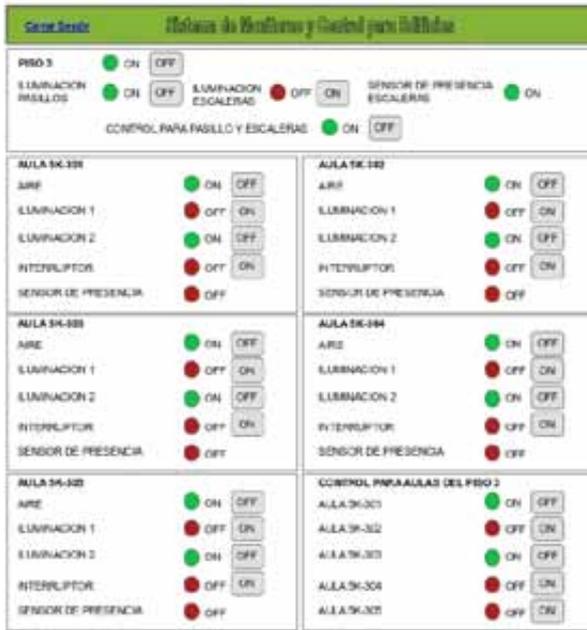


Figura 8. Página de monitoreo y control de piso 3 Edificio 5K parte 1.

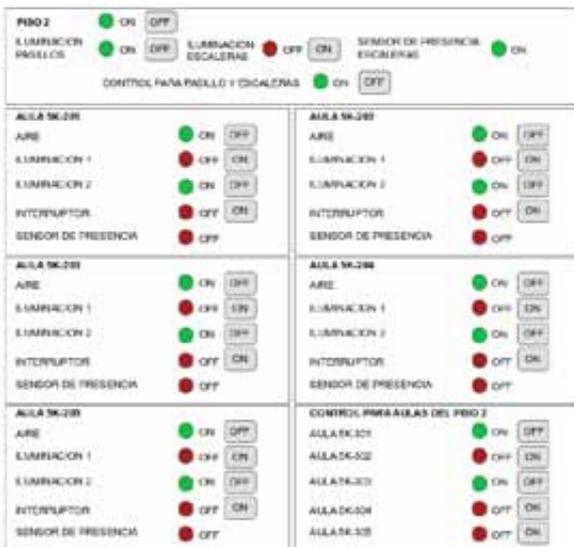


Figura 9. Página de monitoreo y control de piso 2 Edificio 5K parte 2.

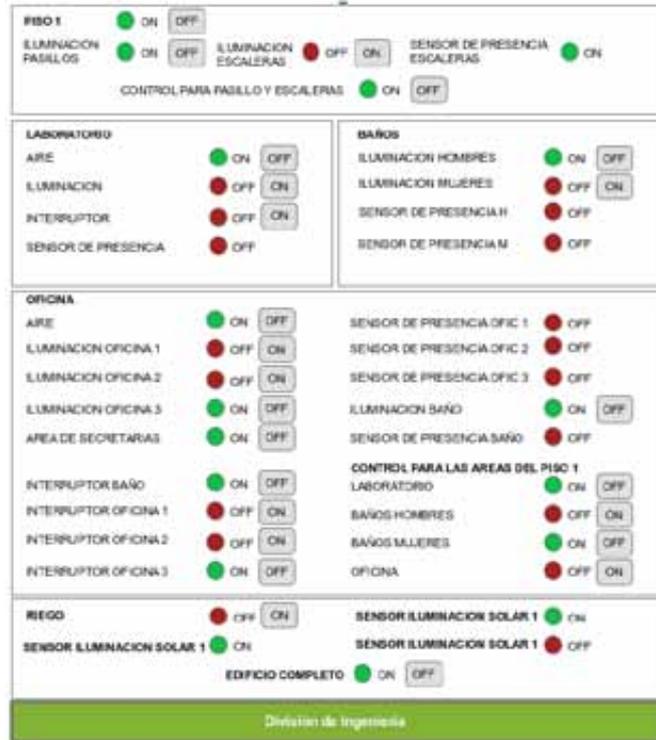


Figura 10. Página de monitoreo y control de piso 1 Edificio 5K parte 3.



Figura 11. Base de datos para el programa de monitoreo y control (módulo de captura de datos).

## IMPLEMENTACIÓN

Para implementarlo se requiere un servidor, el cual tendrá instalado el sistema operativo Linux, en particular Linux Ubuntu 11.10. Es necesaria la instalación de los servicios de Apache y Mysql que son un requisito mínimo para que el sistema funcione con seguridad al momento de inicio de sesión del sistema. Python comúnmente está preinstalado en Linux. Es necesario configurar el servidor Apache, como se mencionó anteriormente. Se cuenta como desarrollo anterior de la librería que permite la comunicación con el EasyPort, por lo que sólo hay que colocarla en la carpeta en donde estarán los archivos del sistema web (/var/www/

sysplc), esta librería permite que la computadora y el EasyPort funcionen como PLC Virtual.

El servidor estará en el Piso 1, en las oficinas administrativas en donde se agregará a la red de la Universidad de Sonora, permitiendo que cualquier equipo que se encuentre en el segmento de red de la División de Ingeniería permita ingresar al sistema, y en un futuro que éste pueda ser visto en toda la red de la Universidad y en el mundo, es decir, desde Internet.

## RESULTADOS

La interfaz obtenida se accede vía web, lo que permite que el sistema de automatización sea administrado de manera remota; con esto se disminuye el esfuerzo físico al evitar tener que ir personalmente a cada una de las ubicaciones para saber su estado. También existe de acuerdo a las herramientas propuestas, una disminución en el costo por la falta de compra de licencias de software, tanto para el sistema operativo como para el lenguaje de desarrollo.

Se realizó una estimación de los costos de implementación del proyecto.

Tabla 1. Tabla de costos de implementación del proyecto.

Equipo o Dispositivo	Precio unitario	Cantidad	Importe
Computadora de Escritorio	\$ 6,000.00	1	\$ 6,000.00
Easy Port	\$ 10,374.00	3	\$ 31,122.00
Fuente de alimentación de 12 Voltios	\$ 9,900.00	3	\$ 29,700.00
Unidades de Conexión D	\$ 4,095.00	6	\$ 24,570.00
Cables de datos	\$ 762.00	6	\$ 4,572.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 95,964.00</b>

Como comparativo mencionaremos que la compra de un PLC (Controlador Lógico Programable) con software y licencia correspondiente tiene un costo de \$70,000.00 (m.n.), son necesarios 3 para un proyecto como éste sin contar aún con los sensores y actuadores; también debe considerarse ciertas limitantes en cuanto al software propietario. Lo anterior arroja un costo de \$210,000.00 pesos, únicamente por los PLC. Hacemos notar que empresas españolas ofrecen el servicio de automatización de edificios con un costo de \$20,000.00 euros.

Con la información anterior podemos observar que esta propuesta ofrece un modelo económico mejor con

respecto a la competencia. Es importante mencionar que es necesaria la implementación de este proyecto para monitorear el gasto de energía eléctrica y agua para determinar el ahorro con respecto a la implementación y el beneficio real, reflejado en el ahorro del consumo, y el tiempo de recuperación de la inversión.

## CONCLUSIONES

La responsabilidad de administrar la energía eléctrica no es sólo de los trabajadores de la Universidad de Sonora, sino de todos; este sistema va más allá del simple hecho de ahorrar energía, tiene otro objetivo, por así decirlo: crear conciencia sobre los aspectos de cuidado del medio ambiente.

Se pretende disminuir los costos y aumentar el tiempo de vida de los dispositivos de apoyo a la formación de muchos estudiantes. Se puede observar una administración responsable de los recursos, al ver que se hacen esfuerzos por controlar el uso consciente de la energía eléctrica, la cual puede en un momento dado, llevarlo a toda la Universidad o bien al hogar, y obtener los resultados esperados para el edificio 5K del Departamento de Ingeniería Industrial. Todo monitoreado y controlado remotamente, obteniendo una mayor independencia a través de las tecnologías de Internet.

Consideramos importante promover la aplicación de las tecnologías que permiten controlar desde un lugar remoto dispositivos, por el confort que brindan, pero sobre todo aquellos que tienen como finalidad apoyar el uso responsable de los recursos naturales y el cuidado de nuestro planeta.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Romero, Jorge. Castillo Rafael, Libro electrónico *Avances en tecnologías de la información*. INTERNACIONAL ANIEI 2009. (2009, p. 465)
- 2) Huidobro Moya, J. M., Manual de Domótica, Creaciones Copyright, 2010
- 3) Webb, John, Programmable Logic Controllers Principles and Applications, Prentice Hall, 1992
- 4) Lie Hetland, Magnus, Beginning Python from Novice to Professional, Apress, 2005
- 5) Abel, Peter, Lenguaje Ensamblador y Programación para PC IBM y Compatibles, Pearson Prentice Hall, 3ra Edición, 2005.
- 6) Deitel & Deitel, Java Como programar, Prentice Hall, 7ma Edición, México, 2008.
- 7) Bolton, W. Mecatrónica (2009, p. 23)
- 8) Amavizca Ramírez, Judas. Tesis Universidad de Sonora Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica: Sistema Electrónico aplicado a Domótica, Enero de 2012.
- 9) Chávez Morales, Iván Alejandro, Tesis Universidad de Sonora Licenciatura en Ingeniería en Sistemas de Información: Sistema de Información aplicado a Domótica con Acceso remoto, Enero de 2012.



## VISCOELASTICIDAD DE POLÍMEROS EN SOLUCIÓN ACUOSA: ESTUDIO MICROREOLÓGICO-ESTRUCTURAL

ROGELIO GÁMEZ CORRALES, EMMANUEL ROBLES ÁVILA

*En este trabajo se presenta un estudio del comportamiento viscoelástico de dos sistemas de polímeros que forman geles físicos transitorios: ácido desoxirribonucleicos (ADN) disuelto en buffer y un polímero asociativo del tipo multiuniones, ambos en el régimen de concentraciones semidiluido no entrelazado. La viscoelasticidad lineal se estudió utilizando la técnica de reología mecánica, determinando los módulos elástico  $G'(\omega)$  y viscoso  $G''(\omega)$  en el rango de deformaciones de bajas frecuencias y la técnica de microreología óptica para altas frecuencias. La implementación de ambas técnicas, en el estudio reológico de estos sistemas, permite extender el rango de oscilaciones de  $100\text{ s}^{-1}$  a  $100,000\text{ s}^{-1}$ , permitiendo entender la conexión que existe entre la propiedad de viscoelasticidad de las soluciones acuosas y la estructura microscópicas de estos dos sistemas bajo deformaciones externas.*

DR. ROGELIO GÁMEZ-CORRALES.

Departamento de Física.

Correo: rogelio@correo.fisica.uson.mx

M.C. EMMANUEL ROBLES ÁVILA.

Departamento de Investigación  
en Polímeros y Materiales.

Correo: emmanuel.robles@correo.fisica.uson.mx

Universidad de Sonora

## INTRODUCCIÓN

La reometría es una técnica muy útil para obtener información de las propiedades mecánicas de los materiales, por lo que en la industria es muy utilizada como una técnica estandarizada para la determinación de la elasticidad, viscosidad y/o viscoelasticidad. Sin embargo, el potencial de esta técnica no se limita únicamente a la determinación de las propiedades macroscópicas o de bulto de los materiales, sino que también permite entender a nivel microscópico la estructura, así como las interacciones moleculares que dan origen a las propiedades reológicas (e.g. la difusión de cadenas de polímeros). A pesar de las bondades que ofrece esta técnica en el estudio de los materiales complejos, tiene limitaciones que la hacen difícil de aplicar e interpretar. Por ejemplo, la poca cantidad de muestra que se encuentra en algunos sistemas como es el caso de materiales biológicos, o donde la estructura se destruye a deformaciones muy pequeñas. Además de necesitar gran cantidad de muestra para realizar las mediciones, también se encuentra con efectos inerciales al operar los reómetros a altas frecuencias, disminuyendo así el rango efectivo de las diferentes deformaciones aplicadas sobre la muestra.

Recientemente se han innovado técnicas experimentales con la finalidad de estudiar a nivel local microscópico el comportamiento reológico de los fluidos complejos. Estas técnicas se basan principalmente en introducir en el sistema de estudio, partículas coloidales débilmente interactuantes con el medio circundante (Figura 1), y posteriormente realizar las mediciones del desplazamiento cuadrático medio con la finalidad de determinar la dinámica traslacional de las partículas. Así, las propiedades mecánicas de los materiales pueden ser determinadas cuantificando el desplazamiento cuadrático medio de las partículas de prueba, derivados de las fluctuaciones térmicas del medio, los desplazamientos cuadráticos medios pueden ser medidos utilizando una variedad de técnicas experimentales como: dispersión de onda difusiva (DWS), video microscopía, dispersión dinámica de luz (DLS), entre otras[1]. El rango máximo de frecuencias de microreología está limitado a la resolución temporal del instrumento utilizado en la medición de la difusión de las partículas de prueba[2]. En la Figura 2, se muestra una representación esquemática de las técnicas de reología mecánica y de microreología utilizando dispersiones de luz y sus limitantes en el rango de frecuencia. En el caso de DLS, la variación temporal de la intensidad dispersada en un medio ergódico permite obtener la difusión de las partículas trazadoras en el medio viscoelástico. Esto es, los desplazamientos cuadráticos medios  $\langle \Delta r^2(t) \rangle$  de las partículas se obtienen a partir de las funciones de autocorrelación de intensidades  $g_2(t)$ . La técnica de dispersión dinámica de luz permite una resolución temporal y espacial, aproximadamente de  $10^{-6}$ s y  $10^{-1}$ nm respectivamente. Las propiedades viscoelásticas del material son obtenidas utilizando la ecuación generalizada de Stokes-Einstein asumiéndose que el medio puede ser descrito por una viscosidad compleja dependiente de la frecuencia. Donde las propiedades viscoelásticas locales pueden ser descritas utilizando los módulos elásticos  $G'(\omega)$  y viscosos  $G''(\omega)$ , derivados de la difusión de las partículas de prueba dispersas en el medio complejo. Originalmente esta ecuación fue formulada para coloides monodispersos en un medio puramente viscoso.

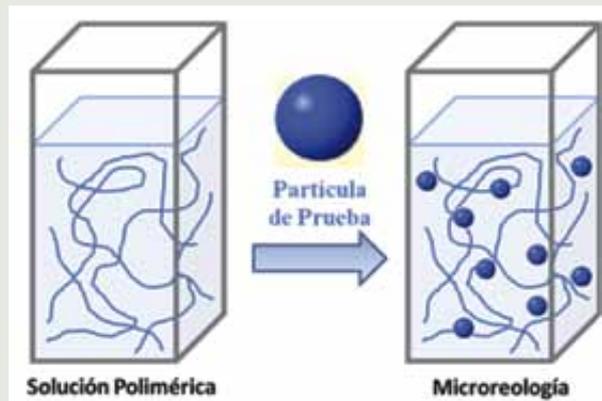


Figura 1. Representación esquemática de los sistemas de geles físicos con y sin partículas coloidales inmersas en la solución.

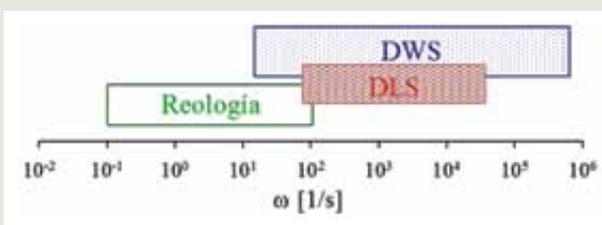


Figura 2. Representación esquemática de las técnicas de reología mecánica y microreología utilizando dispersiones de luz (DWS, DLS) y el rango de frecuencias válido.



La técnica de microreología ha resultado ser una técnica experimental fundamental en la correlación de las propiedades viscoelásticas y la estructura microscópica de una gran cantidad de materiales, como: tensoactivos, polímeros, biopolímeros, polímeros asociativos [3], coloides e inclusive sistemas biológicos como el ADN [4] o los filamentos de actina. Los polímeros asociativos hidrófobamente modificados (PA) son macromoléculas compuestas por un esqueleto hidrófilo y grupos hidrófobos repartidos a ambos extremos de la cadena principal (telequéricos) y/o a lo largo del esqueleto (tipo combinado y multiuniones).

En solución acuosa, los PA se auto asocian formando agregados, donde los grupos hidrófobos constituyen el núcleo del agregado y los grupos hidrófilos actúan como barreras protectoras, evitando el contacto de los hidrófobos con el disolvente acuoso. El radio típico de los agregados es de 10 a 40 nm, incluyendo al núcleo hidrocarbonado de 4 nm. Mientras que el ácido desoxirribonucleico (ADN) es una molécula cargada, semiflexible lineal, compuesta de doble cadena que contiene la información genética para el desarrollo biológico de las células vivas. En disolución acuosa al incrementarse la concentración de ADN y por encima de la concentración crítica  $\phi^*$ , las moléculas se entrelazan presentando el sistema comportamientos viscoelásticos más complejos. Una caracterización estructural y reológica del ADN en disolución acuosa o en salmuera es esencial para aplicaciones del tipo génica [5]. El comportamiento viscoelástico complejo que presentan los PA y el ADN en disolvente acuoso es debido, en gran parte, a la estructuración en redes temporales tridimensionales conformada por las uniones entre agregados. Hoy en día y a pesar de la gran cantidad de estudios llevados a cabo en los sistemas de redes temporales tridimensionales de PA y de ADN, aún no, se ha determinado el origen de la viscoelasticidad en terminos estructurales.

En este trabajo se presenta el comportamiento viscoelástico de dos sistemas que forman geles físicos transitorios: ácido desoxirribonucleicos (ADN) disuelto en buffer y el polímero asociativo del tipo multiuniones en el régimen semidiluido no entrelazado en disolución acuosa, mediante las técnicas experimentales de reología mecánica y microreología, en función de la concentración de PA y ADN respectivamente y del tamaño de las partículas de prueba.

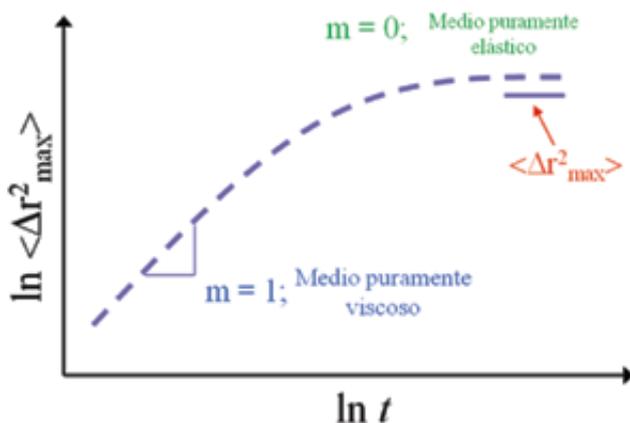


Figura 3. Esquema del desplazamiento cuadrático medio de sistemas de partículas coloidales dispersas en sistemas viscoelásticos. La pendiente  $m=1$  muestra el comportamiento típico de partículas difundiéndose en un medio puramente viscoso, y  $m=0$  corresponde a un medio puramente elástico.



Figura 4. Esquema de obtención de los módulos viscoelásticos a partir del desplazamiento cuadrático medio.

## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### 2.1. Preparación de muestras de Polímeros Asociativos

El polímero asociativo de tipo multiunión (PAM-co-DOAM) utilizado en este trabajo es una poliacrilamida (PAM) modificada hidrófobamente, con un peso molecular de  $M_w = 209,000$  g/mol y un índice de polidispersidad,  $M_w/M_n = 2.5$ , con pequeñas cantidades de *N,N*-dioctilacrilamida (DOAM) (1% molar), y fue obtenido mediante polimerización por radicales libres en solución.

### 2.2. Preparación de muestras de ADN

Todas las muestras tanto de PA, como de ADN fueron preparadas pesando soluto y solvente. En el caso particular de ADN fueron preparadas pesando ADN de timo de ternera con 13,000 pares de bases (Sigma-Aldrich) en buffer acuoso (10 mM Tris-HCl y 0.1 mM EDTA) con un pH ajustado a 8.0 en viales de 20 mL.

### 2.3. Muestras con partículas coloidales

Para el estudio microreológico se realizaron muestras de PA y ADN con partículas esféricas trazadoras de poliestireno dispersas en las soluciones. Las partículas utilizadas son de la marca DukeScientific© con un diámetro de  $0.3 \mu\text{m}$  y una concentración en la muestra de 0.002% en peso. Tanto el tamaño como la concentración de la partícula en solución, se escogió pensando en evitar contribuciones reológicas debido al movimiento traslacional de las partículas a nivel microscópico y evitar que las soluciones se tornaran turbias por efecto de la alta concentración, provocando dispersión múltiple.

### 2.4. Reología lineal oscilatoria

Las mediciones de reología lineal oscilatoria fueron llevadas a cabo utilizando un reómetro de la marca Anton-Paar de esfuerzo controlado, modelo MCR300. La geometría utilizada fue de cono-plato (50 mm de diámetro

y un ángulo de contacto  $\alpha = 0.98^\circ$ ). La disminución de la evaporación del disolvente de las muestras se redujo utilizando una cubierta húmeda sobre la geometría. El control de temperatura se realizó utilizando un sistema tipo Peltier.

### 2.5. Dispersión Dinámica de Luz

Las mediciones de dispersión dinámica de luz se realizaron con un dispersor ALV/DLS/SLS-5000 ALV GmbH; Langen, Alemania, y utilizando un láser Helio-Neón con una longitud de onda de 632.8nm. La función de autocorrelación intensidad normalizada en tiempo real es definida

$$g_2(k, t) = \langle I(k, 0)I(k, t) \rangle / \langle I(k, 0) \rangle^2 \quad (1)$$

donde  $g_2(k, t)$  es la función de correlación de intensidades,  $\langle \dots \rangle$  denota el promedio temporal, y  $k = (4\pi n/\lambda) \sin(\theta/2)$ , es el vector de onda dispersada. En este trabajo, el índice de refracción fluctúa alrededor de 1.338, y el ángulo de dispersión se mantuvo fijo a  $90^\circ$ . La función de correlación experimental está relacionada con la función de autocorrelación normalizada por medio de la ecuación de Siegert  $g_2(t) = 1 + \beta |g_1(t)|^2$ , donde  $\beta$  es un factor de corrección experimental que depende del arreglo óptico del equipo y es próximo a 1. Suponiendo una distribución gaussiana, el desplazamiento cuadrático medio  $\langle \Delta r^2(t) \rangle$  de las partículas puede ser calculado a partir de la función de correlación de campo electromagnético  $g_1(t) = \exp[-(k^2/6) \langle \Delta r^2(t) \rangle]$ . Para el caso de partículas trazadoras esféricas, rígidas y monodispersas, la dinámica traslacional depende del coeficiente de difusión  $D_0$ , que es obtenido a partir del coeficiente de difusión Stokes-Einstein dado por la ecuación  $D_0 = \frac{k_B T}{6\pi a \eta}$ , donde  $k_B T$  es la energía térmica del sistema,  $a$  es el radio de la partícula y  $\eta$  la viscosidad del medio circundante a las partículas de prueba. La ecuación de Stokes-Einstein se generaliza al considerar que el medio presenta una viscosidad compleja  $\eta^*(\omega)$ .



## 2.6. Microreología

La microreología en la práctica se basa en agregar partículas coloidales al sistema que se está estudiando. En la Figura 1 se muestra esquemáticamente el procedimiento utilizado para el caso particular de PA y del ADN en disolventes acuosos. Es indispensable que la interacción entre la matriz viscoelástica y las partículas coloidales sea muy débil o nula, con la finalidad de no modificar el comportamiento reológico de la matriz. Así, las partículas coloidales tienden a moverse dentro de la matriz compleja, por efecto de las fluctuaciones térmicas del entorno, haciendo posible utilizar la ecuación de *Stokes-Einstein* para determinar la viscoelasticidad del medio en el cual se encuentran dispersas. El movimiento browniano de las partículas es cuantificado por medio del desplazamiento cuadrático medio,  $\langle \Delta r^2(t) \rangle$  que realizan las partículas. En el caso de medios viscosos  $\langle \Delta r^2(t) \rangle$  mantiene una tendencia lineal con el tiempo, con pendiente 1 (ver Figura 3), mientras que en el caso de un medio sólido el valor es 0.

La obtención de las propiedades elásticas y/o viscosas del medio puede ser calculada utilizando varios métodos matemáticos, como se muestra en la Figura 4. La ruta utilizada en este trabajo para determinar la viscoelasticidad de las disoluciones de PA o de ADN por medio de microreología, es la desarrollada por *T.G. Mason et al.*, basada en la utilización de una aproximación analítica [6]. El método analítico de Mason, hace una relación entre los módulos de almacenamiento de energía  $G'(\omega)$ , y de pérdida  $G''(\omega)$ , con el desplazamiento cuadrático medio de las partículas de prueba:

$$G'(\omega) = |G^*(\omega)| \cos\left[\frac{\pi\alpha(\omega)}{2}\right] \quad \text{y} \quad G''(\omega) = |G^*(\omega)| \sin\left[\frac{\pi\alpha(\omega)}{2}\right] \quad (4)$$

con,

$$|G^*(\omega)| \approx \frac{k_B T}{\pi a \langle \Delta r^2(1/\omega) \rangle \Gamma[1 + \alpha(\omega)]} \quad (5)$$

donde,  $\alpha(\omega)$  es el exponente de la ley de potencias que describe la pendiente logarítmica del  $\langle \Delta r^2(t) \rangle$  a  $t = 1/\omega$ , es decir:

$$\alpha(\omega) = \frac{d \ln \langle \Delta r^2(t) \rangle}{d \ln t} \bigg|_{t=1/\omega} \quad (6)$$

El módulo complejo puede relacionarse con la viscosidad compleja a través de la expresión  $\eta^*(\omega) = G^*(\omega) / \omega$ .

## 2.7 Resultados y discusiones

La Figura 5 muestra el desplazamiento cuadrático medio  $\langle \Delta r^2(t) \rangle$  de las disoluciones de PA y ADN respectivamente. El tamaño y concentración de partículas coloidales se mantuvo constante en ambas mediciones ( $d = 0.3 \mu\text{m}$ ;  $\phi = 0.002\%$  p / p), la concentración de soluto varió de  $\phi = 3\%$  p / p para la disolución de PA y  $\phi = 2 \text{ mg} / \text{mL}$  para la disolución de ADN, ambas mediciones se realizaron a  $30^\circ\text{C}$ . En la Figura 5 se observa que predominan dos regímenes temporales cercano a los 2ms para ambos sistemas. En el régimen a tiempos cortos, la disolución de PA muestra un comportamiento subdifusivo con una pendiente de 0.3, mientras que en el caso de disoluciones de ADN, el comportamiento dominante es difusivo (valor de pendiente 1). A tiempos largos, las partículas de prueba dispersas en la disolución de PA se difunden con una

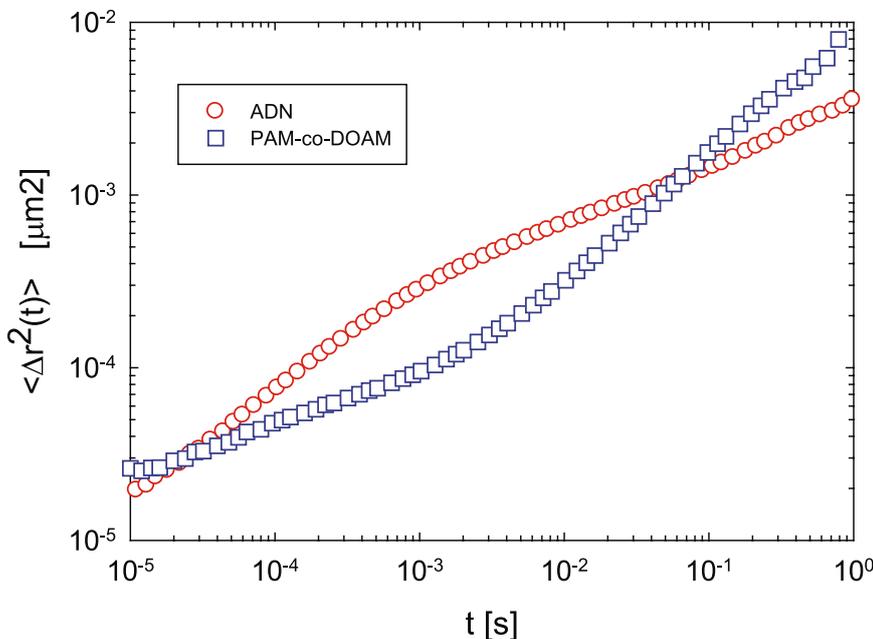


Figura 5.- Desplazamiento cuadrático medio de ADN (círculos vacíos) en disolución a una concentración 2 mg/mL con partículas coloidales de  $0.3 \mu\text{m}$  a una concentración de 0.002% en peso. Los cuadros vacíos corresponden a disoluciones acuosas de PA multiuniones a  $\phi = 3\%$  en peso con partículas coloidales (a  $0.3 \mu\text{m}$  a 0.002% en peso) y  $T = 30^\circ\text{C}$ .

pendiente de 0.6. En el caso de las disoluciones de ADN, se observa que en el régimen a tiempos largos predomina un movimiento subdifusivo con una pendiente de 0.3. Estos comportamientos corresponden a estados intermedios entre el estado viscoso y el elástico reflejando el ambiente complejo en el que se difunden las partículas coloidales, formadas por las redes temporales de ambos sistemas.

Cabe mencionar que todas las concentraciones tanto de los PA como del ADN, utilizados en este trabajo se encuentran en el régimen semidiluido no entrelazado [7]. Los valores de concentraciones de soluto, fueron elegidos debido a que la técnica de microreología utilizando DLS es muy precisa en este régimen de concentración, debido a que el medio viscoelástico es homogéneo.

En la Figura 6 se muestran los módulos elástico  $G'(\omega)$  y viscoso  $G''(\omega)$  en función de la frecuencia ( $0.1s^{-1} \leq \omega \leq 100s^{-1}$ ) de disoluciones acuosas del PA a una concentración de  $\phi = 3\% p/p$  y a una temperatura de  $30^\circ C$ . La concentración de partículas se mantuvo constante ( $\phi = 0.002\% p/p$ ). Estas mediciones son obtenidas utilizando reología oscilatoria, con una deformación en el régimen lineal, y complementadas con mediciones de microreología utilizando el método analítico de Mason et al. [8]. En estas mediciones, la variación en el diámetro de las partículas empleadas en este trabajo no genera cambios significativos en los módulos viscoelásticos respecto a la solución del PA o de ADN sin partículas trazadoras[9, 10].

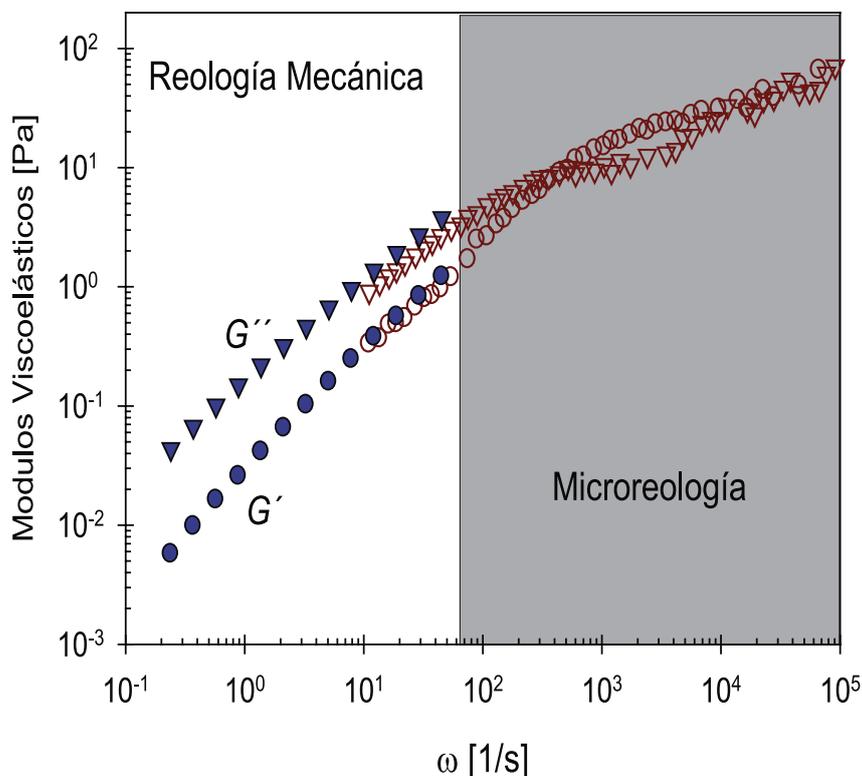
Así mismo, se observa un comportamiento viscoelástico, donde el módulo viscoso predomina sobre el módulo elástico. Ambos módulos presentan un comportamiento en leyes de potencias próximo a 1, la extrapolación de estos módulos a frecuencias superiores a  $100 s^{-1}$  da como resultado un tiempo de relajación característico del sistema  $\lambda \approx 0.16ms$ . Por otra parte, se observa un buen traslape entre las mediciones de bulto o reología mecánica con las realizadas con la técnica de microreología permitiendo asociar mecanismos responsables de los comportamientos viscoelásticos de los sistemas estudiados, con sus comportamientos macroscópicos.

Los módulos viscoelásticos muestran una tendencia compleja, caracterizado por una desviación de las pendientes logarítmicas de un comportamiento en un medio puramente viscoelástico. De tal manera que no puede ser interpretado por un modelo mecánico ideal como el de Maxwell, siendo necesario utilizar teorías de polímeros más complejas.

Los comportamientos viscoelásticos de estos dos sistemas de PA y ADN, muestran, respectivamente, leyes de potencias correspondientes a los modos de respiración de Rouse (a frecuencias altas), donde ambos módulos viscoelásticos  $G'(\omega)$  y viscoso  $G''(\omega)$  presentan una pendiente logarítmica de 1/2.

El modelo de Rouse es formulado al considerar un conjunto de resortes acoplados de manera lineal, los

Figura 6. Microreología (símbolos abiertos) versus reología mecánica (símbolos cerrados) de PA multiuniones en soluciones a una concentración en peso del 3% con partículas de  $0.3\mu m$  a  $0.002\%$  de concentración y a  $T=30^\circ C$ .





cuales están caracterizados por una masa puntual y una constante de resorte. Este modelo es válido en el caso de sistemas poliméricos en el régimen de concentraciones diluidas. Sin embargo, en sistemas complejos, no siempre representa totalmente el comportamiento real. Como se puede apreciar, una clara desviación de este comportamiento típico del modelo de Rouse a frecuencias intermedias, donde en dos ocasiones se entrecruzan los valores de los módulos viscoelásticos. Las frecuencias de entrecruzamiento denotan transiciones entre los regímenes, dominado por una dinámica de rompimiento de agregados y el dominado por Rouse.

### CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó el estudio de las propiedades viscoelásticas de dos sistemas de fluidos complejos, los cuales forman redes temporales a escala nanométrica. Un sistema de PA en disolución acuosa, caracterizado por formar estructuras tipo flor debido a interacciones hidrofóbicas, mientras que el caso de disoluciones de ADN en buffer se caracteriza por formar redes complejas por interacciones de puentes de hidrógeno [10]. La técnica de reología mecánica fue utilizada para estudiar las propiedades viscoelásticas de bulto de ambos sistemas. Mientras que para las propiedades viscoelásticas a nivel microscópico, se empleó la técnica de dispersión dinámica de luz para medir la microreología de los sistemas estudiados. La microreología fue elucidada a través de la difusión de partículas coloidales inmersas en las disoluciones poliméricas, transformando el espacio de tiempos al espacio de frecuencias utilizando el método analítico de Mason et al. [8]. De esta manera se amplió el dominio de validez de los módulos viscoelásticos  $G'(\omega)$  y  $G''(\omega)$ ; lográndose obtener un buen traslape entre los comportamientos viscoelásticos macroscópicos y microscópicos en cada uno de los sistemas. Los modos normales de vibración fueron interpretados en base al modelo de Rouse.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Miguel A. Valdés Covarrubias por permitir realizar las mediciones de dispersión dinámica de luz en el laboratorio de Fluidos Complejos del Departamento de Física de la Universidad de Sonora. Y al CONACyT por proporcionar el apoyo económico al estudiante Emmanuel Robles-Avila para la realización de sus estudios de Maestría en Ciencia de Materiales en el Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales de la Universidad de Sonora.

### REFERENCIAS

- 1) Waigh, T.A., Microrheology of complex fluids, in Reports on progress in physics 2005. p. 685-742.
- 2) MacKintosh, F.C. and C.F. Schmidt, Microrheology. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 1999. 4: p. 300-307.
- 3) Lu, Q. and M.J. Solomon, Probe size effects on the microrheology of associating polymer solutions. Phys. Rev. E, 2002. 66: p. 061504.
- 4) Mason, T.G., et al., Particle tracking microrheology of complex fluids. Phys. Rev. Lett., 1997. 79(17): p. 3282-3285.
- 5) Gardlik, R., et al., Vector and delivery systems in gene therapy. Med. Sci. Monit., 2005. 11(4): p. RA110-21.
- 6) Mason, T.G., Estimating the viscoelastic moduli of complex fluids using the generalized Stokes-Einstein equation. Rheol. Acta, 2000. 39: p. 371-378.
- 7) Jiménez-Regalado, E.J., et al., Study of three different families of water soluble copolymers: synthesis, characterization and viscoelastic behavior of semidilute solutions of polymers prepared by solution polymerization. Polymer, 2004. 45: p. 1993-2000.
- 8) Mason, T.G., Estimating the viscoelastic moduli of complex fluids using the generalized Stokes-Einstein equation. Rheological acta, 2000. 39: p. 371-378.
- 9) Robles, E., et al., Microreología de polímeros asociativos multiuniones en solución acuosa. Revista Mexicana de Física, 2010. 56(2): p. 106.
- 10) Carvajal, F., et al., Microrheology study of semidiluted deoxyribonucleic acid solutions. Materials Research Society, 2010. 1277: p. 34.



## RADIOSENSIBILIDAD BASADA EN LAS POBLACIONES LINFOCITARIAS

KARLA J. SANTACRUZ GÓMEZ, CÉSAR MANZANO MAYORAL, RODRIGO MELÉNDREZ AMAVIZCA, BEATRIZ CASTAÑEDA MEDINA, MARTÍN PEDROZA MONTERO.

*Los linfocitos son las células más radiosensibles del organismo y, por lo tanto, el mejor indicador empleado para evaluar el efecto biológico por exposición a la radiación ionizante. En el presente trabajo se determinó la radiosensibilidad de los linfocitos T y B, a través de la expresión de sus respectivos marcadores de superficie (CD3+ y CD20+). A su vez, las muestras fueron incubadas con p53 (proteína activadora de apoptosis), para corroborar muerte celular radioinducida. Nuestros resultados muestran una disminución en la expresión de los marcadores CD3+ y CD8+ dependiente de la dosis, siendo los linfocitos T más radiosensibles que los linfocitos B. Estos datos experimentales, agregando mayores rangos de dosis, pueden permitirnos obtener una técnica de biodosimetría retrospectiva.*

M.C. KARLA J. SANTACRUZ GÓMEZ  
Centro de Investigación en Materiales Avanzados CIMAV, A.C  
Departamento de Física, Universidad de Sonora  
ksantacruz@correo.fisica.uson.mx

Dr. CÉSAR MANZANO MAYORAL  
Centro de Diagnóstico Integral del Noroeste  
Departamento de Ciencias Químico-biológicas  
cmanzano62@prodigy.net.mx

Dr. RODRIGO MELÉNDREZ AMAVIZCA  
Laboratorio de Física de Radiaciones. Departamento de Investigación en Física,  
Universidad de Sonora.  
rodrigo@cifus.uson.mx

Dra. BEATRIZ CASTAÑEDA MEDINA,  
Departamento de Física, Universidad de Sonora  
beatriz.castaneda@correo.fisica.uson.mx

Dr. MARTÍN PEDROZA MONTERO  
Laboratorio de Física de Radiaciones. Departamento de Investigación en Física,  
Universidad de Sonora.  
mpedroza@cajeme.cifus.uson.mx

## INTRODUCCIÓN

La genotoxicidad es la capacidad relativa de un agente químico o físico, como la radiación, de provocar una acción deletérea en el material genético celular afectando su integridad (1). La severidad de esta lesión depende en gran medida de la susceptibilidad de la célula alcanzada y sus características inherentes (2).

Los linfocitos son las células más radiosensibles del cuerpo humano. Una vez que la radiación incide en el ADN provocando daño, se establece un proceso de reparación celular. Si la lesión es irreversible sobreviene la autodestrucción por apoptosis, que se caracteriza por eventos morfológicos como la contracción atípica del volumen celular, condensación de la cromatina nuclear, fragmentación del ADN, aumento de la permeabilidad citoplasmática, así como por la presencia de cuerpos apoptóticos (4,5).

Desde el punto de vista bioquímico, la apoptosis se considera como el proceso de muerte celular programada, genéticamente controlado por mecanismos moleculares complejos. Entre esos mecanismos destaca la actividad aumentada de p53 (6). La sobreexpresión de la proteína p53 promueve que el ciclo celular se detenga, y de fallar, el proceso de reparación celular induce la apoptosis. Por esta razón, la detección de dicho promotor ha sido utilizada para revelar procesos de lesión celular como los radioinducidos e incluso carcinogénesis (7).

En el presente estudio se sugiere que la expresión de CD3+ y CD8+ conserva un patrón de disminución dependiente de la dosis. Este patrón, en un futuro, puede permitir establecer una curva de biodosimetría

retrospectiva de exposición a la radiación ionizante.

## MÉTODOS

En este trabajo se realizó un estudio experimental en muestras de sangre periférica de individuos del sexo masculino aparentemente sanos de Hermosillo, Sonora. Se empleó el muestreo incidental para elegir sujetos entre 18 a 25 años sin exposición a fuentes radiactivas previas (en los últimos 6 meses por tratamiento clínico o diagnóstico, en los últimos 2 años en caso de radioterapia, y en ninguno de los casos por exposición accidental). Se excluyeron los sujetos con alguna patología o condición que alterara los valores normales de linfocitos en ese momento. Previo consentimiento informado, se obtuvieron las muestras y se procesaron.

### Obtención de la muestra e irradiación

Se obtuvieron aproximadamente 50 mL de sangre periférica, a los cuales se les agregó ácido etilendiaminotetra acético (EDTA) para evitar la coagulación durante los procedimientos previos. Se separaron en tubos de 4mL, los cuales fueron etiquetados y posteriormente irradiados a dosis dentro del intervalo de 25 Gy a 50 Gy. La irradiación de las muestras se realizó en el Laboratorio de Física de Radiaciones de la Universidad de Sonora utilizando un irradiador Gammacell 220 Excel (GC-220E) con una fuente de  $^{60}\text{Co}$ . Dicha fuente tenía una actividad inicial de 14,268 Ci y una tasa de dosis de 3.225 Gy/s al 5 de octubre de 2004. La dosis de tránsito calculada fue de 6.21 Gy.



## Inmunohistoquímica ABP

La técnica inmunoenzimática avidina-biotina-peroxidasa (ABP) se basa en la gran afinidad que tiene la avidina (una glicoproteína básica) por la biotina (vitamina capaz de unirse a diversos grupos funcionales, así como a anticuerpos y otras proteínas). Este complejo conjugado con la peroxidasa (enzima utilizada para el marcaje de anticuerpos), y ligado a anticuerpos secundarios en el tejido, es capaz de detectar la presencia de un marcador de superficie específico de un tipo de células o evento celular (8).

Para fines de este estudio se usaron los marcadores CD3+ (para linfocitos T), CD4+ y CD8+ (para las subpoblaciones T cooperadoras y citotóxicas respectivamente), así como CD20+ (para linfocitos B), además de p53 para evidenciar células en apoptosis. Las preparaciones histológicas de las muestras irradiadas y control fueron incubadas con los anticuerpos específicos antes mencionados, y un segundo anticuerpo marcado. La reacción de este conjunto es revelada con la precipitación de un compuesto colorido (dorado) que se observa al microscopio óptico. El protocolo de inmunolocalización por microscopía óptica empleado fue el siguiente: ausencia del marcador (-), presente débilmente hasta un 10% (+), presencia regular, presente de 10% a 60% (++), y presente en abundancia, mayor de 60% (+++). Los controles empleados para valorar la reactividad inmunológica de los marcadores fueron tejido de mama (p53 +), ganglio (CD3+) y tejido de amígdala (CD20+).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Las determinaciones de los linfocitos T en las muestras de sangre irradiada, nos arrojan una concentración de 32.5% de linfocitos no viables con respecto al control, en el rango de 1 a 10.29 Gy. Esto también se correlacionó con inmunoreactividad de CD3+ con una intensidad mayor del 30% (tabla I). Esto se debe principalmente a que la radiación ionizante, al provocar la fragmentación citoplasmática, modifica la permeabilidad de la membrana rompiendo el balance de iones dentro y fuera de la célula (9). Esto conduce al aumento del volumen celular que, a su vez, modifica su buen funcionamiento entre los marcadores expresados en su superficie. Este fenómeno explica que, a pesar de la gran radiosensibilidad de los linfocitos T, sólo se aprecia un porcentaje mínimo de linfocitos no viables a este rango de dosis.

Para el rango de 12.65 a 24.45 Gy la disminución de las células T viables es más evidente. En este punto sólo se observan viables los linfocitos T CD4+ (4.65%) y prácticamente los linfocitos T CD8+ no se manifiestan. Sin embargo, en este caso puede deberse a la complejidad de la superficie de los linfocitos T CD8+ respecto a los





linfocitos T CD4+, así como el grado de madurez de los últimos y a la sensibilidad de la prueba. También se detecta un aumento en la concentración de la proteína p53, además de que se inicia otro proceso que concluye en la segmentación definitiva del núcleo y la formación de cuerpos apoptóticos como se reporta en los mecanismos radioinducidos de destrucción leucocitaria (9). Dosis de 50 Gy o mayores, inhiben completamente la viabilidad linfocitaria T y la expresión de sus subpoblaciones.

Tabla I. Intensidades relativas de las subpoblaciones T linfocitarias para diferentes intervalos de dosis.

Dosis	% Linfocitos (Viabilidad)	CD4	CD8
1-10.29Gy	63.5%	++	++
12.65 a 24.45Gy	4.65%	+	-
50Gy	-	-	-

Por otra parte, las poblaciones de linfocitos B se muestran más radioresistentes para los mismos rangos de dosis empleadas para los linfocitos T. Incluso, su viabilidad

prevalece en el rango de los 25 hasta los 50 Gy, como se observa en la tabla II. Esos resultados no son concluyentes y aún se encuentran en discusión, sobre todo por diferencia de radiosensibilidad CD4+ y CD8+ reportadas por otros autores (10,11).

Tabla II. Intensidades relativas para linfocitos T y B a dosis específicas.

Dosis (Gy)	Marcador utilizado	Intensidad (cruces)
0	CD3	+++
	CD20	+++
	P53	-
25	CD3	-
	CD20	+
	P53	++
50	CD3	-
	CD20	+
	P53	+++

## CONCLUSIONES

Los linfocitos T se ven más afectados que los linfocitos B para todas las dosis de radiación ionizante utilizadas en el presente trabajo. Esto se deduce claramente de las expresiones de CD3+ y CD20+ respectivamente.

La viabilidad de los linfocitos T se mantiene en un 63.4% para ambas subpoblaciones CD4+ y CD8+ para un rango de dosis de 1–10.29 Gy. Para dosis más altas (12.65 a 24.45 Gy), son viables sólo las CD4+ en un 4.65%. A una dosis de 50 Gy no se detecta ningún linfocito viable.

La concentración de p53 permite tener una idea de la severidad del daño. Una intensidad del 30% de p53 (++ o más) sugiere daño irreversible (sin reparación celular).

Finalmente, la relación de las poblaciones de linfocitos T y B pudiera estimar indirectamente la dosis a la que se han expuesto y/o la severidad de los daños inducidos, y conducir así a un proceso de biodosimetría retrospectiva. Sin embargo, estos resultados son preliminares y no permiten determinar genotoxicidad en situaciones muy específicas. Por lo tanto, es necesario emplear otra técnica más sofisticada como el FISH (fluorescent in situ hybridization) que nos permite visualizar y distinguir las anomalías cromosómicas para los rangos de dosis estudiados.

Agradecimientos: Universidad de Sonora, CONACYT, HIES, Laboratorio de Física de Radiaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Schoket Bernadette, C. Poirier Miriam, Mayer Gábor, TörökGéza, Kolozsi-RingelhannÁgnes, BognárGabriellar, L. Bigbee William and Vinczelstván. "Biomonitoring of human genotoxicity induced by complex occupational exposures". *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen.* 445( 2):193-203. 1999.
- 2) Olive, P.L. DNA damage and repair in individual cells: applications of the comet assay in radiobiology. *Int. J. Radiat. Biol.* 75(4): 395-404: 1999.
- 3) K.R., Rudolt, M., KAO, G., MUSCHEL, R., McKENNA, W., The molecular regulation of apoptosis and implications for radiation oncology, *Int. J. Radiat. Biol.*, 71(3)455-466.1997.
- 4) Kerr JFR, Wylliet AH, Currie AR. Apoptosis: a basic biological phenomenon with wide ranging implications in tissue kinetics. *Br J Cancer* 26:239-257.1972.
- 5) Santacruz Gómez Karla Josefina. Tesis de Licenciatura Estudio de los Efectos Tempranos de la Radiación Gamma en Sangre Humana. Departamento de Ciencias Químicas Biológicas, Universidad de Sonora. 11 de Enero del 2008.
- 6) Wang TH, Wang HS. p53, apoptosis and human cancers. *J Formos Med Assoc.* 1996 Jul;95(7):509-22; Kastan, O Onyekwere, D Sidransky, B. Vogelstein, R W Craig Participation of p53 protein in the cellular response to DNA damage *Cancer Res.* 1(51):6304-11.1991.
- 7) Duvall E and Wyllie AH. Death and the cell. *Inmunol Today.* 7:115-9. 1989
- 8) Olive, P., Durand, R: Apoptosis: an indicator of radiosensitivity in vitro *Int. J. Radiat. Biol.*,71: 695-707. 1997.
- 9) Santacruz-Gómez, K.; Manzano, C.; Meléndrez, R.; Pedroza-Montero, M.; Castañeda, B. Estudio de los fenómenos de destrucción celular en leucocitos de sangre humana irradiada con gamma. *AlasbimnJournal: Revista de Medicina Nuclear.* ISSN: 0717-4055. 2012.





# CARACTERIZACIÓN DE GRAFITO PROVENIENTE DE MINAS DE SONORA CENTRAL, UTILIZANDO DRX, SEM-EDX Y RAMAN.

INOCENTE GPE. ESPINOZA MALDONADO\*, LUCIA DÍAZ BARRIGA ARCEO\*\*, LAURO BUCIO GALINDO\*\*\*, ROGELIO GÁMEZ CORRALES\*\*\*\*, RAMÓN SILVA MOLINA\*\*\*\*, JUAN HERNANDEZ CAZARES\*, EZEQUIEL RODRÍGUEZ JAUREGUI\*\*\*\*,

*Se reportan resultados de análisis por difracción de rayos-X (XRD), microscopía electrónica de barrido y análisis químico SEM-EDX, y espectroscopía micro RAMAN sobre muestras de grafito de la región de San José de Moradillas, Sonora, México.*

*Los patrones de XRD muestran picos bien marcados y pronunciados en los ángulos  $2\theta$ : 26.543 (002), 50.655 (102), 59.8502 (103) y 54.662 (004), indicando un grafito altamente ordenado bien cristalizado, los difractogramas son bastante cercanos al patrón de la tarjeta 89-7213 que corresponde a grafito hexagonal. El tamaño de cristal ( $L_c(002)$ ) varía de 270 a 284 Å, y corresponde un grado de grafitización en el rango de 60.5 a 63 respectivamente. Se identificaron acompañando al grafito las fases minerales: muscovita, vermiculita, elpasolita y montmorilonita que se presentaron en más de una de las muestras, así como clinocloro en la muestra EZ1. Los espectros RAMAN de grafito de este estudio comparado con bases de datos de internet muestran una correspondencia casi del 100%, lo cual confirma que el grafito es altamente ordenado y bien cristalizado. Los análisis por SEM-EDS revelan que todas las muestras tienen contenidos de grafito en el rango de 77 a 94% en peso de muestra. Además, también se encuentran elementos como O, Mg, Al, Si y Fe pero en mucho menor porcentaje.*

*Estos resultados son totalmente opuestos a lo que se creía y se había dicho durante mucho tiempo, que el mineral grafito que ocurre en esta área de Sonora era de naturaleza amorfa.*

\* Departamento de Geología, Universidad de Sonora, correo: inocente@geologia.uson.mx

\*\* ESIQIE UPALM IPN, correo:luchell@yahoo.com

\*\*\* Instituto de Física UNAM,

\*\*\*\* Departamento de Física, Universidad de Sonora, correo: rogelio@correo.fisica.uson.mx,

## INTRODUCCION

El grafito de ocurrencia natural está ampliamente distribuido en diferentes ambientes geológicos, su ocurrencia más común está asociada con rocas producto de metamorfismo tanto regional como de contacto. Los yacimientos de carbón y grafito más importantes en Sonora se localizan en la porción centro-este del estado, en las localidades de San Marcial, La Misa, San José de Moradillas, San Javier, Tónichi y Ónavas, entre otros municipios (Figura 1). El grafito en esta región, mayormente ocurre en forma de mantos discontinuos con longitudes que no alcanzan la decena de kilómetros; los mantos se encuentran en rocas sedimentarias metamorfoseadas a esquistos, hornfels y grafito respectivamente (1).

En este trabajo se estudia el grafito de cuatro minas de la región de San José de Moradillas, utilizando difracción de rayos X (XRD) y análisis (SEM-EDS) y espectroscopía RAMAN (2,3). Considerando que las rocas de la Formación Santa Clara han sido afectadas primeramente por metamorfismo regional, posteriormente por metamorfismo de contacto, y por último por metamorfismo retrógrado (1), los resultados podrían ayudar para determinar el grado máximo de metamorfismo (5,4,6).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron muestras de grafito de cuatro minas del área de San José de Moradillas, Sonora, México, para determinar su morfología, grado de grafitización, composición química y fases contaminantes presentes, con el fin de determinar el grado de pureza, cristalinidad. Las muestras se tomaron directamente de los patios de almacenamiento. Las muestras colectadas provienen de las minas: La Rumorosa, Lourdes, El Cochi, San Juan o Antracítico.

Las muestras fueron pulverizadas y analizadas por difracción de Rayos X (XRD), usando un difractómetro BRUCKER D8 con radiación de Cu-Ka con longitud de onda de 1.54 Å. Las condiciones de funcionamiento fueron a un voltaje 20 kilovoltios; corriente de 10 mA; la velocidad de barrido fue de 1°/min. y se usó un colimador de haz con ancho de ranura de 0.5 milímetros en el lado de la fuente y de 0.05 milímetro en el lado del detector. La espectroscopía RAMAN se realizó con un sistema Espectrómetro MicroRaman Horiba Jobin Yvon, con fuente de excitación laser y detector de 1024 pixeles con un CCD de alta sensibilidad, montados en un microscopio Olympus BX41TF con resolución espacial <1µm. Se utilizaron tres láseres con rangos de excitación de 532, 638 y 785 nanómetros, con resoluciones espectrales de 1.8 cm<sup>-1</sup>/pixel (532nm) y de 1.1 cm<sup>-1</sup>/pixel (785 nm). El control de incrementos de potencia del laser es de 100%, 50%, 25%, 10%, 1%, 0.1%. El rayo laser se enfocó con objetivos de (x50) sobre un punto de 2 micrómetros sobre la muestra, y el haz dispersado RAMAN se capturó con el mismo objetivo. La morfología de los polvos se analizó con ayuda de un microscopio FEI, Nova Nanolab SEM/FIB con resolución puntual de 1.7Å el cual tiene adaptado un detector EDAX.

Para el análisis por microscopio electrónico de barrido y análisis cualitativo (SEM-EDX), las muestras no recibieron ningún tratamiento.

## RESULTADOS

### Difracción de Rayos X (XRD)

Todos los análisis se concentraron en el pico (002), dado que es el primero en aparecer y es el pico de más alta intensidad para grafito hexagonal bien cristalizado (7). La agudeza y prominencia del pico están relacionadas a la regularidad de la estructura y al tamaño de los cristales (4, 5). Los patrones de difracción se presentan en las Figuras 1a, 2a, 3a y 4a, y los datos estructurales obtenidos de ellas se mostraron en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición química de las muestras obtenidas de las minas.

clave	Mina	EDS	Fases identificadas por difracción de rayos X
EZ1	Antracita	<b>C 77%</b> , O, Mg, Al, Si, Fe	<b>41-1487 Grafito, C</b> 29-701 Clinocloro, (Mg, Fe) <sub>6</sub> (Si, Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub> 16-613 Vermiculita 2M, Mg <sub>x</sub> (Mg, Fe) <sub>3</sub> (Si, Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> -4H <sub>2</sub> O
EZ2	Lourdes	<b>C 90-94%</b> , O, Al, Si	<b>41-1487 Grafito, C</b> 13-135 Montmorilonita 15 A, Ca <sub>0.2</sub> (Al, Mg) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> -4H <sub>2</sub> O 7-25 Muscovita 1M, KAl <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> 22-1235 Elpasolita, K <sub>2</sub> NaAlF <sub>6</sub>
EZ3	Chiripa	<b>C 82%</b> , O, Al, Si, S, Fe	<b>41-1487 Grafito, C</b> 13-135 Montmorilonita 15 A, Ca <sub>0.2</sub> (Al, Mg) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> -4H <sub>2</sub> O 16-613 Vermiculita 2M, Mg <sub>x</sub> (Mg, Fe) <sub>3</sub> (Si, Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> -4H <sub>2</sub> O 7-25 Muscovita 1M, KAl <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>
EZ4	Rumorosa	<b>C 88%</b> , O, Al, Si	<b>41-1487 Grafito, C</b> 7-25 Muscovita 1M, KAl <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> 22-1235 Elpasolita, K <sub>2</sub> NaAlF <sub>6</sub>

Los picos asignados en los difractogramas se ajustaron con ayuda de los Programas EVA, Fullproof y PCPDFWIN 2003. Los números de las cartas cristalográficas usadas en el presente análisis se muestran en la Tabla 1. Se identificó que el carbono observado en las muestras corresponde a aquel reportado en la tarjeta 41-1487 como Grafito 2H, el cual posee estructura hexagonal. Se puede observar en las gráficas, los picos bien definidos en los ángulos 2θ: 26.543 (002), 50.655 (102), 59.8502 (103) y 54.662 (004) que indican un grafito altamente ordenado bien cristalizado.

Al observar en la Tabla 1, se puede constatar que el contenido de grafito 2H (C) en las muestras varía entre 77% y 94% en peso de muestra, además de O, Mg, Al, Si y Fe en mucho menor porcentaje. Se identificaron acompañando

al grafito varias fases minerales de ganga como: muscovita, vermiculita, elpasolita y montmorilonita que se presentaron en más de una de las muestras, y clinocloro que sólo está presente en la muestra EZ1. También podemos observar en la Tabla 1, que los minerales cuyo porcentaje es mayor en las muestras de menor contenido de grafito, como lo son: vermiculita, clinocloro y muscovita, son de estructura monoclinica, la cual presenta parámetros de red de mayor longitud que aquellos de la red hexagonal del grafito.

En la Tabla 2, se presentan los parámetros de red y la estructura cristalográfica observada tanto en el grafito como en los minerales presentes en las muestras. Comparando esta tabla con la Tabla 1, se observa que cuando el material contiene grafito y vermiculita (monoclinica) a la vez, el contenido de C es menor que en las otras muestras. Por el contrario, si el material contiene elpasolita (cúbica) el contenido de carbono es mayor. Aparentemente, la geometría de los minerales de ganga controla de cierta forma el contenido de carbono en la muestra.

Tabla 2. Estructura Cristalina de las Muestras Colectadas

Material	Estructura	Parámetros de red (Å) y ángulos
	Hexagonal	a=b= 2.47 c=6.72
Clinocloro,	Monoclinica	a=5.36 b=9.28 c=14.2 β=97.15
Montmorilonita 15 A	Hexagonal	a=b=5.169 c=15.02
Vermiculita 2M	Monoclinica	a=5.24 b=92.17 c=28.60 β=94.6
Muscovita 1M,	Monoclinica	a=5.20 b=8.995 c=10.275 β=101.6
Elpasolita,	Cúbica	a=8.122

Como lo muestran las Figuras 1a, 2a, 3a y 4a, la mayor parte de la muestra es cristalina y la fase principal corresponde a la estructura hexagonal del Grafito 2H, las intensidades de los picos están en concordancia con los resultados de b) análisis químico por EDS donde se muestra una presencia de hasta el 23% de minerales de ganga y 77% de grafito. En esta muestra se identificaron a los minerales de ganga clinocloro y vermiculita que acompañan al grafito. Como se observa en el gráfico, el primer mineral tiene mayor presencia hasta de un 16% del peso total de la muestra. No todos los componentes químicos del mineral se detectaron por EDS y eso es debido a que el estudio del EDS es más puntual que el de rayos X. Este evento se repitió igualmente en las demás muestras. Los polvos presentaron una estructura de hojuelas laminares aglomeradas que presentan tamaños entre 5 y 150 micras.

Figura 1 a

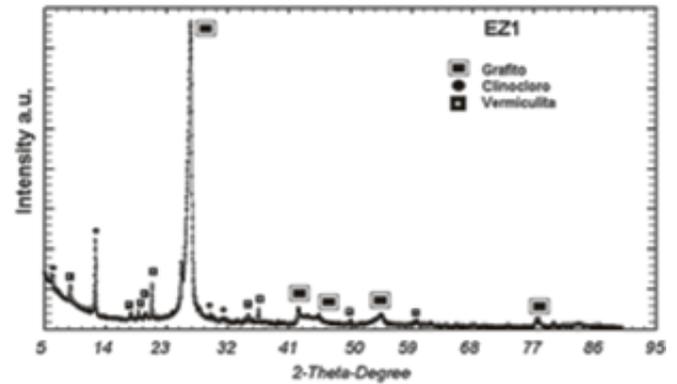


Figura 1 b

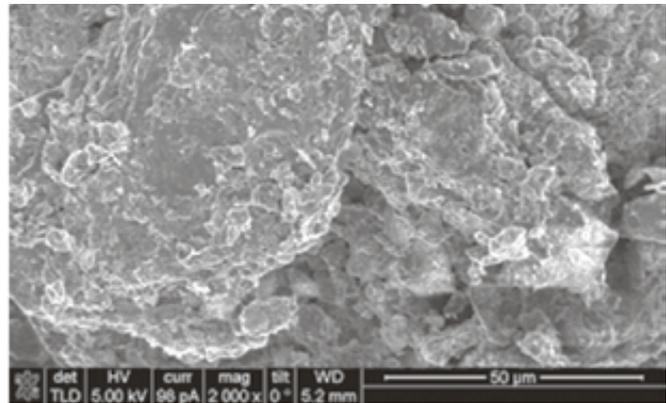


Figura 1 c

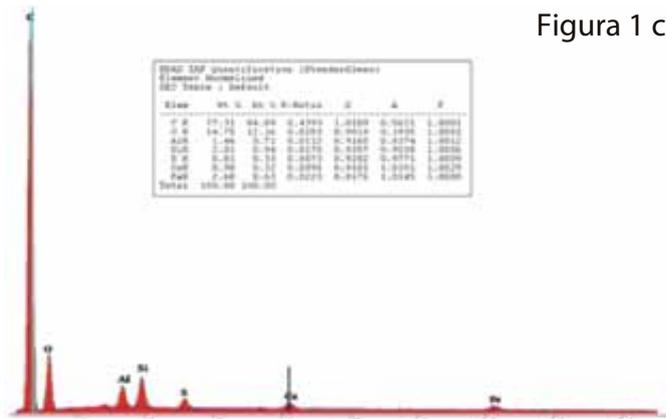


Figura 1. a) Difractograma de muestra EZ1 (Antracita), se puede observar el marcado pico en  $2\theta$ : 26.543 (002) para grafito hexagonal con las fases acompañantes clinocloro y vermiculita. b) Micrografía con EDX de la Muestra de Antracita con resultado de análisis químico cualitativo en c).

En el caso de las Figuras 2 (a, b y c), las fases de minerales de ganga acompañando al grafito sólo están presentes en trazas, lo cual está en concordancia al análisis EDS, donde sólo el 5% de la muestra está compuesta por minerales de ganga, en este caso: montmorilonita, elpasolita y muscovita. Los polvos igualmente consistieron de estructuras en forma de hojuelas con láminas apiladas,

aunque también se observaron estructuras fibrosas alargadas en menor proporción. La aglomeración en estos polvos es menor a la de los polvos observados en la muestra EZ1 (antracita). El tamaño de partículas oscila entre las 45 y 600 micras.

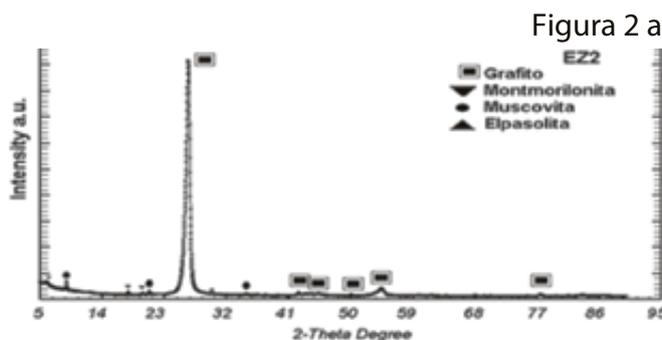


Figura 2 a

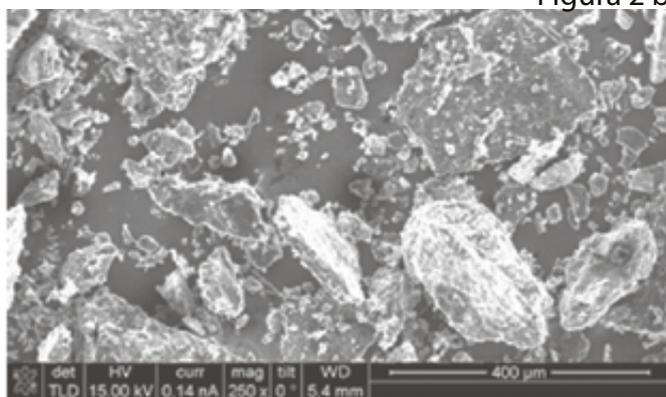


Figura 2 b

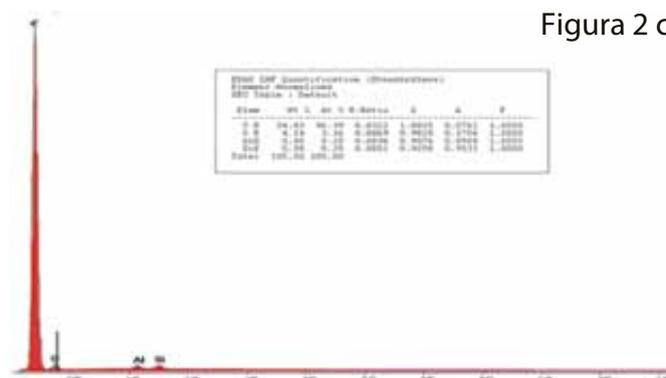


Figura 2 c

Figura 2. a) Difractograma de muestra E22 (Lourdes), aquí también se puede observar el marcado pico en  $2\theta$ : 26.543 (002) para grafito hexagonal, aquí las fases acompañantes son: montmorillonita, muscovita y elpasolita. b) Micrografía con EDX con resultado de análisis químico cualitativo en c).

La morfología de los polvos es en forma de hojuelas con estructura laminar poco aglomerada y sistemas de fibras, los polvos son de menor tamaño (entre las 35 y 178 micras) que la muestras de Lourdes. Esto podría deberse a la mayor presencia de minerales que hacen más frágil la muestra, por lo que al momento de fracturar el

material para su extracción se obtienen polvos más finos. Si se hace una comparación con la primera muestra (EZ1, antracita) se podría sospechar que la vermiculita produce el endurecimiento que fragiliza a la muestra y da lugar a partículas de menor tamaño.

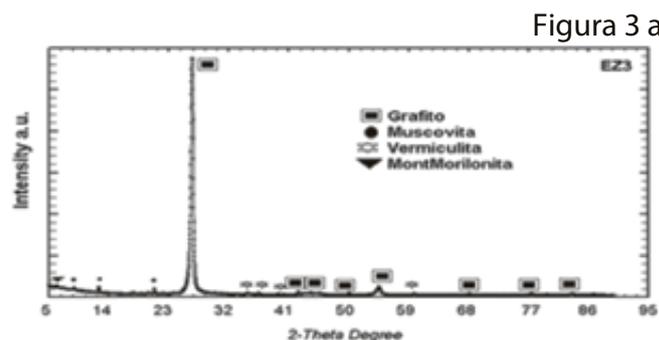


Figura 3 a

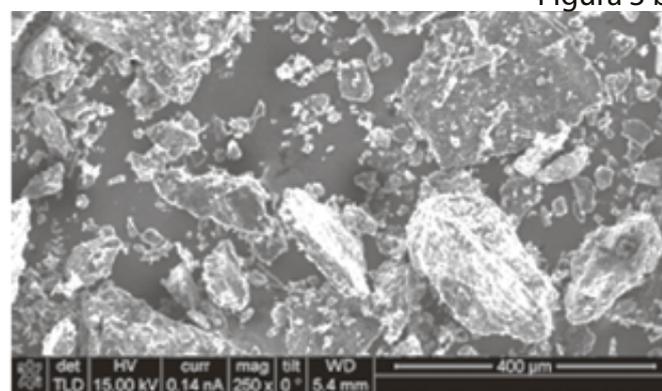


Figura 3 b

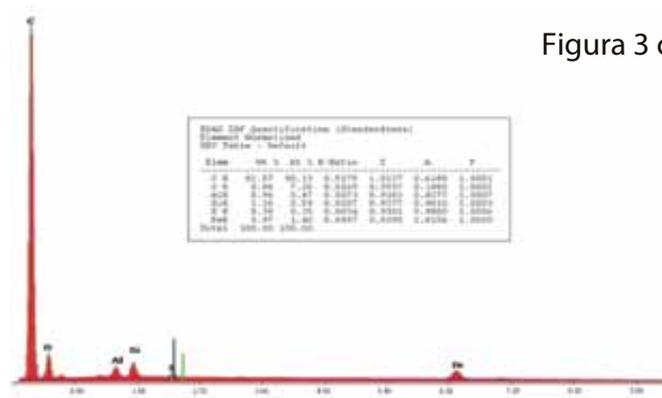


Figura 3 c

Figura 3. a) Difractograma de la Muestra E23 (Chiripa). Igual que en los difractogramas anteriores, se observa el marcado pico en  $2\theta$ : 26.543 (002) para grafito hexagonal, aquí las fases acompañantes son: muscovita, vermiculita y montmorillonita. Aquí la presencia de minerales de ganga acompañando al grafito es de alrededor del 18% en peso de la muestra, predominando la vermiculita, en menor proporción muscovita y en un porcentaje más bajo montmorillonita. b) Micrografía con EDX con resultado de análisis químico cualitativo en c).

Figura 4 a

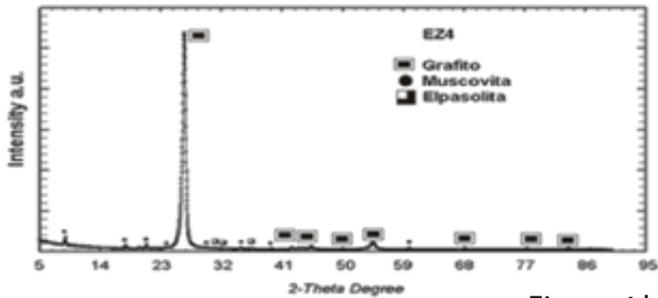


Figura 4 b

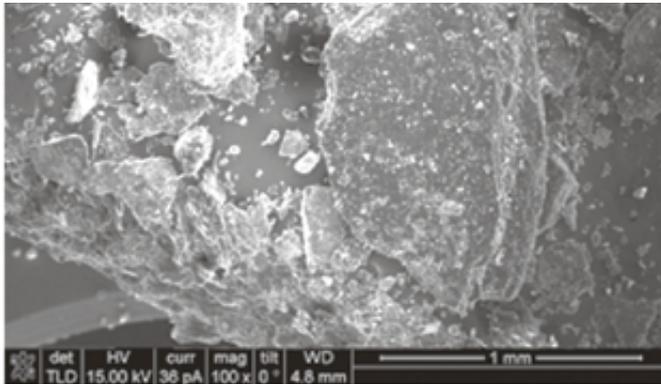


Figura 4 c

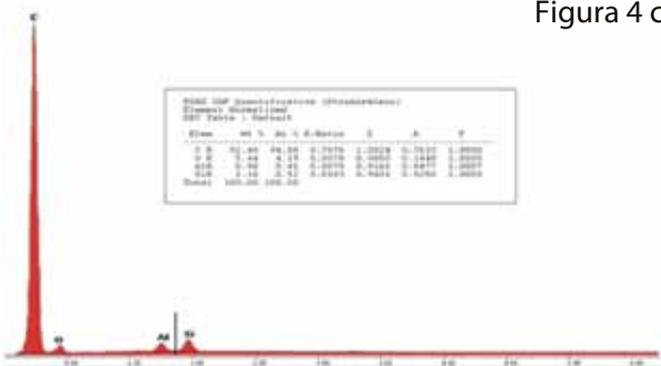


Figura 4. a) Difractograma de la muestra EZ4 (Rumorosa). Se mantiene el mismo patrón con un marcado pico en  $2\theta$ : 26.543 (002) para grafito hexagonal, aquí las fases acompañantes son: muscovita y elpasolita. Aquí la presencia de minerales de ganga acompañando al grafito es de alrededor del 12% en peso de la muestra, predominando la muscovita y en menor proporción elpasolita. . b) Micrografía con EDX con mapeo de muestra y composición química en c. Aquí aunque se presenta un porcentaje importante de minerales de ganga, el tamaño de los polvos es relativamente grande, incluso mayor a 2 milímetros, posiblemente porque aquí no aparece la vermiculita.

**Microscopía de Barrido-EDX (SEM-EDX)**

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos por difracción de rayos X (XRD) y el análisis por SEM-EDX. Para establecer las fases de los minerales que acompañan al

grafito en las muestras, primero se llevó a cabo el análisis SEM-EDX. Posteriormente, la determinación mineralógica se apoyó en la composición química obtenida, y en bases de datos cristalográficos de minerales y con ayuda de las cartas cristalográficas correspondientes, se verificaron las posiciones de los picos en cada uno de los difractogramas.

**Espectroscopía RAMAN**

Los espectros resultantes del análisis por espectroscopía microRaman se muestran en la Figura 5 (a, b, c y d). Los espectros fueron comparados con bases de datos de internet con información espectroscópica de minerales, como lo son: RRUFF ASU-CALTECH (<http://rruff.info/>), Universidad de Parma (<http://www.fis.unipr.it/phevix/ramandb.html>), RumanianDatabase RAMAN Spectroscopy (<http://rdrs.uaic.ro/index.html>) y el proyecto WURM (<http://www.wurm.info/frontface/index.php>). Se puede observar en los espectros los picos característicos a 1340 nm, 1560 nm y 2680 nm, que corresponden a las firmas que identifican al grafito. Además, la altura de los picos que corresponde directamente con el grado de cristalinidad, esto nos indica que es un material altamente cristalino.

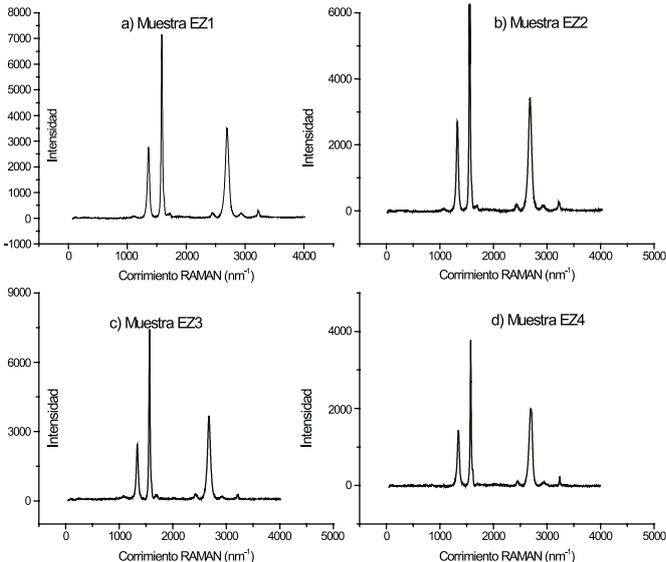
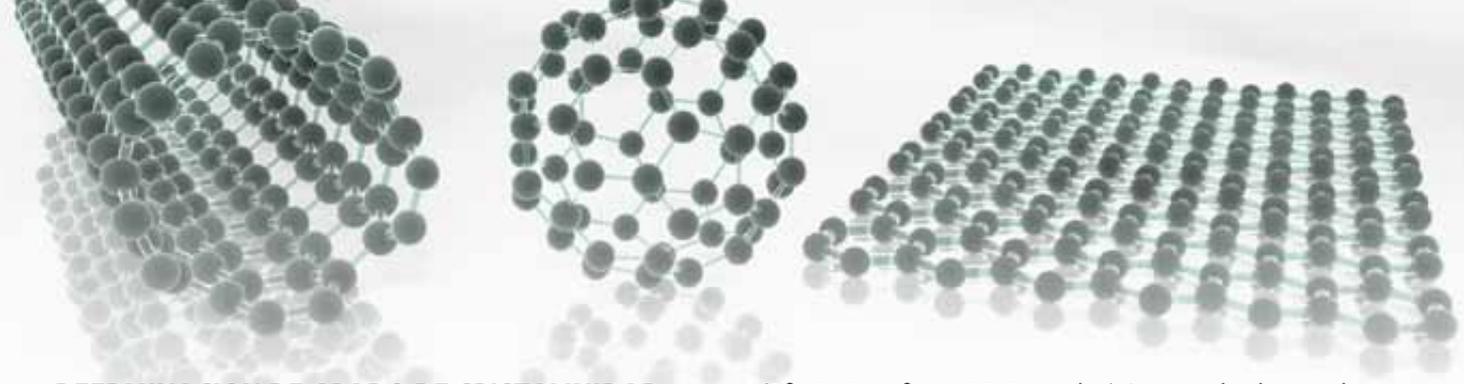


Figura 5. a) Espectro RAMAN de la muestra EZ1 (Antracita) con los tres picos característicos a 1340 nm, 1560 nm y 2680 nm, que corresponden a las firmas que identifican al grafito. b) Espectro RAMAN de la muestra EZ2 (Lourdes), al igual que la anterior, se observan los tres picos característicos a 1340 nm, 1560 nm y 2680 nm del grafito. Figura 5 c) Espectro RAMAN que como en los espectros anteriores, se observan los picos del grafito bien marcados a 1340 nm, 1560 nm y 2680 nm. Figura 6 d) Espectro RAMAN de la muestra EZ4 (Rumorosa). Podemos observar que se mantiene el mismo patrón, donde se destacan los altos pico a a 1340 nm, 1560 nm y 2680 nm, característicos del grafito.



## DEERMINACION DE GRADO DE CRISTALINIDAD

A partir de los resultados obtenidos del análisis por difracción de rayos-X, y concentrándonos mayormente en el comportamiento del pico (002), se realizó el intento de determinar el grado de cristalinidad del grafito. Para tal propósito, se requiere determinar los siguientes parámetros: Índice de cristalinidad ( $I_c$ ) propuesto inicialmente por Landis <sup>(8)</sup>, tamaño de cristal ( $L_c$ ) utilizando la ecuación de Scherrer <sup>(9)</sup> y por último el grado de grafitización (GD) basándose en la ecuación de Tagiri <sup>(10)</sup>.

El grado de cristalinidad, según lo propuesto por Landis <sup>(8)</sup> se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I_c = \frac{(2 \times h_{(002)})}{w_{(002)}}$$

donde  $h_{(002)}$  es la altura del pico y  $w_{(002)}$  la base del mismo. Los resultados son los siguientes:

El tamaño o espesor de cristal se determina utilizando la ecuación de Scherrer <sup>(9)</sup>, que tiene la siguiente forma:

$$D_p = L_{c(002)} = \frac{[k\lambda]}{\beta_{1/2(002)}} \cos \theta$$

donde K es la constante cuyo valor se asume como 0.9 <sup>(11, 12)</sup> y  $\beta_{(002)}$  es el valor del ancho total de pico  $d_{(002)}$  medido a la mitad de su máximo, y  $\lambda$  es la longitud de onda de los rayos X en angstroms (Å), y  $\theta$  es el ángulo de difracción

( $2\theta=26.543$ ,  $\theta=13.2715$ , grados). Los resultados son los que se muestran en la tabla 4.

El grado de grafitización se determina usando el modelo matemático de Tagiri <sup>(10)</sup>.

$$DG = \frac{[d_{(002)} - 3.7]}{\log \left[ \frac{L_c}{1000} \right]} \times 10^2$$

donde  $\beta_{(002)}$  es el espaciamento del pico en  $d_{(002)} \text{ Å} = 3.3555$ ,  $L_c$  es el tamaño del cristal, valor obtenido en el anterior paso y DG es el grado de grafitización. La tabla 5 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 3. Resultados del cálculo del índice de cristalinidad del grafito, la columna 2 muestra la altura del pico para cada muestra, la tres indica la base del pico y en la cuatro se muestran los resultados del cálculo de cristalinidad utilizando la ecuación propuesta por Landis (1971).

Muestra	Altura del pico $h_{(002)}$	Base del pico $w_{(002)}$	Índice de cristalinidad de grafito $I_c$
EZ1	$h_{(002)}=160$	$w_{(002)}=6$	$I_c=53$
EZ2	$h_{(002)}=174$	$w_{(002)}=6$	$I_c=58$
EZ3	$h_{(002)}=160$	$w_{(002)}=7$	$I_c=45$
EZ4	$h_{(002)}=145$	$w_{(002)}=6$	$I_c=48$

Tabla 4. Resultados del cálculo del tamaño de cristal del grafito, la columna 2 indica el valor de la constante utilizada, la tres el valor de la longitud de onda, la tres el ancho del pico a la mitad y la cuatro los resultados del cálculo del tamaño de cristal, utilizando la ecuación de Scherrer(1971).

Muestra	constante	Longitud de onda	Ancho del pico a la mitad	Tamaño del cristal
EZ1	K=0.94	$\lambda=1.542 \text{ Å}$	$\beta(002)=0.316$ grados	$L_c(002)=270 \text{ Å}$
EZ2	K=0.94	$\lambda=1.542 \text{ Å}$	$\beta(002)=0.314$ grados	$L_c(002)=271 \text{ Å}$
EZ3	K=0.94	$\lambda=1.542 \text{ Å}$	$\beta(002)=0.300$ grados	$L_c(002)=284 \text{ Å}$
EZ4	K=0.94	$\lambda=1.542 \text{ Å}$	$\beta(002)=0.310$ grados	$L_c(002)=275 \text{ Å}$

Tabla 5. Resultados del cálculo del grado de grafitización, según el modelo de Tagiri (1981) la columna dos indica el espaciamiento en  $d_{(002)}$ , la tres la cristalinidad calculada en el paso anterior y la cuatro muestran los resultados del grado de grafitización (DG).

Muestra	$d_{(002)}\text{Å}$	Lc	DG
EZ1	3.3555	270	60.6
EZ2	3.3555	271	60.8
EZ3	3.3555	284	63
EZ4	3.3555	275	61.4

## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este trabajo son:

Los valores de tamaño de cristal correspondientes a grafito 2H, en las diferentes muestras observadas en este estudio, están en un rango de 281 a 271 Å. El material presenta una estructura cristalina hexagonal con parámetros de red  $a=b=2.47$ ,  $c=6.72$  Å.

Como resultado del análisis por DRX y espectroscopía RAMAN, se descarta por lo menos en la región de San José de Moradillas, la teoría de la naturaleza amorfa del grafito.

Otra conclusión importante de este estudio, es el tamaño de los cristales alcanzado en estas muestras depende de la fragilidad promovida por los minerales que las componen y como es sabido, esto es una prueba indirecta de la dureza del material.

Las muestras con menor contenido de grafito (%) son aquellas donde hay mayor presencia de minerales como: vermiculita, clinocloro y muscovita, cuya estructura cristalina es monoclinica. En particular, la estructura monoclinica de la vermiculita es de mayor tamaño que la hexagonal y se observó que en particular su presencia condiciona un menor contenido de grafito. Por lo tanto, la presencia o ausencia de vermiculita puede ser utilizado como índice de exploración.

Por otro lado, el mayor contenido de grafito (%) ocurre en muestras donde hay mayor presencia de minerales como: elpasolita, y montmorilonita, cuyas estructuras cristalinas son cúbica y hexagonal respectivamente. En este caso, la estructura cúbica es menor que la hexagonal y la hexagonal es afín con la estructura del grafito presente en la muestra.

Todo esto indica que la geometría del medio, además de su composición, está relacionada con el contenido de carbono en las minas. La presencia de fases minerales con estructuras afines o de menor tamaño al grafito hexagonal favorece el mayor contenido de grafito (%). Por lo contrario, la presencia de fases minerales con estructuras mayores (monoclinicas) inhibe o disminuye el contenido de grafito en la muestra. Lo anterior también puede ser utilizado como índice de exploración.

Esta investigación fue apoyada con recursos de los fondos FOMIX-CONACYTSON-2008-C01-89207 y Rubio Pharma S.A. de C.V.

Los autores desean expresar su agradecimiento al Dr. Vicente Garibay Febles de la competencia de Ingeniería Molecular del Instituto Mexicano del Petróleo por su apoyo para realizar la microscopía de barrido del presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Wilson, I.F., Rocha, V.S., 1946, Los yacimientos de carbón de la región de Santa Clara, municipio de San Javier Estado de Sonora: Comité Directivo para la Investigación de los Recursos Minerales de México: Boletín 9, 108.
- Sharma, S.R., Parthasarathy, B. and Kumar, B., 1998, X-ray diffraction studies on graphite from Dharwar Craton: J. Geol. Soc. India, 51, 517-522.
- Parthasarathy, G., Sharma, S.R., Ravindran, TR., Arora, A.K. and Hussain, S.M., 2003, Structural and thermal studies of graphite from East Antarctica: J. Geol. Soc. India, 61, 335-343.
- Tagiri, M., Yago, Y., Tanaka, A., 2000, Shuffled-cards structure and different P/T conditions in the Sanbagawa metamorphic belt, Sakuma-Tenryu area, central Japan: Island Arc, 9, 188-203.
- Wada, IH., Tomita, T., Iuchi, K., Ito, M. and Morikiyo, T., 1994, Graphitization of carbonaceous matter during metamorphism with reference to carbonate and pelitic rocks of contact and regional metamorphism, Japan: Contrib. Mineral. Petrol., 18, 217-228.
- Yui, T.F., Huang, E. and Xu, I., 1996, Raman spectrum of carbonaceous material: a possible metamorphic grade indicator for low-grade metamorphic rocks: L. Metam. Geol., 14, 115-124.
- Baiju, K.R., M. Satish-Kumar, M., Kagi, H., Nambiar, C.G., and Ravisankar, M. 2005, Mineralogical Characterization of Graphite Deposits from Thodupuzha- Kanjirappally Belt, Madurai Granulite Block, Southern India: Gondwana Research, 2, 223-230.
- Landis, C.A., 1971, Graphitization of dispersed carbonaceous material in metamorphic rocks: Contrib. Mineral. Petrol., 30, 34-45.
- Scherrer, P., 1918, *Göttinger Nachrichten Gesell.*, 2, 98.
- Tagiri, M. (1981). A measurement of the graphitizing degree by the X-ray powder diffractometer. 1. *Japan Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, 76: 345-385.
- Griffin, G.M. (1967) X-ray diffraction techniques applicable to studies of diagenesis and low rank metamorphism in humicsediments. *J. Sediment. Petrol.*, v. 37, pp. 1006-1011.
- Tagiri, M. and Tsuboi, S. (1979) Mixed carbonaceous material in Mesozoic shales and sandstones from the Yamizo mountains system, Japan. *J. Japan. Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, v. 74, pp. 47-56.

## AGRADECIMIENTOS

## DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA MEZCLA CEMENTO ARENA Y CON POLVO DE CAUCHO PROCEDENTE DEL RECICLADO DE LOS NEUMÁTICOS USADOS, INCORPORADO POR VÍA SECA

CLICERIO RIVAS UNZUETA, DAGOBERTO BURGOS FLORES, ISRAEL MIRANDA PASOS

*Los neumáticos desechados son un grave problema ambiental, pues las normas del medioambiente impiden su acumulación en depósitos o vertederos existente (1). Dentro de las opciones más razonables en su reutilización, una de las más apropiadas corresponde a la molienda y selección de sus componentes para separarlos. De éstos, el caucho se puede incorporar en las mezclas de arena cemento y cal en frío para mejorar en las construcciones sus propiedades acústicas, de temperatura y en la disminución de dureza, ya que el caucho presente en los neumáticos, tanto el de origen natural como el sintético, se compone en más del 50 % de polímeros elastoméricos. Según N. Lozano, Ph.D., P.E. y K. Sobhan, Ph.D, 2001 (2).*

*Se estima que aproximadamente 250 millones de llantas usadas son descartadas anualmente en Los Estados Unidos de Norte América (3).*

*En el presente artículo se comentan los trabajos realizados en el laboratorio experimental de suelos del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Sonora para el diseño, y pruebas de una mezcla con la incorporación de caucho procedente de neumáticos fuera de uso, mediante el proceso comparativo y normalizado por ONCCE vía seca. El proceso de la vía seca consiste básicamente en la incorporación del caucho a la mezcla como un componente inerte más en el proceso de amasado, y después de un tiempo de espera (maceración) su colocación en muros y techos. El proceso de maceración propicia una modificación del caucho, aun así, manteniendo su componente elástico y reacción con los componentes para ablandarse, lo cual conlleva a un nuevo material de construcción.*

M.C. CLICERIO RIVAS UNZUETA  
Correo: clicerio@dicym.uson.mx  
DR. DAGOBERTO BURGOS FLORES  
Correo: dburgos@dicym.uson.mx  
DR. ISRAEL MIRANDA PASOS  
Correo: Departamento de Ing. Civil y  
Minas de la Universidad de Sonora

## INTRODUCCIÓN

Látex o Hule, este material se caracteriza por su elasticidad, permeabilidad y resistencia eléctrica. Existen dos tipos de materiales con estas características: el caucho natural y el caucho sintético. El caucho natural se obtiene de un líquido lechoso de color blanco llamado látex, que se encuentra en numerosas plantas. El caucho sintético se prepara a partir de hidrocarburos insaturados. El caucho SBR es un copolímero (polímero formado por la polimerización de una mezcla de dos o más monómeros) del Estireno y es el caucho sintético más utilizado a nivel mundial (4).

Al desarrollo de este estudio con algunas pruebas, nos permite aportar un nuevo material en el sector de la construcción, con el fin de mejorar la acústica de algunas edificaciones, reducir costos de pintado, aumentar la flexibilidad en el material, mantener, edificaciones con mayor resistencia eléctrica, paredes más impermeables (5), y sobre todo participar en el desarrollo de construcciones sustentables, beneficiando la reutilización de un material que está prohibido desechar como es el caso de los neumáticos usados (6).

El objetivo más importante relacionado con el medio ambiente es el de incursionar en lo científico y en lo técnico o en materia de ciencia aplicada en la reutilización de residuos y materiales idóneos como es el caso en que el laboratorio experimental de suelos del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Sonora que participa en materiales como los neumáticos desechados en el área de la construcción, y esto da la pauta para estudiar de manera intensa los distintos residuos, la cantidad, sus características físicas y químicas, la posibilidad de uso, sus restricciones de uso, las consecuencias económicas y lo que ya se haya investigado. Con el fin de obtener una aproximación de valor máximo en su uso.

## ESTUDIO PREVIO

Como primera aproximación, se planteó realizar y estimar la variación de las propiedades de una mezcla mediante la incorporación del polvo de caucho. Se tomaron como referencia los parámetros de un espécimen de características idénticas al mortero normal, con una proporción en su mezclado de 1,1,3 es decir una unidad de cemento por una de agua por tres de arena clasificada y posteriormente se mezcló siguiendo la norma NMX-C-061-0NNCCE-2010 (7), esta norma cancela y sustituye a la NMX-C-061-1976, declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación, el día 26 de julio de 2001.

## ANTECEDENTES

### **Morteros aligerados con rubber o molienda de llanta.**

El concreto y los morteros para fabricar materiales de construcción han tenido desde sus inicios una serie de cambios para mejorar su flexibilidad, durabilidad, resistencia, termicidad y hasta peso para lo cual se les adicionan desde fibras sintéticas (8), cenizas volcánicas hasta materiales de deshecho de las fundidoras de metal,

lo mismo que espumas con aire, también es común utilizar materiales como caucho para concretos asfálticos que amortiguan el ruido en su uso como superficies de rodamiento. Existen muchas maneras de producir el concreto y los morteros.

En el siglo XIX se emplea en EEUU y en Inglaterra, y otros lugares, el concreto con agregados de escoria de Hulla con aire encapsulado.

Caucho o Hule, sustancia natural o sintética que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica. El caucho natural se obtiene de un líquido lechoso de color blanco llamado látex, que se encuentra en numerosas plantas. El caucho sintético se prepara a partir de hidrocarburos insaturados.

El caucho SBR (4) es un copolímero (polímero formado por la polimerización de una mezcla de dos o más monómeros) del Estireno y es el caucho sintético más utilizado a nivel mundial.

## El caucho o hule de llanta

Se pueden clasificar en dos grupos: el caucho natural y el caucho sintético. La diferencia entre ambos se encuentra en el origen de las materias primas. Como se indica:

- Caucho Natural: Se obtiene a partir de un fluido lechoso denominado látex que se encuentra en algunos árboles típicos de regiones tropicales.
- Caucho Sintético: Es obtenido a partir de los hidrocarburos.

En la actualidad, el caucho se usa en diferentes tipos de industrias (automotriz, calzado, adhesivos, etc.). Actualmente, en la Argentina hay más de 300 empresas, que elaboran productos relacionados con el caucho dando trabajo a más de 10.000 personas (contando obreros, técnicos y empleados). De aquí deriva la importancia del mismo.

En realidad, algunas de las funciones de los agregados que se adicionan al concreto están especificadas por el aumento de resistencia como es el caso del ferro-cemento (9). Otro caso es la adición de la perlita y otros materiales livianos en concretos para la fabricación de tabiques, bloques y piezas de ornamento de concreto o de mortero, para aligerar el peso de estos, continuamente se están buscando otros materiales de construcción. En esta investigación, los materiales que se estudiarán son comunes: el bloque, las losas y los morteros para enjarres en los muros.

Las llantas usadas provocan problemas asociados con su resistencia a su trituración, compactación, durabilidad (dificultad a procesar), baja eficiencia para almacenar y transportar debido a lo voluminoso que esto es. Por lo tanto, su disposición adecuada se complica, y a veces se encuentran almacenados o quemándose al aire libre (1). Los problemas de salud y medio ambiente asociados con el almacenamiento o combustión de las llantas al aire libre son inestimables, sobre todo porque se combina este problema con otros.

En esta investigación, se intenta como punto más importante la posibilidad de adicionar molienda de llantas desechadas a los morteros, en sustitución de la arena como componente pétreo, en proporciones que pudieran mantener un menor peso y también buscar mayor adherencia por menor peso, también propiedades térmicas y de acentuación del color buscando ahorro en pinturas y texturizados.

Las siguientes pruebas se realizaron en el Laboratorio Experimental de Suelos del Departamento de Ingeniería Civil y Minas:



Figura (1)



Figura (2)



Figura (3)

En las figuras de la 1 a la 3 se ilustra parte del proceso en la elaboración de especímenes del procedimiento descrito anteriormente.

## RESULTADOS

En la tabla 1 se encuentran los datos obtenidos de las pruebas iniciales de resistencia realizados a los especímenes elaborados conforme a la norma NMX-C-061-0NNCCE-2010

Tabla 1. Resistencia de Morteros con cierta cantidad de hule de llanta (kg)

	MC	5%	10%	15%	20%	25%	30%
<b>7 días</b>	4664	4400	4244	4012	3316	2756	2404
<b>14 días</b>	4360	4004	3488	3392	3292	2672	2008
<b>28 días</b>	7112	6336	5116	4836	4320	4504	3000

MC = Muestra de Control

Resultados de pruebas de resistencia y fluidez de un mortero, sustituyendo arena por llanta molda en 9 especímenes de 5\*5\*5 cm como se ve en la figura 2.



Tabla 2. Proporciones utilizadas en los especímenes estudiados.

Tipo de mortero	Cemento (gr)	Arena (gr)	Agua (ml)	hule molido (gr)
Para mortero normal	740	2035	450	0
Para mortero con 10% hule	740	1831.5	550	203.5
Para mortero con 20% hule	740	1628	650	407
Para mortero con 30% hule	740	1424.5	750	610.5

Tabla 3. Prueba para Mortero normal

# de ensaye	# de espécimen	Edad del espécimen	Resistencia en (kN)	Deformación (mm)	Peso del espécimen (gr)
856	1	3 días	22.702	1.672	280
857	2	3 días	16.493	2.272	280
858	3	3 días	17.826	1.673	280
829	4	7 días	20.689	2.624	no se pesaron
831	5	7 días	23.874	2.766	no se pesaron
832	6	7 días	26.751	2.55	no se pesaron
842	7	14 días	24.200	2.734	275.6
845	8	14 días	25.039	2.199	275.7
846	9	14 días	28.933	1.305	276.1

Tabla 4. Para Morteros con 10% de hule

# de ensaye	# de espécimen	Edad del espécimen	Resistencia en (kN)	Deformación (mm)	Peso del espécimen (gr)
859	1	3 días	6.559	1.697	255
860	2	3 días	7.344	1.619	255
861	3	3 días	6.722	1.745	255
833	4	7 días	5.564	3.343	no se pesaron
834	5	7 días	5.668	3.911	no se pesaron
835	6	7 días	5.132	4.626	no se pesaron
850	7	14 días	8.109	1.52	228
851	8	14 días	9.224	1.563	235.3
852	9	14 días	7.738	1.839	229.5

Tabla 5. Para Morteros con 20% de hule

# de ensaye	# de espécimen	Edad del espécimen	Resistencia en (kN)	Deformación (mm)	Peso del espécimen (gr)
863	2	3 días	4.101	1.225	220
864	3	3 días	3.548	1.842	220
836	4	7 días	2.649	1.708	no se pesaron
837	5	7 días	2.726	4.587	no se pesaron
838	6	7 días	2.271	4.381	no se pesaron
853	7	14 días	4.335	1.746	219.4
854	8	14 días	4.477	1.845	218.8
855	9	14 días	4.508	1.667	213.1

Tabla 6. Para Morteros con 30% de hule

# de ensaye	# de espécimen	Edad del espécimen	Resistencia en (kN)	Deformación (mm)	Peso del espécimen (gr)
840	2	3 días	1.560	2.385	no se pesaron
841	3	3 días	1.549	2.064	no se pesaron
847	4	7 días	2.718	2.744	no se pesaron
848	5	7 días	2.517	1.856	no se pesaron
849	6	7 días	2.623	2.960	no se pesaron
865	7	14 días	2.854	1.648	190
866	8	14 días	3.335	1.943	195
867	9	14 días	3.202	2.389	200

En la tabla 2 se observan las proporciones utilizadas en los especímenes estudiados.

En las tablas 3 a la 6 son los resultados de resistencia y deformación obtenidos

La elaboración de especímenes de 0.40 m por 0.20 m por 0.025 m para la medición de termicidad (10) en mezclas de mortero con agua, cemento, arena y sustituyendo llanta molida por arena en los siguientes porcentajes de 10, al 60% de diez en diez, por lo que resultan los siguientes pesos específicos:

Muestra (%)	Peso seco (kg)
0%	8.735
10%	8.220
20%	7.870
30%	6.955
40%	6.695
50%	6.432
60%	5.870



En la figura 4 se ve el espécimen utilizado para medir la transferencia de calor

En la tabla 7 son datos obtenidos al medir los pesos secos de especímenes con distintos



cantidades de molienda de llanta.

Resultados de la medición experimental de la conductividad térmica con distintas proporciones y densidades de un mortero con mezclas de hule reciclado.

Tabla 8. Mezcla al 10%

Pérdidas cara caliente		
L1	0.33	m
lpol	0.04	W/m °C
Tsc	39.6	°C
Tpozo 113	31.4	°C
ΔT =	8.21	°C
$Q_{perd} = (lpol * A1 * (Tsc - Tpozo 113))/L1$		
Qperd=	0.0796	W
Estimación de la conductividad térmica		
voltaje	15.00	v
amperaje	0.38	a
Potencia	5.70	W
TSF(prom) =	18.54	°C
TSC(prom) =	23.14	°C
ΔT =	4.60	°C
Imuestra	0.764	W/m °C



Tabla 9. Mezcla al 30%

Pérdidas cara caliente		
L1	0.33	m
lpol	0.04	W/m °C
Tsc	35.1	°C
Tpozo 113	27.5	°C
ΔT =	7.56	°C
$Q_{perd} = (lpol * A1 * (Tsc - Tpozo 113))/L1$		
Qperd=	0.0733	W
Estimación de la conductividad térmica		
voltaje	15.00	v
amperaje	0.38	a
Potencia	5.70	W
TSF(prom) =	21.92	°C
TSC(prom) =	27.38	°C
ΔT =	5.46	°C
Imuestra	0.645	W/m °C

Tabla 10. Mezcla al 50%

Pérdidas cara caliente		
L1	0.33	m
lpol	0.04	W/m °C
Tsc	37.1	°C
Tpozo 113	28.5	°C
ΔT =	8.59	°C
$Q_{perd} = (lpol * A1 * (Tsc - Tpozo 113))/L1$		
Qperd=	0.0833	W
Estimación de la conductividad térmica		
voltaje	15.00	v
amperaje	0.38	a
Potencia	5.70	W
TSF(prom) =	20.43	°C
TSC(prom) =	26.77	°C
ΔT =	6.33	°C
Imuestra	0.554	W/m °C



## ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los resultados nos indican, en esta primera aproximación, que la resistencia disminuye al aumentar la sustitución de llanta molida por arena, aunque no drásticamente, resulta un mortero de características adecuadas para recubrimientos, no así para pegar elementos de construcción como ladrillos o bloques.

Por lo que resulta que de la muestra control se diferencia aproximadamente 500 g por cada 10% de sustitución por "Rubber" lo que nos permite una mezcla mucho más ligera que la de un mortero normal hasta en un 25%, por lo que el trabajo de colocación de mezcla en muros será mucho más fácil y liviano, se podría colocar en forma más rápida y con menor deterioro en la salud de quien lo realice.

En el caso de la conductividad térmica, el material se comporta al 30% de sustitución de arena por "Rubber", similar a un material recubierto con yeso.

En lo referente a deformación a la resistencia en el mortero, ésta aumenta conforme se agrega molienda de llanta, lo que nos permite aseverar que la mezcla soportará mayor deformación al incluir compresión, es probable y es necesario una serie de pruebas que certifiquen esta aseveración.

En la destrucción de las muestras al aplicar la compresión se observó que a diferencia de la muestra tipo, que se fractura separándose las partes que la componían, en las muestras con llanta molida se mantenían unidas. Lo que concluimos que la adherencia entre partículas del mortero con llanta resistirá más en la presencia de grietas.

Se tiene un tesista en el Tecnológico de Chetumal, Quintana Roo, quien estudia parte de la deformación en la búsqueda de comprobar que las grietas podrían tardar más en aparecer mediante el uso de este material.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Jaime Domingo Carranza y Doreen B. Salazar (2004). Guía Práctica para Municipalidades sobre re-uso de llantas (<http://reciclarllantas.com.mx/proyectos>).
- 2) Lozano, N. and Sobhan, K. (2001). Departamento de Ingeniería Civil, Agricultura y Geológica Universidad Estatal de Nuevo México. Utilización de Llantas en la Industria de la Construcción. Seminario de Tópicos Avanzados de la Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Mexico. January 19-May 24, 2001, pp. 35-38.
- 3) EPA-530-B-99-002. State scrap tire Programs. A quick reference Guide, 1999. Update Golden bay cement, bulletin of microsilica 600 Auckland New Zelanda.
- 4) Loyola-Rodríguez, Danny Harold (2005). El Caucho SBR. Textos Científicos.com (<http://www.textoscientificos.com/caucho/sbr>).
- 5) Ben Winter. Masters Thesis "Tire Mattress effectiveness in Oklahoma", 2003. Chelsea Center for Recycling and Economic Development. Preliminary investigation of tire shreds for use in residential subsurface leaching field systems.
- 6) Boesscher, P.J. 1997, Design of highway embankment using tire chips, Journal of Geotechnical Engineering, vol. 123, No. 4, pp. 295-304
- 7) NMX-C-061-0NNCCE-2010. Industria de la construcción – Cemento - Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.
- 8) The Euclid Chemical Company. EUCOSHOT, Silica Fume Modified Shotcrete. ([http://www.euclidchemical.com/product\\_detail.asp?id=138&search=flex](http://www.euclidchemical.com/product_detail.asp?id=138&search=flex)).
- 9) Konstantin Sobolev. Nanomodificación del Cemento. Memorias del International Conference On Advanced Construction Materials, 2006. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- 10) Jesús Benito Pérez Valenzuela. Medición de conductividad térmica de los especímenes utilizados, Laboratorio Experimental del Departamento de Ingeniería Civil y Minas.



## APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA CONSIDERANDO LA PERMEABILIDAD DE SUELOS

MANUEL BALCÁZAR MEZA, LILIANA DÍAZ AGUILAR, MARÍA VIRGINIA FERNÁNDEZ RAMÍREZ, AGUSTÍN MONTIEL COTA

*La extracción excesiva de agua subterránea en el estado de Sonora, para utilizarse en la agricultura, ganadería, industria, comercio y consumo humano, ha originado un abatimiento del acuífero y en algunas regiones la salinización de pozos. Lo anterior aunado a prolongadas sequías en los últimos quince años, presenta un panorama desolador en la producción de alimentos de origen agrícola y ganadero. Sonora cuenta con 9 tipos de suelos cuyas características son la composición, presentación y permeabilidad. La metodología utilizada para aprovechar mejor la lluvia, consistió en dividir a Sonora en tres regiones y seis zonas, determinando los tipos de suelos, ríos y arroyos que le corresponden a cada uno de los setenta y dos municipios, y de acuerdo a las posibilidades fisiográficas se realizó la propuesta. Con el valor promedio anual de lluvia, tipos de suelo, transporte de caudales, se determinó la permeabilidad para cada lugar y la posible recarga del acuífero, para ello se diseñaron conductos tipo canal que desviarán parte del agua, principalmente de ríos, formando una película líquida en la superficie del terreno sin afectar la flora y la fauna.*

M.C. MANUEL BALCÁZAR MEZA

Correo: mbalcazar@iq.uson.mx

LIC. LILIANA DÍAZ AGUILAR,

DRA. MARÍA VIRGINIA FERNÁNDEZ RAMÍREZ,

M.C. AGUSTÍN MONTIEL COTA.

Laboratorio de Ingeniería de Procesos. Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia. Universidad de Sonora.

## INTRODUCCIÓN

El estado de Sonora con una superficie aproximada a los 185,000 km<sup>2</sup>, se divide en tres grandes zonas geográficas de acuerdo a las características de clima fauna y flora, siendo éstas la costera, central y serrana, aunque a su vez, pueden subdividirse de acuerdo a situaciones particulares.

La máxima demanda de agua se encuentra localizada en la zona central, hacia el litoral y, principalmente, del centro hacia el sur. El consumo está relacionado con las actividades agrícolas, ganaderas, industriales, comerciales y para uso humano directo. Según datos promedios, la extracción de agua profunda en los últimos 15 años ha sido de 3,000 millones de metros cúbicos por año, originando que en algunos lugares, el acuífero se localice a mayor profundidad y en otros casos se encuentre completamente abatido o salinizado.

Aunado a lo anterior, existen otros factores como la falta de un sistema agrícola tecnificado con respecto al manejo adecuado del agua, la evaporación de hasta 30%, la falta de más contenedores como presas y repesos, los sellos profundos en el suelo por sedimentos y, lo que es más alarmante, el cambio climático que ocasiona sequías más prolongadas por la ausencia de lluvias considerables. Según la dirección técnica de la CONAGUA. (Oroz Ramos et al., 2011).

En Sonora, las lluvias en la región tienen un valor histórico de 326.3 mm, al mes de octubre del presente año, se tiene una media acumulada de 197.9 mm representando un déficit de 45.5% (Díaz Armenta, CONAGUA, 2011)

Esto es sólo un dato poco halagador para lo que resta del año y del próximo. Existen regiones en donde se tendrán que suspender cultivos y en otras reducirlos.

Se puede pensar, y con razón, que el agua almacenada en presas y repesos, garantizan mediante una adecuada administración del recurso, el consumo humano.

El almacenamiento en las presas es inconsistente y afecta las expectativas, principalmente agrícolas.

La economía del estado de Sonora depende en gran parte de la agricultura y ganadería, y en cierta medida del desarrollo urbano e industrial, por ello es urgente proponer una solución parcial o total a la escasez del agua a través del aprovechamiento de la precipitación pluvial que permita abastecer, lo más posible, el acuífero mediante la *permeabilidad* y tipos de suelos por su composición y forma.

Sonora cuenta con 72 municipios, los cuales se encuentran dentro de las tres zonas, ya mencionadas con anterioridad. Cada uno de estos lugares consta de suelos que se diferencian en cuanto a la permeabilidad y tienen ríos cuyos efluentes no se aprovechan completamente, sobre todo, los excedentes. La fisiografía está constituida en su mayor parte por llanuras y sierras. El estado presenta, de acuerdo a la región montañosa, un declive hacia el Golfo de California. Las serranías están orientadas en el sentido sur-sureste y norte-noreste, entre las cuales se forman valles a los márgenes de los ríos.

La mayoría de los ríos, a excepción del Yaqui y el Mayo, descargan sus aguas en la costa. Los valles que se forman fuera de la superficie plana y en la cuenca de los ríos y arroyos, son casi en su totalidad angostos, cortados por desfiladeros y lomeríos. Figuran entre los principales valles: el Yaqui, el Mayo, el de Ures, de la Costa de Hermosillo, el de Caborca, Cumpas, Guaymas-Empalme y San Luis Río Colorado.

De acuerdo al terreno de cultivo, los más grandes son el Valle del Yaqui y el Valle del Mayo, el primero con una superficie de 500,000 ha y el segundo con 200,000 ha (INAFED, 2005).

A pesar de las grandes extensiones de terreno del estado de Sonora, la ubicación en la franja desértica del planeta y el registro de precipitaciones pluviales bajas, originan un limitado desarrollo y calidad de vida de la sociedad, por la falta de agua para las actividades productivas.



## OBJETIVO

El objetivo de esta propuesta es determinar las propiedades de los suelos en la mayor parte de los municipios del estado de Sonora, obtener la permeabilidad, la pendiente y efluentes importantes para hacer obras y manejar adecuadamente caudales provenientes de los ríos.

### Objetivos Específicos

- Establecer zonas geográficas para distribuir los municipios.
- Analizar la forma de terreno.
- Clasificar los municipios de acuerdo a la precipitación pluvial.
- Determinar con base a la permeabilidad propuestas para aprovechar el agua de la lluvia.

## DESCRIPCIÓN

Permeabilidad del suelo es la velocidad con la que un fluido líquido lo atraviesa, dependiendo del tipo de material, naturaleza, presión y temperatura.

Tabla 1. Clasificación de la permeabilidad (Hudson Norman, 2006).

	Clases	Pulgadas/h <sup>o</sup> (*)
<b>Lenta</b>	Muy Lenta	<0.05
	Lenta	0.05-0.20
<b>Moderada</b>	Moderada lenta	0.20-0.80
	Moderada	0.80-2.50
	Moderada rápida	2.50-5.00
<b>Rápida</b>	Rápida	5.00 a 10.00
	Muy rápida	Más de 10.00

(\*)h<sup>o</sup>= tasas a través de muestras de suelos saturados con ½ pulgada de carga de agua



Tabla 2. Valores medios de acuerdo a la clase correspondiente de permeabilidad (Balcázar Meza et al., 2008).

Clases	Permeabilidad en Plg/h <sup>o</sup>
Lenta (lenta)	0.125
Moderada (aceptable)	2.6
Rápida (alta)	7.5

Tabla 3. Permeabilidad por tipo de suelo. (Buol, S. et al., 1973).

Suelo	Clase de Permeabilidad	plg/h <sup>o</sup>
Feozem	Alta (rápida)	7.5
Regosol	Alta (rápida)	7.5
Xerosol	Alta (rápida)	7.5
Litosol	Alta (rápida)	7.5
Cambisol	Alta (rápida)	7.5
Fluvisol	Alta (rápida)	7.5
Luvisol	Aceptable (moderada)	2.6
Solonchak	Baja (Lenta)	0.125
Vertisol	Baja (Lenta)	0.125
Yermosol	Baja (Lenta)	0.125

### Factores que influyen

Las fuerzas de superficie, relación de vacíos del suelo, porosidad, tortuosidad de los vacíos, temperatura, viscosidad, estructuración y humedad.

Todos los factores que intervienen en la estructura del suelo tienen una influencia directa en la permeabilidad. La estructura se ve influida, además de otros factores, por la naturaleza y la cantidad de iones presentes, es decir, de los elementos que participan directa o indirectamente en todas las actividades hidrodinámicas, químicas y biológicas del suelo. La fórmula de Darcy (Mcabe et al., 1991) relaciona el volumen de agua que atraviesa una muestra de suelo, con la característica de presión, antes y después de la muestra. De igual forma, se relacionan las características de la carga del fluido, altura o profundidad y velocidad consideradas en los trabajos desarrollados por Bernoulli (KA Díaz et al., 2005).

### Tipos y composición de los suelos en los municipios del estado de Sonora

En base a las características y composición existen los siguientes tipos de suelos (INAFED, 2005):

*Feozem*: suelos con superficie oscura, de consistencia suave, rica en materia orgánica y nutrientes.

*Fluvisol*: suelos de consistencia suave y de gran permeabilidad.

*Regosol*: poco desarrollados, consta de material suelto semejante a la roca.

*Xerosol*: áridos que contienen materia orgánica, la capa superficial es clara, debajo de ésta puede haber

acumulación de minerales arcillosos y/o sales.

*Litosol*: muy delgados, su espesor < 10 cm, descansa sobre un estrato duro y continuo, tal como roca, tepetate o caliche.

*Cambisol*: suelo de color claro con desarrollo débil, presenta cambios en su consistencia debido a su exposición a la intemperie.

*Luvisol*: áridos que contienen materia orgánica, la capa superficial es clara, debajo de ésta puede haber acumulación de minerales arcillosos y/o sales.

*Solonchack*: una permeabilidad aceptable.

*Vertisol*: suelos muy arcillosos con grietas anchas y profundas cuando están secos; si se encuentran húmedos son pegajosos, su drenaje es deficiente.

*Yermosol*: suelos semejantes a los xerosoles difieren en el contenido de materia orgánica.

De acuerdo a lo anterior, cada uno de los 72 municipios presenta uno o varios tipos, por ejemplo: Hermosillo, Agua Prieta, Ciudad Obregón, Guaymas y Caborca tienen regosol, litosol, mientras que Nacozari de García, Nogales, Yécora y San Pedro de la Cueva cuentan con feozem, litosol y regosol en común.

## METODOLOGÍA

El estado se dividió en seis zonas para el estudio de sus permeabilidades, considerándose el porcentaje por zona o zonas que le corresponden de territorio a cada municipio con sus respectivas precipitaciones pluviales. En esta etapa se realizaron cálculos considerando el municipio, tipo de suelo, superficie en km<sup>2</sup>, precipitación anual, permeabilidad por tipo de suelo, permeabilidad promedio del municipio y permeabilidad total.



Figura 1. Mapa de las zonas y regiones del estado de Sonora. (INEGI, 2011).

## Ríos principales en Sonora

Río Sonora, río Concepción, río Yaqui, río Bavispe, río Altar, río Mátape, río San Miguel, río Mayo.

Se tomaron datos de los lugares de origen, sus trayectorias, dónde desembocan, cuáles son sus longitudes, caudales y frecuencia de éstos dependiendo de las precipitaciones anuales. También se consideraron las presas y repesos con sus capacidades, arroyos y manantiales y, por supuesto, la lluvia total anual que alimenta a los ríos.

## PROPUESTA

De acuerdo al número de ríos y municipios que atraviesan el territorio sonorense, con un caudal promedio anual (Liliana G. Díaz et al., 2008); se considera desviar el agua a través de canales en aquellos lugares con suelos de permeabilidad considerable y donde el terreno y pendiente lo permitan.

Los canales se diseñaron para distribuir el agua de tal forma que se genere una lámina líquida delgada. No se trata de generar arroyos, sino aprovechar lugares donde el agua se distribuya ampliamente.

Tabla 4. Dimensiones propuestas para los canales de desviación:

CANAL	a(m)	b(m)	c (m)
1	2	2.309	600
2	4	2.309	800
3	6	2.309	1000

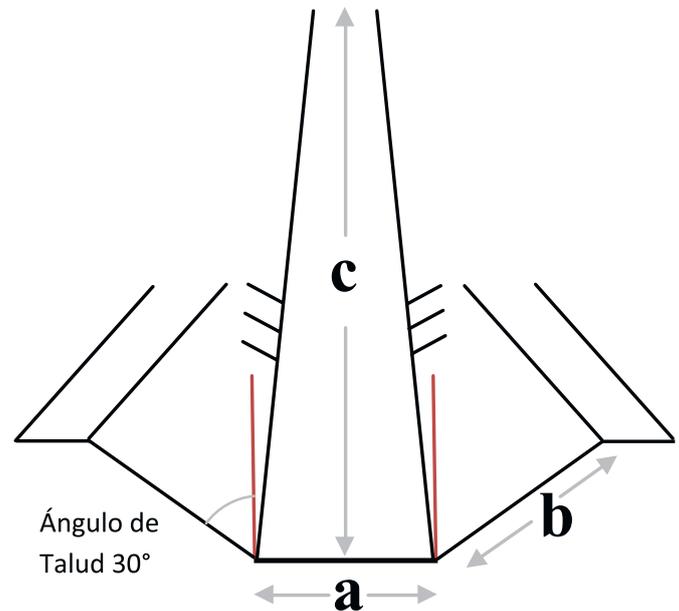


Figura 2. Canales para distribución del caudal

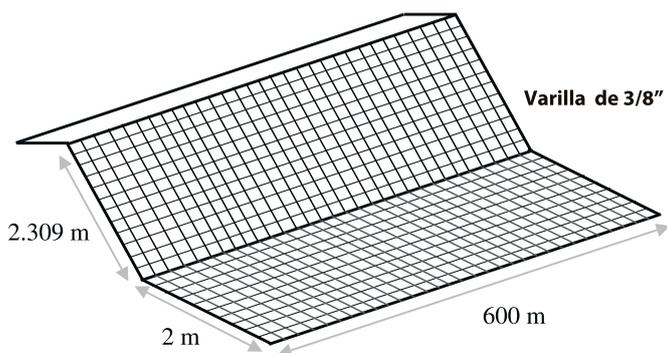


Figura 3. Ejemplo de canal para distribución del caudal

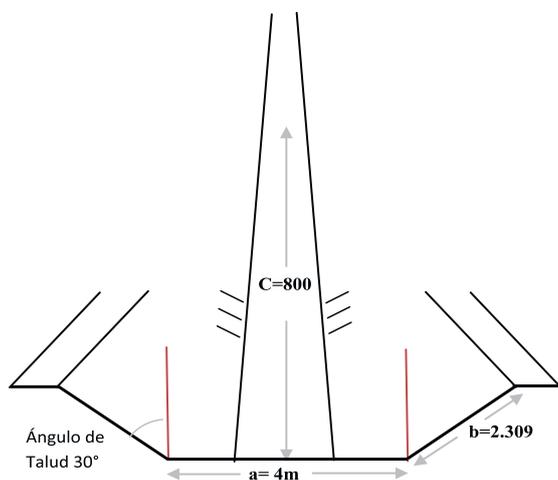


Figura 4. Ejemplo del canal de 800m para distribución del caudal.

Los materiales de construcción son elementales, cemento, varilla o malla electrosoldada, arena, grava y, por supuesto, desarrollar trabajos de la excavación.

Considerando un conducto con una base de 2 m y longitud de 600 m como se ilustra en la figura 1, el costo total de la obra dependerá de la ubicación, es decir, del lugar geográfico por región y municipio, el cual puede ser compartido entre las distintas instituciones, niveles de gobierno y usuarios, dado que éstos últimos cuentan con pozos cuya recarga sería redituable. Hay que destacar que estos costos varían dependiendo si se utiliza varilla, malla electrosoldada o si simplemente excavación. Se hicieron cálculos para diferentes opciones.

## INFLUENCIA DE LA PROPUESTA SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

### Programa de trabajo: Preparación del sitio

- Ubicación del sitio de los canales.
- Diseño de los canales (dimensiones).
- Lista de material y equipo utilizado.
- Mano de obra.

## Preparación del Terreno

- Determinación de los linderos oficiales municipales y estatales.
- Desmonte y preparación de la superficie del terreno.
- Nivelación topográfica del terreno.
- Excavaciones y distribución de tierra.

## Rasgos biológicos y recursos naturales

**Fauna:** Propia de zonas desérticas y semidesérticas.

**Flora:** semidesértica, árboles medianos y arbustos (zacate). En la siguiente tabla proporcionada por el Programa de Ordenamiento Ecológico en su informe de 2011, se estableció un estudio específico realizado por la SEMARNAT donde se especifica el tipo de flora que existe en el Estado y en el cual hay una notable abundancia desértica.

Tabla 5. Porcentaje de cobertura de suelo y vegetación AOE. (CEDES, mayo 2011)

Tipo de Vegetación	Superficie (ha)	%
		91.6%
Matorral	7'357,927	40.4%
Otros tipos de vegetación	2'784,206	15.3%
Bosque	2'196,513	12.1%
Selva	2'133,570	11.7%
Pastizal	1'788,612	9.8%
Humedales costeros	273,649	1.5%
Ecosistemas dulceacuícolas	28,340	0.2%
Áreas sin vegetación aparente	99,833	0.5%
		8.4%
Áreas agrícolas	1'378,655	7.6%
Áreas acuícolas	55,046	0.3%
Cuerpos de Agua	41,731	0.2%
Asentamientos Humanos	56,345	0.3%
<b>TOTAL</b>	<b>18'194,426.8</b>	<b>100.0%</b>

Con respecto a la tabla 5, con el sistema propuesto para ciertas zonas, se incrementaría la vegetación principalmente en pastizales y otro tipo de árboles que a su vez conservarán considerablemente la humedad.

## Impacto ambiental

- No se modificará la dinámica natural de algún cuerpo de agua. Así como también, por la longitud de las obras, no se crearán barreras físicas que limiten el desplazamiento de la flora y fauna.
  - No se considera la introducción de especies exóticas.
  - Se tiene contemplado implementar un programa para promover a los interesados la conservación de las especies vegetales que se encuentren dentro de sus predios y en los alrededores para incrementar la flora.
    - La zona es considerada con cualidades únicas y con atractivo turístico, no se encuentra en un área natural protegida, arqueológica o de interés histórico.
    - No se verá afectada la armonía visual con la creación de un paisaje artificial.

Tabla 6. Especificaciones de la Propuesta.

Recursos naturales que serán aprovechados	Agua
Excavaciones manuales y trasplantes de la mayor parte de la flora, dado que es en pequeña cantidad.	
Equipo a utilizar	Tractor, trascabos, complementos menores de construcción, etc.
Materiales a utilizar	Materiales de construcción como cemento, arena, grava y acero comercial.
Obras	Vías normales.
Personal utilizado	Obreros, inspector, vigilante y director de obra.
Residuos Generados	No se generan.
Requerimientos de energía	Energía proporcionada por corriente eléctrica, combustibles como gasolina, diesel, etc.
Requerimientos de agua	Pipas de 35,000 litros para cada obra aproximadamente, durante días continuos.
Nivel de ruido	Mínimo.
Desmantelamiento de la infraestructura	Se destinará a cada uno de los centros proveedores (ciudades y cabeceras municipales).
Equipo utilizado	Revolvedora, batidora, palas, picos, carretillas, herramientas menores.
Análisis de riesgos	Riesgos menores.
Obras y servicios de apoyo	Trazos de caminos de terracería.

Cada obra se estará inspeccionando anualmente para prevenir y reparar posibles fracturas en los canales de distribución u obstrucciones que pudieran ocurrir por flora que se arrastre por la propia corriente.

El destino final de la propuesta es mejorar el acuífero de los municipios correspondientes, en función del almacenamiento extraordinario del agua.

## CONCLUSIONES

El agua reorientada no modifica el curso de los ríos ni afecta la vegetación y la fauna, porque la película de agua será equivalente a la formada por una lluvia de regular intensidad. Se contribuirá a mejorar la flora y generar alimento para ganado. Es recomendable que en aquellas zonas que tengan suelos tipo feozem, regosol y fluvisol, se construya más de un canal. Según cálculos, considerando una superficie, el tipo de suelo, evaporación y la precipitación, por cada metro cúbico que se desvíe, se recargaría en 700 litros el acuífero.

Las lluvias permiten recargar represas y presas, y a la vez el acuífero en aquellas zonas donde el suelo contiene una permeabilidad aceptable. Sin embargo, los ríos que acarrear un caudal considerable tienen reducida su área para reabastecer en su longitud al propio acuífero. Por eso se propone aprovechar de manera más eficiente dicho caudal, construyendo desviaciones de acuerdo a la cantidad de agua que puede ser aprovechada.

Se ha calculado que el 40% del caudal de cada río se puede desviar lográndose así una permeabilidad que equivale a 1886.0692 mm<sup>3</sup> de recarga al acuífero.

El impacto ambiental negativo es mínimo, considerando que las lluvias afectan de igual forma la superficie dado que el agua que será distribuida por los canales será de manera lenta, uniforme y con un espesor de capa de agua delgada, lo cual no afectará la flora y fauna.

De acuerdo a la relación costo-beneficio a mediano y largo plazo resulta positivo la distribución del agua utilizando este método. Por ejemplo por cada m<sup>3</sup> de agua que se desvíe, 700 litros recargarían el acuífero como valor promedio (dependiendo de las condiciones existentes).





## MATERIALES SUPERCONDUCTORES EN BASE A HIERRO: LOS MATERIALES SUPERCONDUCTORES – MAGNÉTICOS

RAÚL PÉREZ ENRÍQUEZ, JACQUES  
SOULLARD, ILYA G. KAPLAN

*Nuevos caminos para estudiar la superconductividad se han abierto en años recientes. Hace unos cuatro años se descubrió que la superconductividad admite la presencia de átomos magnéticos como el hierro, en las estructuras de los compuestos. Magnetismo y superconductividad ya no son fenómenos antagónicos en ciertos materiales: conocidos como FeAsSC. La investigación tanto teórica como experimental de este hecho, promete brindar nuevos retos a químicos y físicos, pero también a muchos otros que esperan lograr aplicaciones más amplias de los superconductores de alta temperatura crítica.*

DR. RAÚL PÉREZ-ENRÍQUEZ  
Correo: rpereze@correo.fisica.uson.mx  
Departamento de Física, Universidad de Sonora  
DR. JACQUES SOULLARD  
Correo: soullard@fisica.unam.mx  
Instituto de Física, Universidad Nacional autónoma de México  
DR. ILYA KAPLAN  
Correo: kaplan@iim.unmam.mx  
Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México

## INTRODUCCIÓN

En abril del año pasado, se conmemoró el centenario del descubrimiento de la superconductividad. La Universidad de Sonora como muchas otras instituciones en el mundo, organizó una serie de jornadas académicas para celebrar este acontecimiento: conferencias, reuniones, mesas redondas y cursos cortos. Así, en la UNISON estos festejos tomaron la forma de las jornadas "100 Años de Superconductividad", dando a entender que ha sido un trabajo tanto teórico como experimental el que se ha desarrollado a lo largo de estos cien años para tener una comprensión razonable de este fenómeno natural. A lo largo de las sesiones académicas, se hizo una revisión de las investigaciones y aplicaciones de la superconductividad, en los primeros 100 años.

En una de las sesiones se expuso una de las propiedades más espectaculares de los superconductores: el Efecto Meissner-Ochsenfeld [1]. Como un complemento, en este escrito abordamos uno de los aspectos más recientemente descubiertos: la coexistencia del magnetismo y la superconductividad. En efecto, hace exactamente cuatro años, investigadores japoneses encontraron que átomos magnéticos, hierro por ejemplo, podrían ser utilizados para producir compuestos superconductores [2]. Con ello, se abría un nuevo camino para el estudio de este estado de la materia, enfrentando a los físicos y químicos con nuevos retos.

En este trabajo se hace una revisión del descubrimiento de los superconductores en base a hierro, también conocidos como FeAsSC, y puntualizamos algunas similitudes y diferencias con respecto a otros materiales superconductores. Presentamos una discusión sobre la estructura de estos compuestos para, finalmente, dar un breve análisis sobre el magnetismo y la superconductividad a partir de cálculos "ab-initio" realizados por nosotros.

## SUPERCONDUCTORES EN BASE A HIERRO

Durante décadas, los investigadores eludieron la inclusión de átomos magnéticos en la fabricación de materiales superconductores. En aquellos momentos, los experimentos mostraban que el magnetismo y la superconductividad eran fenómenos excluyentes, pues era observado cotidianamente cómo al someter a un compuesto a un campo magnético intenso éste perdía su estado superconductor. Hasta febrero de 2008, los átomos magnéticos fueron excluidos como tabiques en la construcción de este tipo de compuestos. Aunque ya se conocían compuestos en los cuales coexistían magnetismo y superconductividad, (algunos fermiones pesados). Fue Hideo Hosono quien con su grupo de investigación, encontró que el LaFeAsO dopado con Flúor se convertía en superconductor a una temperatura de 26 kelvin [2]; abriendo con ello un nuevo camino hacia la superconductividad de alta temperatura crítica ( $T_c$ ).

En un breve período de tiempo, toda una familia de superconductores en base a hierro (FeSC) fue descubierta.

Para el caso de LaFeAsO, se obtuvieron temperaturas de hasta 55 kelvin cuando el Lantano se reemplazaba por Samario (Sm), ( véase la Tabla 1) [3]. Ahora se sabe que existen cinco estructuras cristalinas básicas que son susceptibles de soportar la superconductividad. De ellas, son dos las más requeridas por los investigadores: aquellas representadas por el  $\text{SrFe}_2\text{As}_2$  y llamado generalmente, FeAs:122; y, aquellos cuya estructura es similar a mencionado LaFeAsO, llamado FeAs:1111. Debemos enfatizar, también, que las cinco estructuras poseen celdas tetragonales.

Tabla 1. Máxima  $T_c$  en cada  $\text{RFeAs}(\text{O}_{1-x}\text{F}_x)^*$

	R							
	La	Ce	Pt	Nd	Sm	Gd	Tb	Dy
$T_c^{\max}$	28	41	52	52	55	36	46	45
x	0.11	0.16	0.11	0.11	0.10	0.17	0.10	0.10

\* La concentración x, que proporciona la máxima  $T_c$  es mostrada con  $T_c^{\max}$  y es determinada por la transición superconductor en curvas de resistividad. [3]

Otra de las características de estos nuevos superconductores es que tienen una estructura de capas similar a las capas de óxido de cobre en el YBCO, que son las causantes del comportamiento superconductor en los cupratos. Los planos de FeAs son parte importante de estos materiales: esta es la razón por la que son llamados superconductores FeAs (FeAsSC). Sin embargo, los compuestos basados en hierro muestran, por ejemplo, campos magnéticos críticos superiores a los cupratos (el campo magnético crítico es el valor arriba del cual se destruye el estado superconductor); asimismo, sus estructuras se vuelven más estables cuando están dopadas con impurezas. Son estas propiedades las que hacen a estos materiales muy prometedores. Por otro lado, desde el punto de vista de su configuración electrónica, la presencia de capas 3d abiertas (el hierro tiene 6 electrones en la capa 3d, lo que hace que tenga 4 espines electrónicos sin compensar) los hace más complejos que los cupratos como lo veremos más adelante.

Al igual que sucede en otros superconductores, una condición necesaria para este estado es la formación de los pares de Cooper pero, aparentemente, la formación de éstos no está ligada a la interacción con fonones de la red; tampoco, por interacción de ondas de espín: el mediador en los superconductores FeAs es de origen magnético [2]. Una consecuencia de ello es que se tiene una nueva ruta para explicar la superconductividad.

## ESTRUCTURA DE LOS FEASCS

Un gran número de materiales superconductores en base a hierro han sido descubiertos después del LaFeAsO, en 2008. Sin embargo, sólo existen cinco tipos

estructurales involucrados en toda esta familia: los FeSC o superconductores con hierro. Llamaremos la atención del lector sobre las estructuras que adicionalmente contienen Arsénico y, que por ello, se denominan FeAsSC, cuyas estructuras están representadas por:  $\text{LiFeAs}$ ,  $\text{SrFe}_2\text{As}_2$ ,  $\text{LaFeAsO}$  y  $\text{Sr}_3\text{Sc}_5\text{Fe}_2\text{As}_2$ . Estas estructuras son conocidas como 111, 122, 1111 y 32522, respectivamente, debido al número de átomos de cada tipo presentes en la celda unitaria. La quinta estructura de los superconductores en base a hierro corresponde a la representada por el FeSe, y ésta es la más simple de todas. Todos los tipos de estructura mencionados aparecen en la Figura 1 [3].

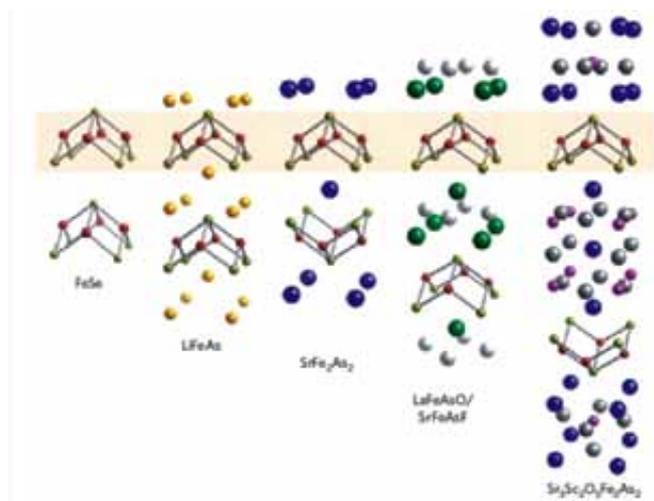


Figura 1. Las cinco estructuras básicas de los superconductores en base a hierro, FeAsSC's; la zona sombreada muestra los planos de hierro-arsénico. [3]

Según se puede apreciar en la figura, existen varias características que son comunes a los FeAsSC's, siendo la formación de planos de Fe la más importante de ellas. De manera similar a lo que sucede con los planos de cobre-oxígeno en los cupratos superconductores, las capas de FeAs se hacen evidentes en estos compuestos. Cada átomo de hierro en un plano está unido a un As para formar entre ellos un tetraedro. La presencia de átomos no metálicos o tierras raras sirven para separar los planos estructurales.

Un aspecto relevante que es necesario destacar, es la coordinación presente entre los tetraedros de las estructuras 122 y 32522: dichos tetraedros tienen orientación opuesta al interior de la celda unitaria (ver Figura 1). Esta coordinación estructural nos recuerda los octaedros del YBCO y las bandas de Möbius con esa simetría [4]; cinta octaédrica de Möbius que permitió encontrar un parámetro estructural en dichos compuestos.

Sin embargo, la similitud entre las capas de FeAs en los superconductores en base a hierro y las capas de  $\text{CuO}_2$  en los de YBCO es sólo aparente. Existen tres diferencias importantes entre ellas: a) los átomos pnictidos (As) están fuera del plano de los hierros (Fe) mientras en el YBCO

es el oxígeno O4 el que se encuentra en esa posición; b) el sistema FeAs:122, por ejemplo el  $\text{BaFe}_2\text{As}_2$ , presenta bandas electrónicas múltiples, mientras la estructura de bandas de los cupratos es sencilla o de un solo gap (ver el trabajo de Ushida para más detalles al respecto [5]); y, c) los compuestos FeAsSC tienen, en el estado normal, una naturaleza metálica y no aislante.

### ESTADOS ELECTRÓNICOS DEL BAFE2AS2

El recién mencionado compuesto 122 con Bario ha llamado a lo largo de estos años la atención de los investigadores. Se supone que este compuesto es el que mejor representa las características principales de los FeAsSC's. En la Figura 2, es posible apreciar el diagrama de fases del  $\text{BaFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{As}_2$  cuando se hace la sustitución del metal de transición (Fe) por cobalto (Co). La tendencia al comportamiento antiferromagnético (AFM) caracterizada por ondas de densidad de espín (SDW) (zona sombreada en azul en la gráfica), se muestra incluso en la zona superconductor (SC state); solamente aparece un cambio en la temperatura crítica debida a la sustitución [9]. Las temperaturas de la transición magnética y crítica ( $T_s$  y  $T_c$ , respectivamente) reportadas fueron determinadas por medio de mediciones de resistividad en estos experimentos.

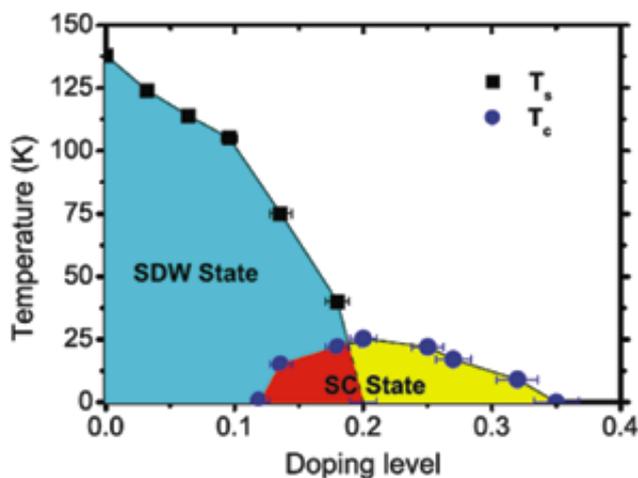


Figura 2. Diagrama de Fases del compuesto  $\text{BaFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{As}_2$ , superconductor del tipo FeAs:122, dopado con Cobalto.

La persistencia de las fronteras de cada fase en el caso de la escasa sustitución de carga debida al  $\text{Co-3d}^7$  en reemplazo de  $\text{Fe-3d}^6$ , en el compuesto  $\text{BaFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{As}_2$ , hace posible afirmar que una especie de afinación estructural está jugando un papel importante en estos sistemas [6]. Rosner y colaboradores han estudiado ampliamente el compuesto  $\text{SrFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{As}_2$ , encontrando que son los electrones por efecto del dopaje en los planos FeAs los que tienen influencia sobre las propiedades magnéticas y electrónicas de estos materiales. En particular, ellos reportan que la sustitución por cobalto suprime de



manera rápida tanto la transición AFM como la distorsión asociada en la red cristalina.

La importancia de estos estudios nos ha motivado a tratar de entender la configuración electrónica de estos compuestos y sus cambios cuando el Fe es reemplazado por pequeñas cantidades de cobalto (Co). De hecho, hemos realizado estudios sobre las bandas electrónicas en estos materiales usando el llamado método del clúster embebido (o embedded cluster method, ECM), desarrollado por dos de nosotros (JS e IK) en las referencias [7]. Este método tiene relevancia porque fue utilizado con éxito en el estudio de sustituciones de Ni en los YBCO:123 y en el superconductor no convencional  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  [8].

### PROPIEDADES MAGNÉTICAS

Vayamos a las propiedades magnéticas de estos nuevos superconductores. Todos conocemos la importancia del hierro (Fe) en nuestra vida cotidiana: son la parte fundamental de los aceros que llenan nuestro espacio. Pero no había estado presente en la superconductividad.

Dos de las propiedades que caracterizan a los materiales superconductores son la resistencia eléctrica igual a cero y el diamagnetismo perfecto [1]. Fue esta última propiedad la que motivó a los investigadores a considerar que los átomos magnéticos eran incompatibles con la naturaleza de singulete de los pares de Cooper. Esto llevaba a dejar fuera de estos compuestos a los elementos magnéticos tales como el hierro, pues ello rompían los pares de Cooper. Por ello, resultó sorprendente que en 2006 se descubriera que el compuesto  $\text{LaFeAsO}$  fuera superconductor a menos de 4 K. Mayor revuelo causó el hallazgo de una temperatura crítica de 26 K para ese compuesto dopado con Flúor.

Como antecedente, habría que decir que el hierro puro se hace superconductor a 2 kelvin sólo cuando es sometido a una presión mayor a 20 GPa. Pero este antecedente no contribuía a esclarecer el papel del magnetismo del hierro pues a dichas presiones éste se vuelve un material no magnético.

El debate acerca de esta relación magnetismo - superconductividad está abierto y a la espera de contribuciones que lo aclaren tanto en el terreno teórico como en el experimental. Aparentemente, existe una relación entre el magnetismo de largo alcance presente en la mayoría de los compuestos  $\text{FeAsSC}$ 's y la naturaleza y tipo de enlace químico de los mismos. Una de las posibilidades que se analiza es el magnetismo por electrón itinerante asociado a una onda de densidad de espín y a una estructura electrónica fundamentalmente basada en

orbitales-d.

Esta posibilidad estaría hablando de que el mecanismo para la formación de los pares de Cooper (responsables de la superconductividad) está ligado a las fluctuaciones de un parámetro de orden magnético. Como mencionamos, el debate aún no termina. Esperamos muy pronto hacer una contribución efectiva a este debate.

### COMENTARIOS FINALES

En este ensayo hemos retomado el tema de la superconductividad con el objeto de mostrar que este campo sigue abierto y a la espera de mayores contribuciones. Al conmemorar el centenario de su descubrimiento, la superconductividad sigue siendo importante. y en ella se abre un panorama lleno de retos en el campo de los superconductores en base a hierro. Sobre ellos, mostramos las cinco estructuras básicas en las cuales se presentan y destacamos la relevancia de estudiar los  $\text{FeAs}$ :122. En particular, se menciona la configuración electrónica de los  $\text{BaFe}_2\text{As}_2$ . Finalmente, comentamos el hecho, de por sí relevante, de la coexistencia de la superconductividad y el magnetismo en estos materiales; y la sorpresa que representó para los investigadores encontrar hierro formando parte de estos materiales.

### BIBLIOGRAFÍA

- 1) R. Pérez-Enríquez (2011), El Efecto Meissner y la Levitación Magnética, EPISTEMUS No. 10, 49 - 56
- 2) Y. Kamihara, T. Watanabe, M. Hirano, H. Hosono (2008). Iron-Based Layered Superconductor  $\text{La}[\text{O}_{1-x}\text{F}_x]\text{FeAs}$  with  $T_c=26$  K. J. Am. Chem. Soc. 130, 3296
- 3) K. Ishida, Y. Nakati, H. Hosono (2009), To What Extent Iron-Pnictide New Superconductors Have Been Clarified: A Progress Report, J. Phys. Soc. Japan, 78, 062001
- 4) R. Pérez-Enríquez (2002), A structural parameter for high  $T_c$  superconductivity from an octahedral Möbius strip in  $\text{RBaCuO}$ :123 type perovskite, Revista Mexicana de Física 48 Suppl. 1, 262
- 5) S. Uchida (2008), A New Road to Higher Temperature Superconductivity, J. Phys. Soc. Japan, 77 Suppl. C, 9 - 14
- 6) J. Paglione, R.L. Greene (2010), "High-temperature superconductivity in iron-based materials", Nat. Phys. 6, 645
- 7) I.G. Kaplan, J. Soullard, J. Hernandez-Cobos, R Pandey (1999), Electronic structure of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  ceramics at the MP2 electron correlation level, J. Phys.: Condens. Matter 11, 1049; e, I. G. Kaplan, J. Hernandez-Cobos, J. Soullard (2000), in Quantum Systems in Chemistry and Physics, edited by A. Hernandez-Laguna, J. Maruani, R. McWeeny, and S. Wilson-Kluwer, Dordrecht, Vol. 1, pp. 143-158.
- 8) I.G. Kaplan, J. Soullard (2007), Electronic structure of the pure and Ti-doped  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  superconductor obtained by the embedded cluster method, PHYS. REV. B 76, 174505



## MORTALIDAD INFANTIL DE LOS TARAHUMARAS: INEQUIDAD EN SALUD

MARÍA ELENA REGUERA TORRES

*En el presente ensayo daré cuenta de cómo las desigualdades sociales impactan en la salud de las poblaciones más vulnerables. Utilizaré una publicación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) La Mortalidad Infantil en México 2000, ya que es la única información que se tiene desglosada por entidad federativa y municipio. Sin embargo, aún y cuando es información de hace más de una década, la situación de los Tarahumaras en el presente año no ha mejorado. La presente revisión permite ver cómo los promedios estales ocultan estas desigualdades, definidas como inequidades por ser injustas y evitables ().*

*La mortalidad infantil por causas infectocontagiosas tuvo un marcado descenso en las últimas décadas en México, sin embargo, en la actualidad estos males siguen provocando muertes especialmente en los menores de un año, situación que carece de justificación técnica y ética. Este fenómeno expresa la agudización de las desigualdades en el país, ya que ni todos los grupos sociales ni todas las regiones se han beneficiado de esa reducción, la cual puede ser resultado de intervenciones sanitarias como la vacunación universal, el uso de Vida Suero Oral o el mejoramiento de las condiciones de vida.*

MSP MARÍA ELENA REGUERA TORRES  
Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud.  
Correo: mreguera@guayacan.uson.mx

## INTRODUCCIÓN

En México, durante la mitad del siglo pasado, la mortalidad infantil se redujo considerablemente, al pasar de 36.6 a 13.2 defunciones por cada 1,000 nacidos vivos registrados (3). Entre 1990 y 2009, la tasa de mortalidad infantil, (TMI) definida como las defunciones en menores de 1 año por cada mil nacidos vivos, se redujo en 24.5 puntos al pasar de 39.1 muertes en 1990, a 14.6 en 2009. Es casi seguro que de continuar esta tendencia se cumplirá la meta, uno de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (4). Con todo, estos logros no han sido homogéneos entre la población, particularmente entre la población indígena.

## Mortalidad infantil

La mortalidad es un evento demográfico que está relacionado con la organización social, los mecanismos de distribución y consumo de bienes y servicios para el desarrollo social y humano, así como con la generación de riqueza individual y colectiva. Un indicador sensible son las defunciones que ocurren en menores de un año, la edad más crítica para la supervivencia humana (5). Más allá de este periodo se incrementan en forma significativa las probabilidades de sobrevivir. La tasa de mortalidad infantil (TMI) es uno de los indicadores más importantes -para evaluar las condiciones de vida de una población; permite identificar las desigualdades en materia de salud y hacer comparaciones entre países, estados y municipios. De igual manera, evalúa la eficacia de los sistemas de salud (5). La esperanza de vida al nacer de un niño (de 40 a 80 años) depende de las condiciones sociales y económicas del país o región donde nazca, que son determinantes en la probabilidad de que crezca, desarrolle su potencial y alcance una vida próspera, o bien, que ésta se malogre (6).

El Fondo de Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), afirma que alrededor de aproximadamente 29,000 niños y niñas menores de cinco años mueren todos los días (21 por minuto), especialmente de causas que se podrían evitar. La mayor ocurrencia se registra en los países llamados en desarrollo. Más del 70% de casi 11 millones de muertes infantiles anuales, se debe a seis causas: diarrea, paludismo, infecciones neonatales, neumonía, parto prematuro o falta de oxígeno al nacer. Subyacente a estas causas están los bajos ingresos, la maternidad adolescente y falta de acceso a servicios básicos y de atención sanitaria oportuna, es decir, a las condiciones de vida (7).

La Comisión de Determinantes Sociales de la OMS, define a estas condiciones como los determinantes estructurales sociales que estratifican socialmente a la población a partir de los ingresos, la educación, el acceso a los servicios de salud, el género, grupo étnico o racial, grupo etario y la orientación sexual. La etnicidad, en la mayoría de los casos, produce exclusión social por las barreras culturales, geográficas y económicas (8). Llama la atención las culturales por las diferencias profundas en la conceptualización tanto de la salud como de la enfermedad y sus maneras de abordarlas. Estos determinantes tienen consecuencias en la vida de estas poblaciones, y marcan las desigualdades. Con todo, la muerte de un niño en el primer año de vida, cuando es prevenible y remediable, no es solamente una desigualdad, sino la expresión más punzante de la inequidad en salud.

Para medir la TMI, es indispensable disponer del total de defunciones y de nacidos vivos registrados en un periodo. Es importante señalar que aunque el registro de la mortalidad



se considera como un dato "duro", existen limitaciones para la completa cobertura de su registro, las cuales pueden ser de tipo estructural, geográfica y/o cultural de algunas regiones. El ejemplo más claro son las poblaciones indígenas, donde suele haber un subregistro, cuando se calcula de manera directa con los datos disponibles de los registros oficiales (9).

México se reconoce e identifica como un país multiétnico y pluricultural, sustentado en sus pueblos indígenas. La Constitución define a los pueblos indígenas como "aquellos que habitaban en el territorio actual del país al iniciarse la colonización y que conservan sus propias instituciones sociales, económicas, culturales y políticas, o parte de ellas" (10). En ese escenario, es necesario conocer y entender las diferentes maneras de organización que cada pueblo tiene para abordar el proceso-salud-enfermedad-muerte.

Actualmente, además del ingreso y nivel educativo, se ha incluido la etnicidad y la cultura en el estudio de las condiciones de vida. La identidad étnica tiene que ver con el sentido de pertenencia de un individuo a un grupo social que desciende de un tronco común, que comparten la lengua, el territorio, las tradiciones, las autoridades, normas, símbolos, creencias y conjunto de los valores (Torres Burbano OPS-OMS). Estos pueblos originarios, también llamados autóctonos, se encuentran entre los más marginados y discriminados del mundo, quienes sufren una profunda expropiación de tierras y erosión de su cultura (11).

## Análisis de inequidades

Para la presente revisión se tomó la TMI, que estimó el INEGI en su publicación de la Mortalidad Infantil en México 2000, estimaciones por Entidad Federativa y Municipio, para el cual utilizó métodos indirectos así como información de diferentes encuestas, entre las que destacan la Mexicana de Fecundidad (EMF, 1976), la Nacional Demográfica (END, 1982) y la Nacional de Fecundidad y Salud (ENFES, 1987). En 1992 y 1997, el INEGI llevó a cabo las Encuestas Nacionales de la Dinámica Demográfica que además de la fecundidad, abordaron aspectos sobre mortalidad y migración (ENADID, 1992 y 1997). Estas herramientas investigan de manera profunda el número y características de los hijos nacidos vivos y sobrevivientes (12). Se tomó esta información por ser la última con desglose por entidad federativa y municipio, que permite identificar las diferencias en las TMI, dentro de un estado, los promedios hacen invisibles las diferencias. Se revisaron otras publicaciones del INEGI para relacionar otros indicadores que inciden en las TMI.

Para el INEGI, la TMI registrada en el 2000 a nivel nacional fue de 30.88 defunciones por cada 1,000 nacidos vivos registrados; la más alta de 43.82 se registró en el estado de Guerrero y la más baja en Nuevo León con 19.59, una diferencia de 24.23 puntos porcentuales. Al desagregar la información por municipio estas diferencias se acentúan, de tal manera que la TMI más alta de 107.83 se registró en el municipio de Batopilas, Chihuahua y la más baja de 10.61 en el municipio de China, Nuevo León. La diferencia fue de 97.22 puntos porcentuales. Cabe notar que ambos municipios están situados en el norte del país, región que históricamente se considera con las mejores condiciones sociales y económicas del país. Es importante señalar que la TMI del estado de Chihuahua en el año 2000 fue de 33.74, la diferencia con Batopilas fue de 74.09 puntos porcentuales. Batopilas junto con los municipios de Balleza, Guachochi y Urique, concentran al 50% de la población Tarahumara y registran las TMI más altas del nivel nacional.

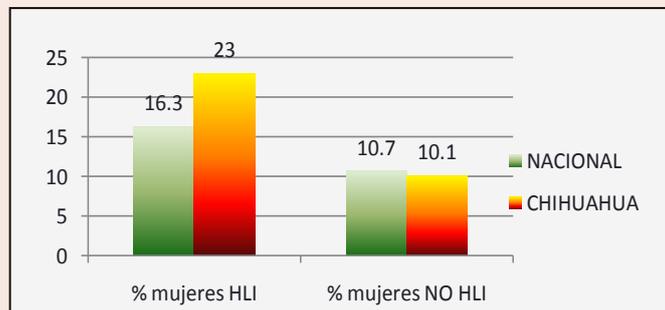
Para estudiar más puntualmente cómo el rezago social afecta la salud de la región étnica de los Tarahumaras analizamos tres indicadores cuya metodología utiliza diversas fuentes de información (13), estos son:

1). Porcentaje de hijos fallecidos del total de mujeres de 12 años y más, y de las hablantes de lengua indígena (HLI) en el mismo año. Encontramos que falleció el 23% de las mujeres HLI, frente al 10.1% de las mujeres no HLI. En el nivel nacional, Chihuahua registra los mayores porcentajes de hijos fallecidos en mujeres HLI y Nuevo León la más baja (Gráfica 1).

2). Condiciones de vivienda. En esta región étnica entre el 50 y 80% de las viviendas tenía piso de tierra y menos del 40% agua entubada. De 58 a 69% usa leña o carbón para cocinar y el 46.2% cuenta con agua dentro del terreno de la vivienda. Ese año en México, el 44.1% de las viviendas indígenas tenía piso de tierra, de 58 a 69% usaba leña o carbón para cocinar y el 46.2% disponía de agua dentro del terreno de la vivienda.

3). Promedio escolar de la población. En estos municipios es menor a 4 (3.06-3.74); el 54.6% de la población HLI en Chihuahua sabe leer y escribir, en México es de 88.1%, la diferencia es de 33.5 puntos porcentuales. En esa entidad el 90.6% de la población no HLI sabe leer y escribir, frente al 59.2% de la HLI (Gráfica 2).

Gráfica 1. Porcentaje de hijos fallecidos en mujeres mayores de 12 años y mujeres hablantes de lengua indígena. México 2000.

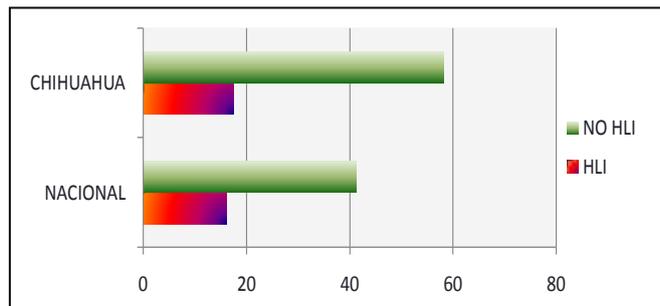


Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) La Población Indígena en México. 2004

La población hablante de lengua indígena está compuesta por diversas etnias cuyas costumbres, lenguas y cultura son diferentes y responden a diversas maneras de explicar las enfermedades y la salud; son patrones sociales y culturales

distintos, sin embargo comparten la desigualdad social.

Gráfica 1. Porcentaje de población de 5 y más años y de la hablante de lengua indígena derechohabiente a servicios de salud Chihuahua y México 2000.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) La Población Indígena en México. 2004

Y aún en esta desigualdad, compartida entre las poblaciones indígenas, se observan diferencias importantes en la TMI; las mujeres Tarahumaras registraron el porcentaje más alto de 23.3%, y las Tzeltales, de Los Altos de Chiapas, el más bajo de 11.2%, un poco más alto que el promedio nacional 10.1%. Según informes de la Secretaría de Salud en el 2001, la TMI más alta se registró en Chiapas, y afirman que las más bajas se registraron en el DF, Nuevo León, Colima, Aguascalientes, Estado de México, B.C, B.C.S, Jalisco, Coahuila, Sonora, Morelos y Chihuahua, se consideran únicamente los promedios estatales para evaluar el desempeño (14).

La región étnica de Chihuahua comparte no sólo la cultura Rarámuri, también las mayores desigualdades sociales en salud, educación y vivienda, suficientes para explicar estas TMI. Batopilas presentó una tasa similar a la registrada en Ruanda, África, durante el año 2000, región que vive en condiciones políticas y sociales diferentes a la de Batopilas. Ante esto se puede suponer que las condiciones en que se vive la etnicidad es un determinante social que produce exclusión social en su máxima expresión: la mortalidad infantil.

Recientemente, la Comisión de Determinantes Sociales de la OMS (CDSS) llamó a lograr la equidad sanitaria actuando sobre los determinantes sociales de la salud. Sus propuestas son puntuales: mejorar el bienestar de las niñas y las mujeres y las condiciones en que nacen los niños. Así mismo, favorecer el desarrollo de la primera infancia y la educación para los niños y las niñas, mejorar las condiciones de vida y de trabajo,





y formular políticas de protección social dirigidas a toda la población y crear las condiciones que permitan envejecer bien. Las políticas encaminadas a alcanzar esos objetivos han de contar con la participación de la sociedad civil, los poderes públicos y las instituciones internacionales (15). Las anteriores son propuestas que requieren más de voluntad política que de grandes inversiones; sin embargo, bajo el modelo que domina en nuestro país de la distribución de los medios de producción, de la riqueza y de las oportunidades de desarrollo social y humano, es muy probable que estas propuestas queden en el discurso.

## CONCLUSIÓN

Amartya Sen, afirma que la salud es una de las condiciones más importantes de la vida humana y que la equidad en salud es fundamental para entender la justicia social. La TMI que registró Batopilas en el 2000, es la que se registró en el país en 1955 (16), cuando los problemas de salud pública estaban íntimamente relacionados con condiciones estructurales vulnerables, por un lado, un alto índice de analfabetismo y bajas tasas de escolaridad, por otro, con la casi inexistentes redes de agua potable, drenaje y alcantarillado, y la carencia de políticas e intervenciones sanitarias. Actualmente, no sólo Batopilas sino toda la región Tarahumara permanece en esas condiciones vulnerables de hace 60 años.

El estudio de la mortalidad permite identificar los principales problemas de salud, estimar la magnitud y establecer las prioridades para una distribución equitativa de los recursos. De igual manera, posibilita medir el impacto que las acciones en salud tienen sobre las poblaciones que generalmente son las más vulnerables. Sin embargo, es importante procesar y analizar esta información hasta el nivel más desagregado, vincularlo con los determinantes sociales que condicionan las causas de la mortalidad, en especial la infantil, y poner en la agenda de la política social esta información.

La sequía que afecta gran parte del país es una causa inmediata de la hambruna que padecen los Raramuris, sin embargo, sus causas profundas son las históricas desigualdades sociales que padecen, las cuales se incrementan más cuando del crecimiento económico no va unido al desarrollo social y humano (Sen, 2009) "El único país en el que se registró un empeoramiento en la pobreza fue México....." Alicia Bárcena, Secretaria Ejecutiva de la CEPAL.<sup>17</sup>

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) tarahumaras pasan hambruna. <http://www.milenio.com/cdb/doc/impreso/9096419>
- 2) Vega. Solar. OMS Determinantes Sociales de la Salud. 2010
- 3) CONAPO. Indicadores demográficos básicos 1990-2030
- 4) Objetivo 4, meta 5. Objetivos de Desarrollo del Milenio en México. Informe de Avance 2010. Pág.111.
- 5) [http://celade.cepal.org/redatam/PRYESP/SISPP/ Webhelp/tasa\\_de\\_mortalidad\\_infantil.htm](http://celade.cepal.org/redatam/PRYESP/SISPP/ Webhelp/tasa_de_mortalidad_infantil.htm)
- 6) Organización mundial de la Salud, Subsana las desigualdades en salud de una generación. Alcanzar la equidad sanitaria actuando sobre los determinantes sociales de la salud. CDSS. 2008
- 7) UNICEF Objetivos de Desarrollo del Milenio. <http://www.unicef.org/spanish/mdg/childmortality.html>
- 8) Torres C. Burbano E. Etnicidad y Salud. Oficina Género Etnicidad y Salud AD/GEH. Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS).
- 9) La Mortalidad Infantil en México 2000. INEGI
- 10) Artículo Segundo Constitucional <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/articulos/2.pdf>.
- 11) Michael Marmot. Achieving health equity: from root causes to fair outcomes, on behalf of the Commission on Social Determinants of Health.
- 12) Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) La Mortalidad Infantil en México, 2000. Estimaciones por Entidad Federativa y Municipio. INEG. 2004.
- 13) Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) La Población Indígena en México. 2004
- 14) México, Salud 2001 <http://www.dged.salud.gob.mx/contenidos/dedss/descargas/rcs/sm2001.pdf>
- 15) Organización mundial de la Salud, Subsana las desigualdades en salud de una generación. Alcanzar la equidad sanitaria actuando sobre los determinantes sociales de la salud. CDSS. 2008
- 16) [www.conapo.gob.mx/00cifras/00salud/Republica/RM089.xlsSimilares](http://www.conapo.gob.mx/00cifras/00salud/Republica/RM089.xlsSimilares)
- 17) <http://www.jornada.unam.mx/2009/11/20/economia/024n1eco>

## EL USO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA ESTADÍSTICA

LUCÍA GUADALUPE DÓRAME BUERAS,  
ALEJANDRINA BAUTISTA JACOBO

*El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta metodológica en la que algunos profesores hemos estado trabajando haciendo uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC), para el curso de probabilidad y estadística que se imparte en las carreras de ingeniería de la Universidad de Sonora. La propuesta consiste en la realización de trabajos en equipo haciendo uso de aplicaciones como "Facebook" y "Google Docs" que permite trabajar en ambientes colaborativos desde la organización, creación del documento, base de datos, realización de gráficos e incluso la presentación del trabajo en línea. Particularmente se presentan algunos intercambios de información y comunicación entre el alumno y profesor que se dieron en una clase de estadística.*

P.M. EN C. LUCÍA GUADALUPE DÓRAME BUERAS  
Correo: ldorame@gauss.mat.uson.mx  
M.C ALEJANDRINA BAUTISTA JACOBO  
Correo: ale@gauss.mat.uson.mx  
Departamento de Matemáticas  
Universidad de Sonora  
ale@gauss.mat.uson.mx

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas hemos observado el desarrollo herramientas tecnológicas que han permitido nuevas formas de comunicar e informar, como el teléfono celular, computadora e Internet, que han impactado en la manera de actuar y vivir. En cuanto a la educación, las tecnologías pueden convertirse en una poderosa herramienta donde nuestros jóvenes estudiantes desarrollen competencias y construyan su conocimiento.

Ante este panorama, el nuevo modelo curricular presentado en la Universidad de Sonora, en octubre de 2002 se conformaron los espacios educativos del eje de formación común en cuatro áreas de trabajo (NTIC, Aprender a aprender, Ética y Características de la Sociedad Actual), éstas comparten entre sí las bases para que los estudiantes desarrollen la capacidad de aprendizaje independiente, durante sus estudios de la licenciatura [1].

De igual manera, estos cambios también repercuten en los programas de las materias de formación básica, promoviendo tanto el aprendizaje colaborativo como el uso de los recursos tecnológicos en la actividad cotidiana de los alumnos, particularmente en el curso de Probabilidad y Estadística que se imparte en las carreras de Ingeniería.

Nuestro propósito con esta presentación es mostrar cómo las NTIC puede llegar a ser una herramienta de utilidad para el desarrollo de un proyecto de investigación diseñado en el curso de probabilidad y estadística. Por ejemplo, una vez que se han dado los elementos introductorios, el alumno empieza a diseñar su anteproyecto y de alguna manera, esto los lleva a investigar antecedentes de su tema e ir discerniendo la información. Posteriormente, el alumno ve la necesidad de utilizar la estadística para organizar la información empleando para ello las herramientas tecnológicas.

## ASPECTOS METODOLÓGICOS

Algunos de los aspectos metodológicos que contemplan nuestra propuesta está el del trabajo colaborativo por parte de los estudiantes al elaborar su proyecto de investigación, ya que se sabe que éste permite un ambiente de aprendizaje significativo. Al respecto Hamada T. y Scott K. [2] mencionan que: “el aprendizaje es fundamentalmente

una actividad social, integrado en los dominios de la práctica en curso, y que estas actividades empíricas, a su vez, dan lugar a nuevos problemas teóricos que impulsan el aprendizaje a un nuevo nivel de respuestas mentales, afectivos y conductuales”. Otro aspecto es el de motivar a los estudiante por medio de proyectos de investigación en donde ellos mismos toman el rol de investigador recabando sus propios datos. De esta manera ellos ponen en juegos estrategias y sus conocimientos para discernir las técnicas estadísticas que deben utilizar en su proyecto. Al respecto en Gallese E. [et. al][3] se menciona que:

*“La realización de proyectos por parte de los alumnos pone al alumno en el papel de investigador, lo obliga a considerar todos los aspectos que hacen al tema, a recolectar los datos, a analizarlos, etc. Es decir, a poner en práctica todo lo que denominábamos en el punto anterior como “el pensamiento estadístico”. El docente juega un rol de evaluador; pero también interactúa con los alumnos, dialoga, los va orientando y además, va articulando los contenidos de la clase con el trabajo de sus estudiantes.”*

Por último, mencionaremos lo referente a las nuevas tecnologías y su conexión con actividades educativas. De acuerdo con Lapeyre J. [4]:

*“... las TIC parece que atraen poderosamente la atención y la concentración del estudiante, porque ellas le muestran lo que puede pensar: hacen tangible sus ideas y sus intereses...”*

Es por ello, que pensamos que podemos utilizar este recurso para crear un ambiente de enseñanza-aprendizaje para los conceptos de estadística. Aunado a esto, las aportaciones realizadas por experiencias ó mediante proyectos, hacen que se enriquezca o genere conocimiento propio y de grupo, formando sujetos mucho más preparados, con pensamiento crítico en temas de su interés. Esto nos hace pensar que, las NTIC y en especial las redes sociales (facebook, chat, etc) juegan el papel de una herramienta que facilita la distribución de información y de conocimiento en forma dinámica. Con ello, consideramos que se promueve el aprendizaje colaborativo dentro e incluso fuera del aula.



En la siguiente sección se mencionan algunas herramientas de las NTIC que son incorporadas al curso de estadística.

## ALGUNAS HERRAMIENTAS QUE CONFORMAN LAS NTICS

### Facebook [5]

Es un sitio web de redes sociales creado por Mark Zuckerberg, el cual originalmente fue creado para los estudiantes de Harvard. Hoy en día se utiliza con mayor frecuencia como una red de entretenimiento y pérdida de tiempo, ya que sólo la utilizan para compartir fotos y datos personales.

Nuestra propuesta es mostrar cómo involucrar al estudiante en una participación grupal, ya sea de manera síncrona o asíncrona. Por ejemplo, para el primer caso, el maestro puede promover la discusión en tiempo real, por medio de preguntas que serán planteadas en el Chat del grupo y que los estudiantes deberán exponer y discutir. De igual forma, el alumno puede también iniciar esta discusión e interactuar con el profesor y sus compañeros de clase. En cuanto a la comunicación asíncrona, esta discusión e interacción alumno-maestro no se da en tiempo real, es decir, el estudiante va haciendo sus comentarios en diferentes momentos. Para esto, el maestro puede emplear el muro para plantear preguntas, dejar material de análisis como videos, hipervínculos a documentación, etcétera, (Ver figura 1).



Figura 1. Formas de intercambio de información y comunicación en Facebook

### Google Doc[6]

Una Aplicación gratuita y de fácil uso que recomendamos es Google Docs que contiene procesador de texto, hoja de cálculo y presentación en línea. Esta nos permite crear documentos, editar los que ya tenemos y la opción de compartir o no con otros estas opciones. Con respecto a la hoja de cálculo, ésta provee un magnífico ambiente para el estudio de la representación de problemas (tablas, gráficas), para el uso de fórmulas en cálculos matemáticos y para la solución de problemas de diversas áreas como Ingeniería, Ciencias Sociales, Biología, etcétera.

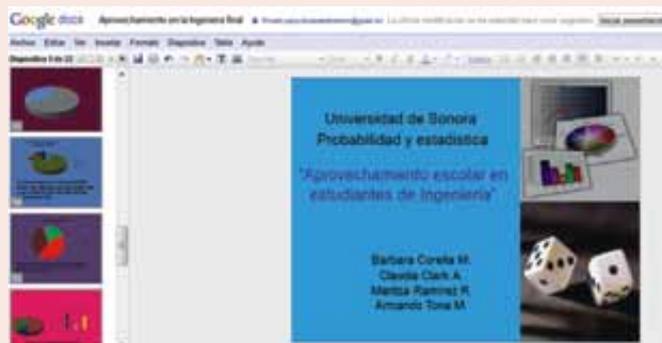


Figura 2. Presentación de las herramientas estadística en un proyecto de investigación.

En este ambiente, el papel del profesor es proponerle al estudiante trabajar en equipo sus proyectos de investigación. El estudiante por su parte, pone en juego su conocimiento de estadística que le permitan dar solución al problema, utilizando para ello la hoja de cálculo. Aplica y adapta diversas informaciones, la contrasta con sus compañeros, lo cual le permite desarrollar una habilidad para argumentar, reflexionar y realizar un análisis más profundo del tema.

A diferencia con los métodos convencionales, este ambiente promueve y agiliza el trabajo comunitario mediante una comunicación directa e indirecta con los actores que participan (estudiante-profesor). El sistema permite que el profesor revise el trabajo realizado por cada usuario mediante la identificación de cambios realizados y guía a los estudiantes con lo desarrollado hasta ese momento. (Ver Figura 3).

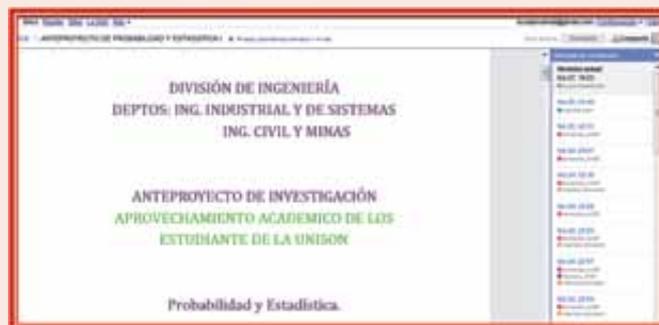


Figura 3. Procesador de textos en Google Docs

Los estudiantes ante este compromiso, se sienten responsables por el trabajo individual y colectivo e interactúan entre sí en diferentes momentos, reflexionan, evalúan y buscan estrategias de aprendizaje que los lleve a un buen trabajo final. Después de este momento, se requiere una presentación ante todos los integrantes del grupo en el salón de clases. Para su presentación tenemos dos opciones: proyectar directamente de la aplicación de presentaciones de *Google Docs* si se cuenta dentro de las instalaciones Internet, o bien, de manera convencional empleando Power Point.

A continuación se muestra en la figura 4 la manera de proyectar estas presentaciones en Google, y además, el enlace que permite a un estudiante que no está presente, interactuar de manera virtual.

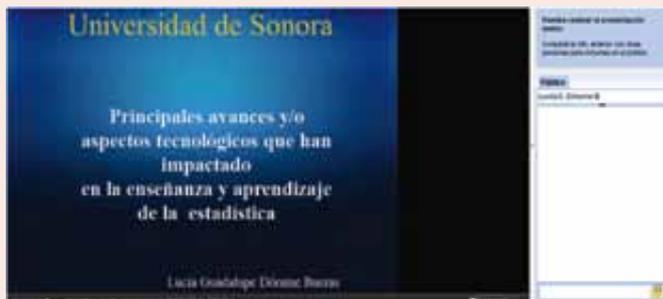


Figura 4. Ambiente de trabajo de presentación Google Docs.

### LA PROPUESTA DIDÁCTICA

- A continuación presentamos una propuesta de acciones que puede realizar el profesor utilizando las NTIC para el curso de probabilidad y estadística.
- El profesor proporciona el material vía Internet y lo visto en clase acerca de conceptos preliminares al tema de estadística descriptiva (población, muestra, variable, dato, medidas de localización, etcétera).
- Le pide al estudiante desarrollar un proyecto de investigación de su interés formando equipos de 3 o 4 personas.
- El tema propuesto se comparte mediante un documento en Google Docs con los miembros del equipo y profesor para que éste sea discutido y analizado entre los mismos en el ambiente.
- Se le solicita al estudiante que exponga sus anteproyectos de investigación ante el grupo.

### En este proceso creemos que las herramientas tecnológicas tienen varios roles:

1. Fuente de información. En el Internet puede encontrar una biblioteca virtual (documentos, videos, slides, etcétera)
2. Medio de comunicación. Se promueve la discusión entre estudiante-estudiante y estudiante-profesor.
3. Enlace con actividades educativas. Se utiliza como recurso para crear un ambiente de enseñanza-aprendizaje para los conceptos de estadística.

### COMENTARIOS FINALES

De lo anterior, se desprende que el profesor debe convertirse en un facilitador del aprendizaje en un ambiente virtual en lugar de un trasmisor del conocimiento. Atendiendo a los requerimientos curriculares, puede impulsar el uso de las tecnologías en el curso de probabilidad y estadística como herramienta, para que el estudiante vaya construyendo el conocimiento de

conceptos estadísticos. Por medio del trabajo colaborativo en proyectos que ellos mismos desarrollan, se puede ir creando un ambiente de aprendizaje. De entre las experiencias obtenidas en el curso de probabilidad y estadística al incorporar las NTIC, se destaca el hecho de que los estudiantes encuentran un ambiente totalmente motivador y factible para llevar a cabo y de manera rápida su proyecto de investigación. Con respecto a esto, un estudiante comenta:

*“A nosotros como estudiantes es de suma importancia el conocimiento que adquirimos acerca de las NTIC, puesto que nos prepara y enseña a utilizar programas y herramientas alternativas, que hoy en día es de suma importancia para desempeñar un buen trabajo y poder desarrollar de manera satisfactoria en el ámbito laboral”*

Sabemos que el incorporar las NTIC a estos cursos de estadística, como herramienta didáctica, implica un gran esfuerzo por parte del profesor. Esto debido a que, además del conocimiento de la disciplina, es necesario reestructurar o planificar sus cursos desarrollando actividades de aprendizaje, en donde deba de integrar esta herramienta. Debe saber orientar al alumno para que éste pueda aprovechar de manera óptima toda la información que proporciona este recurso.

Nuestra aportación en este sentido es mostrar cómo hemos integrado las NTIC a nuestros cursos de probabilidad y estadística de manera didáctica, con el afán de que tanto los estudiantes como algunos profesores no consideren esta materia de manera aislada.

### BIBLIOGRAFÍA

- 1) Universidad de Sonora (2011). Marco normativo, Recuperado el 26 de febrero de 2011 de la dirección electrónica: [http://www.uson.mx/la\\_unison/reglamentacion/eje\\_formacion\\_comun.htm](http://www.uson.mx/la_unison/reglamentacion/eje_formacion_comun.htm)
- 2) Hamada T; Scout K. (2000). Anthropology and International Education Via the Internet: a collaborative learning model. The Journal of Electronic Publishing, 1. Recuperada el día 26 de febrero de 2011, de la dirección electrónica: <http://quod.lib.umich.edu/cgi/t/text/textidx?c=jep;view=text;rgn=main;idno=3336451.0006.105>
- 3) Gallese E. [et al.](2000). Problemática sobre la enseñanza y aprendizaje de la estadística en carreras no estadística. Recuperado el 26 de enero de 2011, de la dirección: <http://www.fcecon.unr.edu.ar/investigacion/jornadas/archivos/gallese00.pdf>
- 4) Lapeyre J. Taller Macrorregional Especialistas DRE y UGEL. Dirección Nacional de Educación Básica Regular. Ministerio de Educación Republica del Perú (2007). Orientación para el trabajo educativo con las TIC. Recuperado el 26 de febrero de 2011, de la dirección electrónica: [http://portal.perueduca.edu.pe/Docentes/integracion/materiales/orientaciones\\_tic.pdf](http://portal.perueduca.edu.pe/Docentes/integracion/materiales/orientaciones_tic.pdf)
- 5) Zuckerberg M. [et al.](2012). Facebook. Recuperado el 08, mayo, 2012 de la dirección electrónica: <https://www.facebook.com/>
- 6) Writely Team, Google Inc. (2012). Google docs ó Google Drive. Recuperado el 08, mayo, 2012 de la dirección electrónica: <http://docs.google.com>

## IDEAS FUNDAMENTALES PARA INICIAR EL ESTUDIO DE FÍSICA CUÁNTICA

CARLOS FIGUEROA NAVARRO

*La mecánica cuántica tiene como pieza fundamental la famosa ecuación de Schrödinger, pues muchos físicos consideran que es la segunda ley de Newton moderna. Sin embargo, antes de estudiar y comprender la utilización de tal ecuación, hay una historia a conocer de descubrimientos que algunos autores llaman precuántica. Este tema constituye el prólogo a la física cuántica, y comprende un conjunto de ideas indispensables en el proceso de aprendizaje; es decir, antes se deben estudiar elementos cruciales como la naturaleza de la luz y su característica de onda-partícula; además, cómo se construye la constante de Planck; asimismo, saber definir qué es la energía en cuantos, cómo se explica el efecto fotoeléctrico, y por último, cómo se construye el átomo de Bohr. En este trabajo se trata de articular una serie de temas a presentar a grupos de ingeniería para la comprensión de ideas precuánticas, en aras de un efectivo aprendizaje.*

Dr. CARLOS FIGUEROA NAVARRO  
Departamento de Ingeniería Industrial.  
Correo: cfigueroa@industrial.uson.mx  
Universidad de Sonora

## INTRODUCCIÓN

Fue una grata sorpresa encontrar el libro Fundamentos de física cuántica para ingeniería[1], el cual fue preparado para la asignatura de cuántica que se imparte en la escuela superior técnica de ingenieros industriales de Valencia, España. La motivación central de esta obra fue el nulo interés que existe en esta ciencia y la importancia que tiene en el desarrollo tecnológico actual. De hecho, hoy cuentan con mayor relevancia en el mundo de la ciencia aplicada asuntos de electrónica, nanotecnologías y teorías de rayos láser.

Esto puede parecer a priori sofisticado y no pertinente, y da lugar a otros prejuicios; pero si se analiza más a fondo el asunto de la enseñanza de la física en ingeniería en, base a mecánica newtoniana, electromagnetismo, fluidos y termodinámica, corresponde a aplicaciones de la ingeniería de la llamada segunda revolución tecnológica[2]; es decir, casos como rampas hidráulicas, refrigeración y sistemas de ingeniería eléctrica e iluminación pertenecen a aspectos bien conocidos con funcionamiento bastante estudiado.

El futuro en la tecnología está en sistemas miniaturizados con uso intensivo de electrónica y nanociencias, también en aplicaciones de rayos láser como las impresoras y lectores de CD, ondas electromagnéticas que generan la comunicación tipo telefonía celular, sistemas fotovoltaicos para el ahorro de energía, televisiones de plasmas y cristal líquido, sistemas superconductores con aplicación a transmisión de energía eléctrica y medicina. Todo ello tiene una raíz en temas de física cuántica y puede representar una oportunidad de actualizar la física que se enseña en ingeniería.

El desafío es cómo abordar temas como el principio de incertidumbre, catástrofe ultravioleta, átomo de Bohr y la dualidad onda partícula. A continuación se propone una forma de relacionar los temas, es decir, cómo se debe explicar la cuántica básica a estudiantes de ingeniería.

En primer lugar se debe entender qué es la luz. Antes de la física cuántica se sabía que la luz es una onda, esto debido a que la luz interfiere al igual que dos olas de agua que chocan. El experimento que demostró que la luz se transmite con los mismos patrones de las olas del mar fue el experimento de la rendija, efectuado en el siglo XIX por Thomas Young (1773-1829). Tal prueba confirmó la teoría ondulatoria de la luz que fue incluso respaldada por la teoría electromagnética de James C. Maxwell (1831-1879). Sin embargo, un experimento efectuado en 1900 rompe el paradigma de la luz como una onda. Sólo fue necesario asociar la temperatura a la emisión de radiación debida a la luz.[3]

## RADIACIÓN DE CUERPO NEGRO

El experimento consiste en crear vacío al interior de una caja de hierro u otro metal que se calienta. Si la temperatura es de 50 centígrados se debe poder conocer la temperatura interna. Por supuesto que en el interior hubo un cambio aunque exista vacío, se produce emisión de luz y esta

transmite el calor en el interior, al igual que un clavo que brilla al calentarse, pasa del rojo al anaranjado y llega a la incandescencia. Es decir, relaciona la temperatura con el tipo de luz dentro de la caja.

Lo anterior implica medir el espectro; es decir, analizar las ondas como un agregado de ondas donde es posible conocer las ondas simples constituyentes. Un ejemplo propuesto en [3] consiste en preparar jugo de verduras encomendado a tres compañías fabricantes que emplean los mismos ingredientes, pero con proporciones distintas para producir el jugo, eso resulta en sabores diferentes. La gráfica de cantidad de ingredientes de cada compañía sería su espectro respectivo.

La luz emplea un prisma que la separa en un arcoíris de siete colores del espectro de luz, es decir, los rayos del sol parecen blancos, pero en realidad están compuestos de todos los colores. En la actualidad se miden espectros con el espectroscopio, que muestra la frecuencia y la intensidad de la luz. La frecuencia de una onda es el número de ciclos por segundo.

En la figura 1 se muestra el espectro electromagnético que se extiende de menor longitud de onda como los rayos gamma, hasta de mayor longitud como las ondas de radio. La luz visible se determina en una frecuencia en Hertz alrededor de  $10^{15}$ .

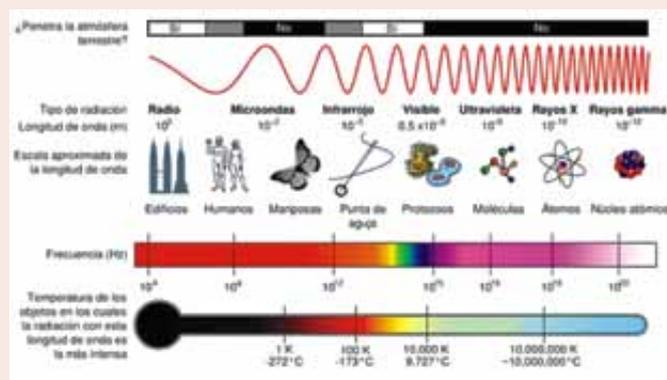


Figura 1. Diferentes tipos de espectros.

La física cuántica nace a raíz del problema de la radiación de cuerpo negro, el cual no pudo ser explicado con argumentos clásicos. El cuerpo negro es el radiador ideal y es importante porque sirvió para que la ciencia de principios de siglo XX observara que no había una explicación para la llamada catástrofe ultravioleta; la gráfica 2 y 3 relacionan longitud de onda con intensidad.

La gráfica del cuerpo negro tiene tres conclusiones: 1) para cada temperatura existe una longitud de onda, para la cual el cuerpo negro emite la máxima energía; 2) se cumple que  $\lambda_{\max} T = Cte$ ; 3) hay un desplazamiento de los máximos hacia radiaciones de menor longitud de onda  $\lambda$  [4].

La explicación de este resultado basado en teoría clásica (línea punteada, figura 2) fracasó. En efecto, la teoría

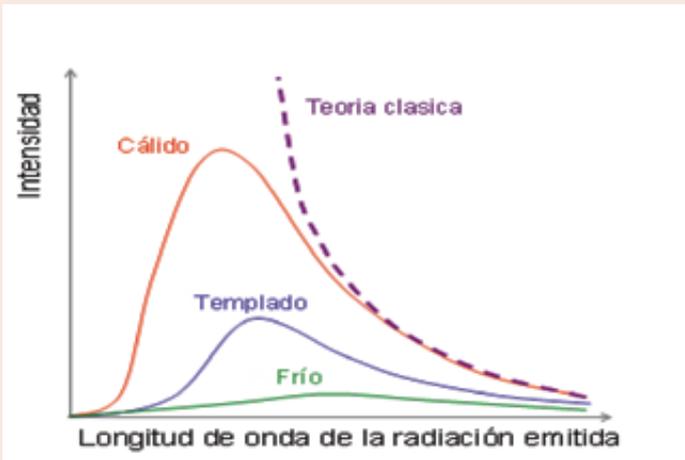


Figura 2. Longitud de onda vs Intensidad radiada.

de John Rayleigh (1842-1919) y James Jeans (1877-1946) no pudo ser generalizada pues fallaba para  $\lambda$  menores. A esta falla se le denominó catástrofe ultravioleta. La teoría Rayleigh Jeans encontró una fórmula matemática que describe el espectro de luz dentro de la caja, pero no era acorde a resultados experimentales. Asimismo, Wilhelm Wien (1864-1928) encuentra una nueva expresión para la radiación de cuerpo negro, pero sólo era congruente con el experimento a altas frecuencias.

Max Planck (1858-1947) propuso una nueva hipótesis; él descubre que la energía debe ser múltiplo de la constante  $h = 6.262 \times 10^{-34}$  joules seg tal como la Ec. (1)

$$E = h\nu \quad (1) \quad \text{donde } \nu \text{ es}$$

$$\nu = \frac{1}{t} = \text{seg}^{-1}$$

Esta última es la llamada "frecuencia de oscilación", es decir, al multiplicar por la constante de Planck dada en joules-seg se obtienen unidades de energía.

También es común presentar la frecuencia como  $\omega = 2\pi\nu$  y escribir la energía con otra forma muy conocida  $E = \hbar\omega$  con la constante de Planck escrita como  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$

Aquí se debe entender el concepto de Acción. En física, la Acción está determinada de la siguiente forma, según Ec. (2)

$$\text{momento} = p = \text{masa} \times \text{velocidad}$$

$$\text{acción} = \text{Momento} \times \text{distancia} = p \cdot x \quad (2) \quad \text{con unidades de}$$

$$p \cdot x \rightarrow \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{seg}} \times \text{m} = \text{joules seg}$$

También puede expresarse como

$$\text{energía} \times \text{tiempo} = Et \quad \text{joules seg}$$

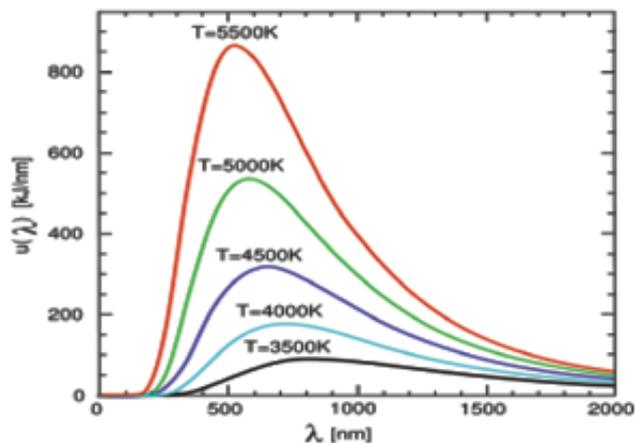


Figura 3. A cada temperatura corresponde un máximo de longitud de onda.

Los sistemas cuánticos son del orden de la constante de Planck  $h = 6.262 \times 10^{-34}$  joules seg que corresponde a rangos de dimensiones atómicas.

### Efecto Fotoeléctrico

Con este experimento, Albert Einstein (1879-1955) encontró que la luz es una partícula. El fenómeno consiste en disparar un haz de luz de alta frecuencia que golpea un metal, los electrones pueden escapar. Los científicos como Philipp Eduard Lenard (1862-1947) estudiaron el experimento, pero no se entendía por qué al aumentar la intensidad de luz no variaba la cantidad de energía de los electrones expulsados. Algo extraño sucedía con la luz sólo considerada como una onda.

En el efecto fotoeléctrico (Figura 4 y 5), Einstein supone que si se ilumina con luz ultravioleta la superficie de un metal alcalino[3], se observa que esta superficie tiene carga positiva por que ha dejado escapar electrones.

Es posible medir la cantidad de electrones que escapan, se observa que el número de los mismos aumenta con la intensidad de la luz y que la velocidad depende de la frecuencia de la luz. En este efecto, Einstein generaliza la idea de los cuantos de luz para explicar el fenómeno. Según la explicación de la física clásica, se pensaba que: 1) la energía cinética de los electrones era proporcional a la intensidad de la luz; 2) si la intensidad de la luz es pequeña, hay un tiempo para sacar los electrones del metal; 3) si la intensidad de la luz es grande, los electrones adquieren alta velocidad. Einstein demostró la falsedad de estas declaraciones. Según él, la radiación electromagnética se emite y se absorbe en cuantos de energía o fotones no de forma continua. En el efecto fotoeléctrico, un fotón es asimilado íntegramente por un electrón, esa energía es invertida en el trabajo para salir del metal y la otra se convierte en energía cinética, es decir, de acuerdo a la Ec (3).

$$h\nu = W_0 + \frac{1}{2}mv^2 \quad (3)$$

Según esta nueva visión, es necesaria una frecuencia mínima para producir fotoelectrones. Si  $W_0$  es la energía mínima para que un electrón escape,  $h\nu$  es la energía que absorbe el metal, entonces su diferencia  $h\nu - W_0$  es la energía cinética de los electrones emitidos. La idea crucial de Einstein fue descubrir que la luz está compuesta por partículas cada una de energía  $E = h\nu$

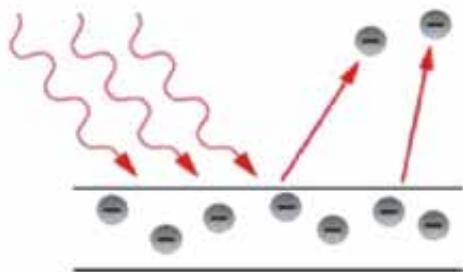


Figura 4. Fotoelectrones emitidos en un metal.

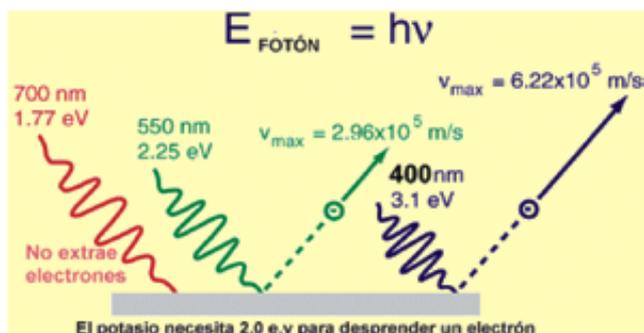


Figura 5. Cuantos de energía en fotoelectricidad.

Con el efecto fotoeléctrico se pudo establecer la dualidad onda partícula de la luz, es decir, ella posee propiedades de partícula y propiedades ondulatorias. Según la física cuántica no hay diferencias entre onda y partícula. En 1924, Louis de Broglie (1882-1987) propone que toda la materia tiene una onda asociada cuya longitud es dada por

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

### Átomo de Bohr

Planck y Einstein abren las puertas de la mecánica cuántica y posibilitaron el estudio del átomo; éste no se comprendía con la herramienta de la física clásica y fue el modelo de Niels Bohr (1885-1962) el primero en utilizar ideas cuánticas para entenderlo. El átomo de Bohr (Figura 6) es el famoso gran salto cuántico; tal desarrollo algebraico se aborda en el libro de texto Resnick et.al [5]. El problema era que la física clásica había llegado a un callejón sin salida para explicar el átomo de hidrógeno el cual tenía

un espectro determinado mediante un prisma o una rejilla de difracción (espectrofotómetro), cuya interpretación era confusa para los científicos de aquellos tiempos, tal como la teoría de Johannes Rydberg (1854-1919) y John Balmer (1825-1898).

Es decir, igual que la luz solar cuando pasa a través de un prisma se genera un arcoíris, las sustancias al calentarse emiten luz de cierta frecuencia. Cuando un gas de hidrógeno descarga radiación por un prisma se determina un espectro de líneas particular. Dichos espectros difieren para cada tipo de átomo.

Johan Balmer, en 1885, encontró una ecuación que explicaba el espectro del hidrógeno. Con esas ideas Johannes Rydberg encontró otra ecuación para todos los átomos y con validez experimental.

En ese tiempo se dieron varios modelos atómicos como el de Thomson, Rutherford, Nagaoka que presentaban muchas inconsistencias y no se sabía lo que ocurre en un átomo. Aquí entra en escena Niels Bohr.

La idea surge con una iniciativa de la siguiente forma: establecer las fuerzas coulombianas entre el núcleo y el electrón, Ec. (4); es decir, si se iguala la fuerza centrípeta con la atracción de Coulomb, además de distinguir entre la energía cinética y el potencial eléctrico involucrado, se obtiene una expresión para la frecuencia de la mecánica clásica, Ec. (5). Por otro lado, el mundo experimental ya contaba con una expresión para la frecuencia y energía que ya incluía la constante de Planck y depende, según su análisis, de la constante  $R$  de Rydberg, Ec. (6). Niels Bohr usa el principio de correspondencia para igualarlas, Ec. (7); y llega a explicar con argumentos cuánticos los niveles atómicos y la energía de enlace para poder, con el tiempo, entender el mundo atómico y explicar la diferencia entre materiales aislantes y conductores. A continuación se da un resumen del átomo de Bohr.

Se calcula primero la frecuencia del electrón con fundamentos clásicos. Se definen las siguientes variables[5]:

- $M$  masa del núcleo
- $M_e$  masa del electrón
- $Z_e$  carga del núcleo (positiva)
- $e$  carga del electrón (negativa)
- $r$  radio de la órbita del electrón

La fuerza centrípeta del electrón es dada por

$$F = ma = m_e \frac{v^2}{r}$$

La fuerza electrostática coulombiana entre las dos cargas

$$F_{coul} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(Z_e)e}{r^2}$$

La fuerza coulombiana tiene que ser igual a la fuerza centrípeta

$$F_{coul} = F_{cent}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(Z_e)e}{r^2} = m_e \frac{v^2}{r} \quad (4)$$

De aquí se obtiene la velocidad del electrón y una expresión para su energía. Por otro lado, ya los experimentos señalaban con mucha intuición cómo era la energía, principalmente Rydberg y Balmer tenían una explicación para el átomo de hidrógeno.

Tal expresión precuántica de la energía, se determina en función de la constante de Rydberg  $R$ , la constante de Planck  $h$ , la velocidad de la luz  $c$  y  $n$ , que es un valor entero positivo, su ecuación de energía era

$$E = \frac{-hcR}{n^2}$$

Bohr buscó interpretar esta última fórmula en términos de sus postulados [5].

La frecuencia clásica se escribe entonces así

$$v_{mc} = \sqrt{\frac{-32\epsilon_0^2 h^3 c^3 R^3}{Z^2 m_e e^4}} \frac{1}{n^3} \quad (5)$$

La frecuencia según los conceptos precuánticos era de la forma

$$v_{qm} = \frac{2cR}{n^3} \quad (6)$$

y usando el principio de correspondencia para establecer la igualdad entre la frecuencia clásica y la frecuencia cuántica

$$v_{mc} = v_{qm} \quad (7)$$

Al sustituir ambas ecuaciones (5) y (6)

$$\sqrt{\frac{-32\epsilon_0^2 h^3 c^3 R^3}{Z^2 m_e e^4}} \frac{1}{n^3} = \frac{2cR}{n^3} \quad (8)$$

Se obtiene un valor de la constante de Rydberg  $R$ .

Al sustituir en la ecuación de la energía, se determina la expresión de la energía de enlace orbital de los electrones

$$E_n = \frac{-hcR}{n^2} = \frac{m_e Z^2 e^4}{8\epsilon_0 h^2} \frac{1}{n^2} \quad (9)$$

En su postulado de la frecuencia, Bohr supone que el átomo de hidrógeno puede emitir o absorber radiación cuando el átomo cambia de uno de sus estados estacionarios a otro. La energía del fotón emitido (o absorbido) es igual a la diferencia de energía de esos estados, Ec. (10).

$$h\nu_{nm} = E_n - E_m \quad (10)$$



Figura 6. Un esquema del átomo de Bohr.

## CONCLUSIONES

La actualización de los contenidos en las materias de física debe correlacionarse al cambio tecnológico e incluir tópicos de mecánica cuántica. Richard Feynman[6] pugnaba por generalizar tales conocimientos a la luz del nacimiento de asuntos como la nanociencia. Quizá lo recomendable sea ir sembrando dichas ideas desde la educación media para poder ser impartida en otras disciplinas.

En la actualidad existen materiales didácticos mejorados y con tendencia a facilitar la enseñanza del tema. Por ejemplo, el libro para ingenieros industriales de España [1] presenta los temas a un nivel aceptable, pero es tradicional en su forma didáctica. Tal libro puede ser un excelente texto, más sin embargo, debe de auxiliarse de otros materiales como el de Transnational College of Lex, [3] que incluye más audacia en explicar las ideas.

Todos los tópicos aquí tratados merecen un antecedente como el estudio de la radiación térmica, bases sólidas de electromagnetismo, mecánica newtoniana, oscilaciones y movimiento ondulatorio. Otros temas no menos importantes son la polarización de la luz y la difracción. También es menester reconocer las omisiones; principalmente debe agregarse a la serie de temas propuesta la Ecuación de Schrödinger, pues es el modelo más aplicado en realidad. Por último, es necesario reflexionar acerca del momento contemporáneo que se vive, principalmente en la evolución de la tecnología, para ir preparando la adecuación de las asignaturas de física y proyectar una estrategia, para que la física cuántica sea enseñada efectivamente en ingeniería u otras áreas ajenas a la física. Esto requiere materiales didácticos novedosos y otras formas de expresar los contenidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Fernández de Córdoba P. Urucheguía Scholzel Javier F. Fundamentos de física cuántica para ingenieros. Edit Limusa. España, 2008.
- 2) Toffler Alvin. La tercera ola. Edit. Plaza & Janes USA 1979
- 3) Transnational college of Lex. ¿Qué es la mecánica cuántica? Edit. UNAM- México 2010.
- 4) Brandt et al. The picture quantum mechanics. Edit. Springer. EEUU 1995
- 5) Resnick R. Halliday D. Krane K. Física Volumen 2. Edit. Grupo editorial Patria. México, 2007.
- 6) Richard Feynman Seis piezas fáciles. La física explicada por un genio. Edit Drakonotos España 2008.



## IDENTIDAD EN ENFERMERÍA: UN RETO PROFESIONAL

EVA ANGELINA HERNÁNDEZ VILLA  
OLGA BARRAGÁN HERNÁNDEZ

*La enfermería como profesión se ha caracterizado por su capacidad para responder a las necesidades de cuidados de la población, sin embargo, la imagen distorsionada que se ha transmitido de ésta a través de la historia y se sigue difundiendo en los medios de comunicación, ha influido en la autoestima e identidad de este profesional. Se reconoce el conflicto existente en relación a la identidad colectiva de la profesión, relacionada con la disociación entre la teoría y la práctica, la imagen que la enfermera tiene de sí misma y lo que los demás opinan de ella, así como las características que se le atribuyen tradicionalmente a la actividad de cuidar y lo que se plantea como atributos de una profesión.*

M.C. EVA ANGELINA HERNÁNDEZ VILLA  
Correo: eva\_angelina\_h@hotmail.com  
M.C. OLGA BARRAGÁN HERNÁNDEZ  
Correo: barragan@enfermeria.uson.mx  
Departamento de Enfermería de la Universidad de Sonora



## ANTECEDENTES

Para algunos, la actividad de “cuidar” está ligada a la conservación de la humanidad, es una constante que aparece desde las primeras formas de organización social y se mantiene presente en todas las etapas de la historia. Nace de la tendencia instintiva de la especie humana hacia la protección y ayuda de sus miembros, y constituye las raíces de la enfermería actual. Por lo tanto, la enfermería es una organización que a partir de un instinto ha conformado una profesión.

En este trabajo, cuyo objetivo es hacer una reflexión sobre la construcción de la identidad de la enfermería, se asume que el cuidado aparece desde tiempos remotos y que las características que lo impregnaban han repercutido sobre la enfermería actual.

Tradicionalmente, a la enfermería se le han atribuido valores como: la caridad, altruismo, abnegación, vocación, servicio y sumisión frente a otros profesionales, disminuyendo la autonomía en sus decisiones. Sin embargo, a partir de la mitad del siglo pasado surge una corriente de opinión importante, que toca de lleno la propia filosofía de la profesión y busca dar a la enfermería una identidad propia dentro de las profesiones de salud.

## CONCEPTUALIZACIÓN.

Siguiendo a Colliere(1), se entiende la identidad como un proceso complejo, como una forma de individualización insertada en una red de pertenencias, así el individuo hombre, mujer o niño se identifica por las diferentes redes a las que pertenece: familia, clan, etnia, raza, especie.



Los cuidados de enfermería tienen que encontrar su individualidad con respecto a la red de pertenencia de los cuidados. Señala además que: “La individualidad no puede concebirse más que con respecto a la otredad”, ya que es lo que distingue el aspecto singular de un objeto, de un individuo o de un grupo con respecto a los demás. La identidad sólo existe con respecto a los demás.

En cuanto a los cuidados de enfermería, hay que separar su finalidad original y poner en evidencia los aspectos singulares o las circunstancias específicas de este tipo de cuidados con respecto a los que pueden proporcionar otras personas, otros grupos o profesiones.

La identidad es una unidad compleja constituida por la interconexión única y singular de múltiples variables, por lo que es importante distinguir la red de variables que se cruzan y se organizan de forma única para constituir los cuidados de enfermería.

La identidad se establece a través del cambio, encontrar una identidad en los cuidados de enfermería es aceptar el reconocimiento de características permanentes que tendrán que ajustarse a situaciones cambiantes, no puede basarse la identidad de los cuidados en características uniformes, o teorías de forma estereotipada.

Identificar el cuidado de enfermería es hacer razonable su naturaleza, los conocimientos y los instrumentos que utilizan, de igual manera las creencias y los valores en que se basan. También se trata de aclarar las competencias de la enfermería, el proceso de cuidados e identificar la naturaleza de su poder, sus límites y sus dimensiones sociales y económicas.

## PROBLEMÁTICA DE ENFERMERÍA

Cárdenas (2), señala como supuestos de una investigación sobre la profesionalización de enfermería en México, que la noción de servicio en las enfermeras está fuertemente vinculada a las herencias religiosa, femenina y militar. Además, el cuidado, que es la base disciplinar del quehacer de enfermería, al ser difícil de explicar, de enseñar y demostrar, se ha vuelto una tarea más difícil en el ámbito de las competencias profesionales.

Según Ledy (3), la enfermería carece de una identidad profesional colectiva. La doctora Evelin Adam,(4) profesora emérita de la Universidad de Montreal considera que es importante tener un marco de referencia explícito para la profesión de enfermería, y afirma que la misión social de la enfermería debe ser clara, señalando además que existe una disociación entre lo que se pregona sobre la enfermería y lo que realmente sucede en la práctica.

En los últimos 60 años ha habido un creciente interés del gremio hacia la búsqueda de identidad y construcción disciplinar. La lucha de identidad de enfermería, suele describirse como tensiones sin resolver entre arte y ciencia, ocupación y profesión, práctica y teoría (1)

Frecuentemente, las enfermeras suelen experimentar conflictos entre la imagen que tienen de sí mismas y la que tienen otras personas de ellas, y la forma en que la enfermera percibe su profesión, influye en su manera de pensar, actuar y en la manera que establece las relaciones con su medio. Adam (4), señala que el público en general parece tener la impresión de que la profesión de enfermería es un soporte para la profesión médica.

Algunos estudios (5) realizados a nivel local revelan que la población parece tener la impresión que al hablar del profesional de enfermería se habla de cualquier persona que brinda cuidado. El peso de la tradición del pasado, la subordinación de las enfermeras y la segregación sexual ha dejado huella y han impedido un concepto de enfermería como profesión con conocimientos organizados y habilidades propias y específicas. El 95% de las enfermeras son mujeres y su identidad de rol no puede ser ignorada ya que muchos de los problemas emanaron de la imagen femenina y de la idea de la enfermería como profesión para mujeres. De acuerdo a Armendáriz (6), la auto identidad de los estudiantes de enfermería permanece más en su femineidad que en su profesión y disciplina.

Se afirma que el objeto de conformar nuestra identidad profesional, dentro de nuestro "quehacer" como enfermeras, está el intentar aclarar históricamente el contenido propio de nuestra disciplina, tratando de extraer el significado que han tenido los cuidados (7). Sin embargo en ejercicios de indagación a profesionales de la enfermería en la localidad, se advierte desconocimiento sobre el origen de la enfermería y el vínculo de la significación histórica de los cuidados con la experiencia de cuidar en la enfermería actual.

Por otro lado, la participación de las enfermeras mexicanas y sonorenses en los organismos colegiados ha



sido escasa, poco continua y de bajo impacto, aspecto que evidencia la falta de identidad con la profesión, o bien, no contribuye al fortalecimiento de esta, al no poseer la conciencia gremial para efectuar un trabajo colegiado que beneficie al grupo tanto en su dinámica interna, su estatus y prestigio social (2).

## CONCLUSIONES

Desde la mirada que se tiene como enfermera en el ejercicio de la profesión, gestora de los servicios de salud y como académica, es posible reflexionar sobre esta categoría de incuestionable importancia para la enfermería como disciplina profesional. Se puede afirmar que existe una falta de claridad sobre la identidad de la enfermería, lo que se refleja en la no delimitación, identificación y difusión del objeto de estudio de la profesión, la necesidad de definir y someter a consenso el cuerpo de saberes, la desvinculación de la docencia y el servicio, la escasa filiación a grupos gremiales, desconocimiento del origen de la profesión y el impacto que tiene en la conformación de la identidad profesional de enfermería.

Como profesión, mayoritariamente femenina el imaginario colectivo compartido por las enfermeras presentan a su profesión con características de abnegación y de entrega incondicional, que choca frontalmente con lo que se considera una carrera profesional donde lo aprendido y la práctica quedan relegados frente al conocimiento científico.

Es innegable que la identidad se construye desde el proceso de formación, donde a partir de un currículo que incluya el desarrollo de habilidades se le permita

al estudiante conformar su autoconcepto profesional, situación que no se percibe claramente y que por el contrario, no existe correspondencia entre la formación y la práctica profesional.

Es motivador el gran número de mujeres y hombres jóvenes comprometidos que han elegido la profesión de enfermería, ello compromete a la búsqueda de respuestas para obtener mayor claridad en la construcción de la identidad profesional. Como sugiere Adam (4), es importante empezar por los programas formativos en donde todos los profesores se concentren alrededor de un marco de referencia explícito, que ofrezca una concepción de la disciplina con directrices claras para los tres ámbitos de actuación de toda disciplina profesional: la práctica, la formación y la investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Colliere, Marie. (1997). Promover la Vida. McGraw-Hill/ Interamericana de España. Madrid, España.
- 2) Cárdenas, Lucila. (2005). *La profesionalización de la Enfermería en México*. Ediciones Pomares, S. A. Barcelona.
- 3) Ledy, Susan & Pepper, J. Mae. (1989). *Bases Conceptuales de la Enfermería Profesional*. Organización Panamericana de la Salud-Lippincott Company. Filadelfia.
- 4) Adam, Evelin. Editorial. *Enfermeras ¿Dónde Estamos?. Desarrollo Científico de Enfermería*. 16 (7). 2008.
- 5) Gutiérrez, R., (2007) *Imagen social de la enfermera*. Tesis de Licenciatura en Enfermería, Universidad de Sonora.
- 6) Armendáriz, Ortega A. y Medel, Perez B. Identidad profesional. *Desarrollo Científico de Enfermería*. 17 (4). 2009
- 7) Hernández, Conesa J. (1995), *Historia de Enfermería. Un Análisis Histórico de los Cuidados de Enfermería*. McGraw\_Hill, España.





## MODELO DE DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE EN REGIONES MINERAS

### Desarrollo regional, educación, cultura e investigación

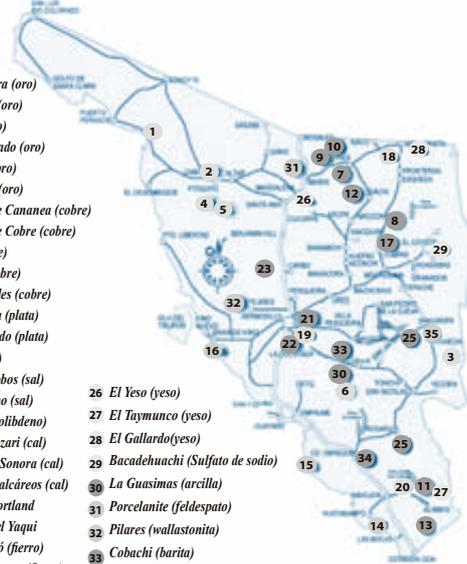
RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ

*El desarrollo de la industria minera a nivel global atraviesa por uno de sus mejores tiempos gracias a los altos precios de los metales, lo que ha estimulado la exploración, explotación, beneficio y comercialización de los minerales, principalmente el oro, la plata, el cobre, entre otros. Sonora es uno de los estados de la República Mexicana más beneficiados, pues esta actividad se ha visto favorecida con inversiones en el sector, lo que ha motivado la creación de empleos y el impulso del desarrollo económico por sus aportaciones al producto interno bruto del país. Sin embargo, ante la bonanza de esta industria, no se observa su impacto, en la misma escala, en el desarrollo integral de las regiones es decir, en su impacto en el desarrollo social, ambiental, educativo y cultural de sus habitantes, lo cual es una preocupación. El presente trabajo analiza esta situación y propone un modelo que se ha venido aplicando en un proyecto que tuvo su inicio en la investigación de los registros fósiles de los Dinosaurios en la región noreste. Por su relevancia científica, cultural, turístico y educativo, ha estimulado a la formulación de proyectos de desarrollo regional. Se proponen 10 regiones potenciales en Sonora con características semejantes, con la finalidad de replicar el modelo en el Estado y en el país.*

ING. RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ  
División de Ingeniería. Universidad de Sonora  
Correo: rpachecor2009@hotmail.com

## Principales centros mineros en el Estado de Sonora

- 1 La Herradura (oro)
- 2 El Chanate (oro)
- 3 Mulatos (oro)
- 4 Cerro Colorado (oro)
- 5 El Boludo (oro)
- 6 El Ombligo (oro)
- 7 Mexicana de Cananea (cobre)
- 8 Mexicana de Cobre (cobre)
- 9 María (cobre)
- 10 Milpillas (cobre)
- 11 Piedras Verdes (cobre)
- 12 La Escuadra (plata)
- 13 Alamo Dorado (plata)
- 14 Yavaros (sal)
- 15 Salina de Lobos (sal)
- 16 Salinera Kino (sal)
- 17 Molimex (molibdeno)
- 18 Calera Nacozari (cal)
- 19 Calhídra de Sonora (cal)
- 20 Productos Calcáreos (cal)
- 21 Cementos Portland
- 22 Cementos del Yaqui
- 23 Fierro Carbó (fierro)
- 24 Fierro Bacanora (fierro)
- 25 El Volcán (fierro)
- 26 El Yeso (yeso)
- 27 El Taymunco (yeso)
- 28 El Gallardo (yeso)
- 29 Bacadehuachi (Sulfato de sodio)
- 30 La Guasimas (arcilla)
- 31 Porcelanite (feldespato)
- 32 Pilares (wallastonita)
- 33 Cobachi (barita)
- 34 Los Alcones (perilita)
- 35 Piedra Laja Sahuaripa y Arivechi



### LA IMPORTANCIA DE LA MINERÍA

Las comunidades rurales en Sonora y del país tienen pocas oportunidades de desarrollo, lo que ocasiona la emigración a las grandes ciudades o al extranjero, por lo que se deben buscar alternativas para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes y promover su arraigo a través de la formulación de proyectos sustentables basados en la educación y cultura. Es una veta que no se ha explotado en su dimensión.

Sonora es el Estado Minero por excelencia, importantes empresas mineras se encuentran trabajando y generando riqueza con los minerales que extraen de las entrañas de la tierra, por ello, este sector está llamado a impulsar iniciativas innovadoras con la responsabilidad social que los ha caracterizado. Por citar algunos datos en Sonora las minas más importantes de cobre del país se encuentran en Cananea y Nacozari, la planta de Fundición en Esqueda, Molimex (procesadora de molibdeno) en Cumpas; la Herradura la mina más importante en oro está en Caborca; la wallastonita se explota en el municipio de Hermosillo, el grafito y carbón en San Javier-Tecoripa-Moradillas; la mina Mulatos al sureste del estado en oro; la plata, oro y cobre en la ciudad de Álamos y la explotación de la roca caliza para el cemento y cal en los alrededores de Hermosillo y Agua Prieta. Si dividimos el estado de Sonora en 10 regiones estratégicas resulta que se pueden crear nodos de coordinación, colaboración entre los diversos sectores de la sociedad para la formulación de proyectos que detonen el desarrollo integral de las comunidades: cultura, educación, bienestar social, salud, etcétera.

### INTEGRACION DE ESFUERZOS Y POTENCIALIDADES

Ahora bien, muchas de las compañías mineras han recibido reconocimiento nacional por sus políticas de Responsabilidad Social y al Mérito Ambiental y en general cuentan con programas de desarrollo comunitarios, esto demuestra que tienen experiencias para vincularse con la sociedad. La propuesta es que para lograr un mayor impacto, en este esfuerzo deben participar todos los sectores de la sociedad: gubernamental, educativo, investigación, universidades, organizaciones sociales, que, con el principio de integralidad, se formulen proyectos participativos, promover la investigación, fortalecer las políticas públicas para impactar regionalmente y no sólo a una comunidad aislada, en regiones que involucren a varios municipios. Los elementos clave para el éxito es que cada sector tenga una función específica de acuerdo a su campo de acción:



desarrollo económico, desarrollo social, medio ambiente, turismo, educación, cultura e investigación. Un objetivo es detonar el desarrollo sustentable por regiones, trabajar coordinadamente, planear a corto, mediano y largo plazo, arraigar a las personas a su tierra, a su región, evitando que los comuneros, por falta de oportunidades, se desvíen a la delincuencia, a las drogas. Este artículo trata de un ejemplo de las opciones que tiene cada región y se expone la experiencia en el estudio de los dinosaurios, por citar un ejemplo.



Localización del área de estudio en el Municipio de Fronteras

## IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN Y LA CULTURA

La educación y la cultura son los pilares fundamentales sobre los que se sustenta el desarrollo de un país. Los países que han invertido históricamente en estos rubros han escalado a niveles de desarrollo y lograr una sociedad más igualitaria. Conscientes de este hecho, los programas de la Universidad de Sonora y en particular la División de Ingeniería, impulsan proyectos de vinculación con la sociedad, con los municipios, con una visión integradora y buscando establecer redes de colaboración con las comunidades para impulsar el desarrollo regional.

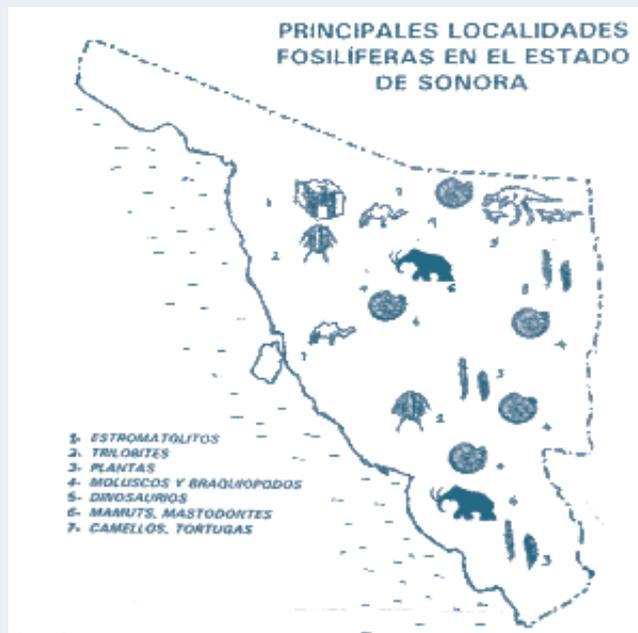
## ALGUNOS ANTECEDENTES

En los últimos años hemos estado trabajando en una región ubicada en el noreste del estado en donde, gracias a las investigaciones realizadas por la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de Sonora, se han encontrado varios sitios de Dinosaurios (Registros fósiles de huesos y huellas), por lo que se inició un estudio para definir el potencial de la zona, buscando integrar diversos elementos que permitan formular proyectos de desarrollo sustentable: económico, social y ambiental.

## EL ESTADO DE SONORA: POTENCIALIDADES

Hablar del estado de Sonora es hablar del segundo estado más grande del país y el más importante en minería, pues

se encuentran las minas más importantes del país en: oro, cobre, plata, grafito, molibdeno, wallastonita. Pero además tiene ecosistemas únicos en el mundo como es el Mar de Cortés, el laboratorio natural del mundo, cuenta con extensos desiertos, sierras y valles, y nivel paleontológico y geológico alberga las rocas más antiguas del país que nos dicen la historia de la tierra y la evolución de la vida como lo demuestran los estromatolitos, trilobites, plantas fósiles, dinosaurios, mamuts, mastodontes, etcétera. Por si fuera poco, tiene una riqueza étnica y cultural muy extensa, una historia contemporánea y actividades productivas relevantes: pesca, ganadería, agricultura y turismo.



## HALLAZGO DE DINOSAURIOS EN LA ZONA

Uno de los acontecimientos paleontológicos recientes más importante es el hallazgo de nuevos registros fósiles de Dinosaurios, pues son acontecimientos que tienen el antecedente de detonar proyectos de desarrollo económico-turístico, cultural y educativo. Estos elementos generan las condiciones idóneas para impulsar proyectos en beneficio del desarrollo de las comunidades para generar ambientes sociales regionales.

A poco más dos de años y medio que se iniciaran las investigaciones de dinosaurios en el Municipio de Fronteras, Sonora, se han encontrado varias localidades con registros fósiles como huellas y huesos que convierten a esta localidad en una de las más importantes, paleontológicamente hablando, del país y del mundo.

Con los estudios iniciados en enero de 2010, se han descubierto varios sitios con huellas y rastros de dinosaurios localizados en la Comisaría de Esquada y una cantidad significativa de esqueletos parciales de dinosaurios en un área aledaña al poblado de Fronteras. Se encuentran también registros fósiles marinos, troncos,



impresiones de plantas y organismos de periodos más recientes como mamuts, mastodontes, bisontes, tortugas, cocodrilos, entre otros. Los estudios apenas han iniciado y se presume que la zona alberga una riqueza que está esperando a ser investigada, pues se está seguro que la región de los husos es un cementerio de dinosaurios y, en la zona de las huellas se siguen descubriendo nuevos senderos.

### PROYECTOS INTEGRALES DE DESARROLLO REGIONAL: Oportunidad

Este tipo de hallazgos representan una magnífica oportunidad para elaborar proyectos que impacten el desarrollo sustentable de la región, fortalecen la educación, la cultura de la sociedad y permiten impulsar proyectos de turismo paleontológico y, en el caso de las empresas mineras, permite orientar proyectos estratégicos con responsabilidad social. Es así como se están elaborando varios proyectos, entre los que destacan: Un Museo de Historia Natural y Educación Ambiental y Turismo de exploración en las huellas. Se espera que el impacto sea local regional, estatal e internacional.

El tema central son los dinosaurios pero a su alrededor se abordan otras disciplinas: astronomía, geología, biología, física, química, minería, ecología, antropología, entre otras. Ejemplo parecidos a este tipo de proyectos es el Museo del Desierto de Saltillo, Coahuila, el de San Juan Raya en

Puebla, el Museo de Chihuahua, los cuales resguardan el acervo mundial de la evolución de las especies.

### PROYECTOS ESPECÍFICOS EN LA REGIÓN DE LOS DINOSAURIOS

La promoción de la cultura, turismo, educación, investigación y proyectos económicos son elementos básicos, mismos que se describen a continuación:

- 1. Investigación.** Los trabajos a futuros de prospección y excavación, aportarán nuevos conocimientos de estos organismos. El área potencial es de más de 1000 Km<sup>2</sup>. El Instituto de Geología de la UNAM y la Universidad de Sonora trabajan coordinadamente en la investigación, y se tiene contemplado invitar a otras universidades e impulsar otras líneas de investigación complementarias.
- 2. Educación y cultura.** Una de las prioridades es fortalecer la educación y la cultura de las comunidades, sobre todo de la niñez y la juventud, elaborando programas en coordinación con el sector educativo oficial, las autoridades gubernamentales, los sectores productivos de la región y las universidades y centros de investigación. Se incluyen la creación de museos, elaboración de exposiciones, impartición de cursos, talleres, conferencias, expediciones y la utilización de las nuevas tecnologías de la información y comunicación.
- 3. Proyecto Turismo Rural sustentable.** Una veta que

no se ha explotado en su dimensión es el turismo en las regiones, o si lo hacen, se remiten sólo a aspectos históricos contemporáneos. Las características geológicas, paleontológicas, recursos minerales, ecosistemas, entre otros, son elementos detonantes de proyectos de un turismo alternativo, un turismo del conocimiento, un turismo ecológico.

### Los proyectos que se están impulsando en la región se describen a continuación:

#### • Turismo de exploración en la zona de las huellas.

Se inició la primera etapa de la construcción de un Museo de Sitio en la localidad, ubicado a 11 kilómetros al sureste de Esqueda, en las estribaciones del Cerro Carro Quebrado. Consiste en un proyecto de obra civil, arquitectónico, museográfico y de vías de acceso a la zona de las huellas para que puedan ser visitadas por turistas y grupos educativos de la región, del Estado y del extranjero. El objetivo es preservar, cuidar y dar a conocer los hallazgos de las huellas de dinosaurios y promover el turismo paleontológico de la zona. Actualmente se tienen dos senderos.



Avance de las obras en el Museo de Sitio (huellas)

#### • Museode Historia Natural y Educación Ambiental.

Este espacio permitirá albergar los registros fósiles de la región con el apoyo de investigadores expertos en el tema. El contenido temático del museo es el siguiente: un espacio donde se muestre historia de la vida, la evolución del planeta tierra, los organismos que la han habitado desde su formación, los dinosaurios como los organismos más exitosos, los organismos actuales tanto flora como fauna, los recursos minerales de la región con los grandes yacimientos de cobre, (La ruta del cobre). La historia de Sonora representada por los grupos indígenas de la región, los personajes de la historia, entre otros. También se contempla el tema de la formación del universo y la formación de la tierra por lo cual se tiene planeado construir un Planetario. En síntesis, el museo incluirá los siguientes ejes temáticos: El Universo; la Tierra, un planeta vivo; la evolución de las especies; el mundo de los dinosaurios;

cultura ambiental, historia antropológica de la región, los recursos naturales (minería, flora y fauna).



Museo de Historia Natural y Educación Ambiental

### LA SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO

Desde el mes de enero de 2010, se inició la socialización de los avances de la investigación, utilizando todos los medios y herramientas de comunicación. A la fecha se han realizado las siguientes actividades de divulgación: conferencias, página web, blogs, producción de videos, cursos, talleres, etcétera, proyectos (<http://divulgacionciencia.blogspot.com>). YouTube, Buscadores.

### PERSPECTIVAS FUTURAS DEL PROYECTO

Esta región es única en el país por lo que debe ser considerada como estratégica, por albergar el patrimonio paleontológico, testigo y evidencia de la historia de la vida. Las instituciones educativas y de investigación están aportando los recursos humanos, los expertos en investigación y los laboratorios para su estudio, pero se



requiere unir esfuerzos con las entidades gubernamentales de los tres niveles: federal, estatal y municipal, a través de sus diversas instancias como: El INAH, Secretaría de Economía, SEMARNAT, Secretaría de Educación y Cultura, Comisión de Fomento al Turismo, CEDES, entre otros.

## OTRAS REGIONES POTENCIALES

Proyectos de este tipo pueden ser un modelo replicable en otras regiones con características semejantes, no nada más en el estado de Sonora, sino a nivel nacional e internacional. Como se hizo mención en un principio, el Estado de Sonora es privilegiado. A continuación se propone 10 nodos o regiones:

**Región Caborca-Pitiquito:** se encuentra la mina la Herradura, la más importante del país en oro. La región tiene una historia indígena y contemporánea de gran riqueza: petroglifos, registros fósiles estromatolitos, trilobites, amonitas y las rocas más antiguas, la producción agrícola, ecosistemas típicos del desierto.

**Región de Álamos:** Ciudad colonial por excelencia, en donde se dan cita turismo nacional y extranjero, pero poco se sabe de la historia minera y la primera Casa de la Moneda del Estado, la actividad minera se ha reactivado logrando posesionarse como una de las más importantes del Estado. La flora y la fauna son de gran interés para la investigación, pues se encuentran ecosistemas que la hacen única en el Estado y en la región Noroeste.

**Región de Magdalena-Santa Ana-Cururpe.** Son poblados del centro-norte del estado, relacionados con la historia de Sonora. La región es minera, sobresaliendo las minas de Santa Gertrudis y minerales no metálicos. Se encuentran unidades regionales de educación superior: Universidad de Sonora y el CESUES.

**Región de Cananea-Santa Cruz.** El poblado con fama nacional e internacional es Cananea, por su gran riqueza minera y por ser la cuna de la revolución mexicana. Pero además de estos atributos, se encuentra el Observatorio de la Mariquita, famoso a nivel internacional, cuenta con ecosistemas de montaña que invitan al gran turismo. Rumbo a Naco se encuentran yacimientos de dinosaurios, troncos petrificados y la Reserva de la Biosfera.

**Región de Sahuaripa-Mulatos-Yécora.** Se ubica al sur en la sierra sonorensis cuyo turismo de montaña es impresionante, se ubican los proyectos más importantes en oro del estado y poblaciones de enorme tradición costumbrista.

**Región Mar-Desierto.** El Golfo de California o Mar de Cortés es donde se juntan las aguas con el desierto. lo que la convierte en lugares de gran turismo, al norte se encuentra la región volcánica del Pinacate, grupos étnicos como los Seris y la isla más grande del país.

**Región de Hermosillo-La Colorada.** Además de ser la capital del estado, en sus alrededores se encuentran las plantas de cemento más importantes del país y la histórica mina de oro La Colorada.

**Región de San Javier-Tónichi-Tecoripa.** Es la región

del grafito, el carbón y el oro. Sonora es el estado más importante en grafito del país. Las regiones mineras tienen una enorme tradición minera y poblados típicos de increíbles paisajes.

**Región Noreste.** Comprende los municipios de Naco, Fronteras, Agua Prieta, Cumpas, Moctezuma. Se ubica en la Sierra Baja con una tradición de siglos. La mina la Oposura en Moctezuma, Pilares de Naco, La Verde, Molimex, Mina la Caridad, Fundición en Esqueda, El Tigre, los dinosaurios en el municipio de Fronteras hasta Agua Prieta, la Reserva de la Biosfera, son sólo algunos de sus atractivos. Un enorme potencial.

**Granados-Huasabas-Bacadéhuachi.** Ubicado en la porción centro-oriental del estado, en la alta montaña de increíble belleza, resalta su historia y los depósitos de minerales no metálicos y uranio.

## SECTORES Y DEPENDENCIAS INVITADAS A PARTICIPAR

Un aspecto fundamental es procurar la integralidad en todos sentidos, incluyendo la participación de los diversos sectores de la sociedad: gobierno (federal, estatal y municipal), iniciativa privada, universidades, centros de investigación, fundaciones y organizaciones sociales. Se mencionan a continuación:

- Dependencias federales: INAH, SEMARNAT, Secretaría de Turismo, Secretaría de Educación Pública, Secretaría de Economía, CONACYT, Comisión Nacional de Áreas Protegidas.
- Dependencias Estatales: Gobierno del Estado a través de: Secretaría de Turismo, Secretaría de Educación y Cultura, Secretaría de Economía, Desarrollo Regional, CEDES, Instituto Sonorense de Cultura.
- Dependencias Educativas: UNAM, UNISON, CESUES, Universidad de la Sierra, Colegios de Educación Media Superior.
- Centros de investigación: Instituto de Geología de la UNAM, Instituto de Astrofísica y Óptica, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo A.C., Centros de Investigación de la Universidad de Sonora.
- Sectores privados: Empresas mineras ubicadas en Sonora, Cámara Minera de México, Industria de la Construcción.
- Municipio: Autoridades municipales de: Fronteras, Naco, Agua Prieta, Naco, Cananea, Cumpas, Moctezuma, etcétera.
- Asociaciones de profesionistas: Asociación de Ingenieros de Minas Metalurgistas y Geólogos de México, A.C., Asociación de Mineros de Sonora, Sociedad Sonorense de Historia, Sociedad Sonorense de Arquitectos, Sociedad Geológica Mexicana, Sociedad Paleontológica Mexicana.
- Organizaciones Internacionales: Fundaciones, Museo del Desierto de Arizona, entre otros.



### ZONA 1

Región Volcánica "El Pinacate"

### ZONA 2

Mina "Cerro Colorado" (Au)  
Mina el Boludo (Au)  
Mina "El Chanate" (Au)  
Mina "La Herradura" (Au)

### ZONA 3

Mexicana de Cananea (Cu)  
Mina "María" (Cu)  
Mina "Unidad Milpillas" (Cu)

### ZONA 4

Mina "La Colorada" (Au)  
Cementera Apasco (Cal)  
Cementera CEMEX (Cal)  
Calhidra de Sonora (Cal)  
Minera Roca Rodando (W)

### ZONA 5

Mina "Lluvia de Oro" (Au)  
Mina "Mercedes" (Au)  
Estación Llano (Au)

### ZONA 6

Mina "La Oposura"  
Mina "Pilares" (Cu)  
Mina "La Verde"  
Molimex (Mo)  
Mina "La Caridad" (Cu)  
Fundición en Esqueda  
El Tigre (Au)  
Área de Dinosaurios

### ZONA 7

Minerales No Metálicos y de Uranio

### ZONA 8

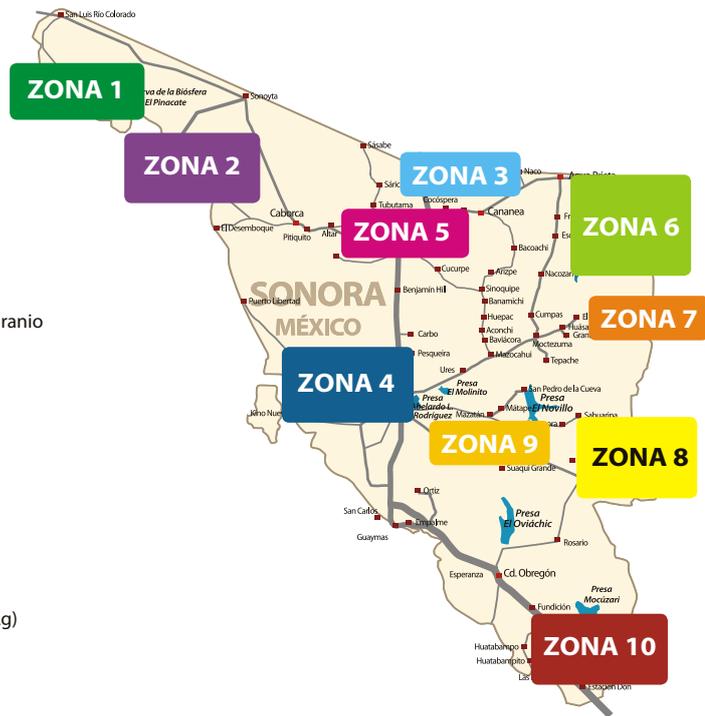
Mina Mulatos (Au)

### ZONA 9

Carbón San Antonio  
Mina El Ombligo" (Au)  
"San Javier" (Grafito, Au)

### ZONA 10

Mina "El Álamo Dorado" (Au,Ag)  
Yaváros (Sal)  
El Tayamuco (Yeso)  
El Volcán (Hierro)



Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C. Distrito Esqueda y Distrito Cananea.

## PROPUESTAS DE COORDINACIÓN

El país requiere reforzar sus políticas públicas para promover un desarrollo sustentable de los municipios, de las regiones y comunidades más desprotegidas, buscando promover proyectos integrales que fortalezcan la educación, cultura, pues son la base del desarrollo de sus habitantes. Si bien es cierto que el país atraviesa por situaciones difíciles, ahora más que nunca es necesario impulsar estrategias en donde participen todos los sectores de la sociedad, para brindar alternativas a los habitantes para alejarlos del fantasma de la delincuencia y la drogadicción y arraigarlos en su región y evitar la migración a las ciudades o al extranjero. La comunidad minera está llamada a desempeñar un papel protagónico, pues se encuentra ampliamente distribuida a lo largo y ancho del estado de Sonora y en el país. En Sonora, estado minero por excelencia, existen condiciones idóneas para detonar un modelo de este tipo, promoviendo, gestionando proyectos de desarrollo sustentable de las regiones, identificando oportunidades, diagnosticando potencialidades que permitan sentar bases sólidas para

un verdadero desarrollo sustentable.

El modelo que se presenta es viable por que hace partícipes a los diversos sectores de la sociedad, a la Cuádruple Hélice: gobierno, empresas, universidades y los beneficiarios, la sociedad. El reto es planear el desarrollo de las comunidades y detectar facilitadores, e integrar esfuerzos para mejorar las condiciones de vida del sector rural de las comunidades.

Nuestro agradecimiento a las siguientes instituciones: Instituto de Geología de la UNAM, Estación Regional NW, División de Ingeniería de la UNISON, Ing. Víctor del Castillo y Blanca Xochitl del Grupo México, al H. Ayuntamiento de Fronteras, Asociación de Ingenieros de Minas Metalurgistas y Geólogos de México (Distrito Sonora y Distrito Esqueda), a los Ejidatarios de Esqueda, a René Hernández, Carlos González, a Perla Adelina y Manuel (Grupo de investigación) y a los Ejidatarios de Esqueda.

Si desea conocer más del proyecto de los dinosaurios puede consultar la página web: <http://www.dinosaurios.hostz.com> Blog: <http://divulgacionciencia.blogspot.com>, en Youtube: Dinosaurios en Sonora.

# PRIMER FORO DE DESARROLLO REGIONAL SUSTENTABLE DE BAHÍA DE KINO, SONORA

ESTEBAN ÁNGEL GAXIOLA ARMENTA  
RAFAEL PACHECO RODRIGUEZ

*La Universidad de Sonora, además de formar recursos humanos calificados y promover la investigación de frontera, tiene entre sus objetivos promover la vinculación con la sociedad y coadyuvar al desarrollo de la población, aportando el conocimiento y la infraestructura física con la que cuenta. Es en este contexto que promovió e integró al Comité Organizador del Primer Foro de Desarrollo Regional Sustentable de Bahía de Kino, Sonora, con la finalidad de hacer partícipes a los sectores de esa región para elaborar estrategias y planes de desarrollo, para orientar proyectos que detonen el desarrollo económico, el turismo, la educación, la cultura y la investigación. Es así como se organizó el 10 de marzo del presente año este evento, en el que se presentaron más de 30 ponencias, las cuales constituyen las bases para integrar un programa regional de desarrollo sustentable, en el que participen los diversos sectores de la sociedad en un esfuerzo común. Se presentan los resultados del Foro cuya experiencia bien puede replicarse en otras regiones.*

ESTEBAN ÁNGEL GAXIOLA ARMENTA  
Coordinador General del Foro, Bahía de Kino, Sonora  
Correo: angelkinogax@hotmail.com.  
RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ  
División de Ingeniería, Universidad de Sonora  
Correo: rpachecor2009@hotmail.com



## PROBLEMÁTICA DE LAS REGIONES RURALES

Si hablamos de las condiciones de vida de la población de las regiones geográficas del país, en donde se acentúe la desigualdad, marginación, emigración, falta de oportunidades para el desarrollo, deficiencia en educación y acceso a la información son, desgraciadamente, las zonas rurales, las comunidades. Las políticas públicas no han logrado impactar favorablemente su desarrollo. Es la realidad, y se observan escasas posibilidades para que mejoren sus condiciones de vida en un futuro inmediato. El estado de Sonora tiene 82 municipios y muy pocas poblaciones pueden ser consideradas como ciudades sustentables. Por la falta de oportunidades, existe migración a las ciudades, o bien, los jóvenes caen en las garras de la delincuencia organizada y la drogadicción. Ante la magnitud del problema, es necesario impulsar acciones conjuntas haciendo partícipes a los sectores de la sociedad, para promover acciones concretas que coadyuven al desarrollo integral de las comunidades rurales.



## BAHÍA DE KINO: POTENCIALIDADES DE DESARROLLO

Bahía de Kino es una comisaría perteneciente al Municipio de Hermosillo, Sonora, con cerca de 10,000 habitantes, algunos lo consideran el balneario de Hermosillo. A pesar de que es uno de los lugares más bellos y con enormes potencialidades de la república mexicana, el progreso no ha llegado a sus habitantes, por lo menos no en la escala que debiera, me refiero al que debiera ser el beneficiario final, al niño, al joven, a la familia, al pescador, al pequeño comerciante, a la mayoría de los habitantes que viven en la economía informal.

O bien que esperan el avance del progreso. Analizando ejemplos exitosos en otros, el potencial de la región es impresionante: tiene las playas más bellas de Sonora y

del país, forma parte del ecosistema más estudiado y biodiverso del planeta, el Mar de Cortés, considerado por Jacques Cousteau como el laboratorio natural del mundo, por la flora y fauna, los humedales. La actividad pesquera del camarón (oro rosado) son de los más alta calidad del país. El deporte acuático invita al turismo internacional, las islas del Golfo son de una riqueza científica única en fauna. Y qué decir de su historia étnica y el paisaje, pues en la región se junta el mar.

El desierto y la montaña. Todos estos elementos hacen a esta región única, por lo que es viable y estratégico impulsar un Plan de Desarrollo Sustentable a corto, mediano y largo plazo, que contenga fundamentalmente lo siguiente: proyectos de desarrollo económico sustentable como el turístico, la pesquería y acuacultura, el uso racional de los recursos naturales, el fortalecimiento y desarrollo sustentable de los grupos indígenas y la educación en todos los niveles de la sociedad. En resumen, se trata de crear un modelo de desarrollo que impacte favorablemente las condiciones de vida de la sociedad, con respeto al medio ambiente.

## JUSTIFICANTE Y OBJETIVOS DEL FORO

Con la finalidad de integrar ideas, proyectos, inquietudes y propuestas de todos los sectores de la sociedad del poblado de Bahía de Kino, Sonora, el pasado 10 de marzo de 2012 se llevó a cabo el Primer Foro de Desarrollo Regional Sustentable. Participaron habitantes de la región, centros de investigación, universidades, dependencias educativas, organizaciones de profesionistas, organizaciones sociales, empresarios, dependencias gubernamentales de los tres niveles, fundaciones, etcétera, presentando propuestas a través de ponencias escritas y orales, para fortalecer el desarrollo integral sustentable de la región: el desarrollo económico, ecológico, social, educativo, entre otros.

En el presente escrito se exponen los resultados del foro y con la finalidad de promover estrategias semejantes en otras regiones del Estado, promoviendo la participación de la sociedad.

Convocaron conjuntamente el Comité Promotor de Desarrollo Sustentable de Bahía de Kino y la Universidad de Sonora, los cuales hicieron mancuerna y definieron como estrategia convocar a la comunidad de la región para hacerlos partícipes y rescatar todas las ideas para integrar una carpeta que permita sentar las bases, para formular un proyecto estratégico que encamine a la región a promover proyectos que impacten el desarrollo económico, cultural, educativo, ambiental, turístico, estableciendo como estrategia, el impulso de proyectos de investigación y la réplica de experiencias exitosas en otras regiones del país para aplicar o adaptarlas en la región de Bahía de Kino.



## ESTRATEGIAS BÁSICAS

El elemento fundamental es lograr que participen todos los sectores de la sociedad en un esfuerzo común: entidades gubernamentales de los tres niveles de gobierno, universidades, centros de investigación, empresarios (hoteleros, comerciantes, pescadores), organizaciones de profesionistas, organizaciones sociales, grupos étnicos, fundaciones, entre otros. En reuniones previas realizadas con los comuneros y la Universidad de Sonora, se planteó como primer paso realizar un Foro abierto en Bahía de Kino, en el que participen todos los sectores con propuestas concretas, ideas y opiniones. El objetivo fue analizar las potencialidades de la región, definir los primeros proyectos de desarrollo en los que se tengan avances significativos, crear estructuras de organización y capacitación, hacer, en general, una primera carpeta de proyectos y de esquemas organizativos para sentar las bases para la elaboración del Plan de Desarrollo Sustentable de Bahía de Kino.

## EJES TEMÁTICOS DEL EVENTO

El Foro fue abierto, en el que pudieron participar todas las personas, ya sea presentando ponencias por escrito o exponiendo verbalmente en el evento sus propuestas. Los temas de la convocatoria fueron los siguientes:

1. Proyectos para fortalecer la educación en la región.
2. Propuestas de proyectos para impulsar el turismo: mar, arena, montaña, ecosistemas, cultura étnica, turismo ecológico.
3. Proyectos de educación ambiental de la región.
4. Proyectos para fortalecer la cultura de la población y de los visitantes del interior del país y del extranjero: grupos étnicos, museos, exposiciones, eventos artísticos, científicos, etcétera.
5. Proyectos de investigación para el fortalecimiento integral de la sociedad: proyectos de flora y fauna del Mar de Cortés, investigación de los ecosistemas de la región, preservación de flora y fauna, recursos alimentarios, aprovechamiento racional y sustentable de los recursos naturales, entre otros.

6. Proyectos productivos (desarrollo económico): incluye la presentación de proyectos que puedan desarrollarse en la región en: turismo, procesamiento de alimentos, seguridad, recreación, artesanías, industria, minería, etcétera.
7. Capacitación y sistemas de organización y gestión: propuestas para capacitar y adiestrar a los pobladores en procesos productivos para la formulación y gestión de proyectos.
8. Seguridad, salud y recreación y actividades en general dirigidas a la niñez y a la juventud de la región.

El Comité Promotor de Desarrollo Regional Sustentable de Bahía de Kino y la Universidad de Sonora en colaboración con CIAD, Asociación de Turismo Club Delfín, CEDES, Comisariado de Bahía de Kino, SSH, CESUES, CENAMP, les invita a participar en la

**CONVOCATORIA**

del

**1 FORO DE DESARROLLO REGIONAL SUSTENTABLE DE BAHÍA DE KINO**

**EJES TEMÁTICOS**

- \*Educación
- \*Investigación
- \*Turismo
- \*Cultura
- \*Desarrollo Económico
- \*Ambiental
- \*Desarrollo Social

**10 de Marzo de 2010**  
**Auditorio de Bahía de Kino.**  
**Sonora, México**

Informes:  
 Rafael Pacheco  
 rpacheco2009@hotmail.com

## RESULTADOS DEL FORO

En la ceremonia de inauguración se contó con la presencia en el presidium de las siguientes personalidades: representante del Gobernador del Estado, representante de la Comisión de Fomento al Turismo, representante del Comisario de Bahía de Kino, el Regidor de Los Seris, el Director del CBTA 132, representante de la Universidad de Sonora, la Fundación Produce, el coordinador general del Foro.

En total se tuvieron 31 ponencias y asistieron cerca de 120 personas.

### Los resultados en general son los siguientes:

- De las ponencias expuestas se inicia la Formulación del Plan de Desarrollo Sustentable de Bahía de Kino.
- Se constituye la Red entre las dependencias que asistieron: Universidad de Sonora, Fundación Produce, Asociación de Oceanología, pescadores, empresarios (restaurante, hoteles, tiendas, Servicios Turísticos), Municipio, Gobierno del Estado, Sistema educativo: básica y media superior, Comisión de Fomento al turismo, Representante de los Seris, Club de Ecología, el Departamento de Investigaciones Científicas y tecnológicas de Bahía de Kino de la Unison, entre otros.
- Llevar a cabo el segundo Foro en el mes de octubre de 2012.
- Para la solicitud de apoyos, financiamientos y elaboración de convenios de colaboración, se promoverá la constitución de una Organización Social, la cual será en enlace y la responsable de llevar a cabo las acciones del Foro.
- Se constituye el Foro Permanente.

### Entre las propuestas concretas emanadas de las ponencias y que se les dará seguimiento destacan las siguientes:

- Crear un Centro Integrador de Desarrollo Sustentable de Bahía de Kino.
- Dentro del Centro, crear una Unidad de Educación Ambiental.
- Formular un proyecto que detone el turismo

sustentable: ecológico, cultural, con miras nacionales e internacionales.

- Dentro del Centro, impulsar la creación de un Museo de Historia Natural y Educación Ambiental de la región.
- Impulsar la creación de un acuario representativo del Mar de Cortés.
- Rescatar la cultura Seri de la región y promover el desarrollo sustentable de la comunidad indígena.
- Promover proyectos de energía limpia, tratamiento de aguas negras, limpieza, entre otros.
- Promover proyectos de bienestar social y desarrollo económico como: la minería, pesquería, acuicultura, conservación y procesamiento de productos marinos, etcétera.
- Capacitar a la comunidad en gestión de: proyectos económicos, gestión ciudadana y de proyectos educativos y culturales.

## SEGUIMIENTO DEL FORO

La Universidad continuará asesorando al Comité Promotor de Desarrollo Sustentable y a la Organización Social la cual, estará constituida por los diversos sectores de la sociedad: maestros, estudiantes, pescadores, investigadores, empresarios (comercio, tiendas, restaurantes, hoteles), grupos étnicos, profesionistas, amas de casa, etcétera.

Paralelamente se nombrarán comisiones en las diferentes áreas: educación, proyectos económicos, desarrollo social, cultura, investigación, turismo, bellas artes, desarrollo urbano, medio ambiente, difusión, administración y gestión.

## CONCLUSIONES

El Foro cumplió cabalmente su objetivo al integrar ideas y proyectos expuestos por la comunidad y dependencias de la región de Bahía de Kino, para confirmar una carpeta que sirva de base para impulsar un Plan de Desarrollo de Proyectos que impacten sustentablemente las condiciones de vida de los habitantes y de los pueblos de la región, para fortalecer la educación, cultura, investigación y el turismo de la zona.

El Foro puede ser un modelo replicable en otras regiones del estado de Sonora para formular proyectos y





sentar las redes entre los habitantes, las comunidades de los municipios, para detectar oportunidades, observar las potencialidades de la región, las fortalezas, las capacidades del capital humano, las opciones de financiamiento y la formulación de estructuras de organización de los diversos sectores de la sociedad.

El primer Foro representa un esfuerzo modesto que requiere el apoyo de los diversos actores y sectores de la sociedad. La meta final es lograr que en esta región detonen proyectos unitarios, en lograr conformar un solo Bahía de Kino, con una planeación sustentable, en el que el común denominador sea mejorar las condiciones de vida de todos sus habitantes, el respeto al medio ambiente, fortalecer la educación, la cultura, lograr un turismo ecológico y la integración de los diversos sectores de la sociedad.

Para mayor información y seguimiento del Foro favor de dirigirse con el Sr. Esteban Ángel Gaxiola Armenta, Coordinador General en Bahía de Kino, Sonora, correo: angelkinogax@hotmail.com y en la Universidad de Sonora con Rafael Pacheco R, correo: rpachecor2009@hotmail.com y en el Blog: <http://divulgacionciencia.blogspot.com>

#### **PONENCIAS DEL FORO DE BAHIA DE KINO**

- Hacia una propuesta que impulse la equidad desde la innovación educativa.
- Crear un Club de insectos de la región para promover la investigación y la educación.
- Agua de mar para uso en sanitarios, destiladores solares y procesos productivos, en comunidades del litoral sonorense.
- Centro de investigación educación y cultura de Bahía de Kino.

- Área gestión e innovación.
- Reforzamiento de la educación en ciencias.
- "La destrucción de la naturaleza".
- Uso de los hornos solares como una alternativa para preparación de platillos típicos de la región.
- Primer fondo verde indígena y rural que invierte en proyectos de energía limpia
- Creación de un Museo de Historia Natural y Educación Ambiental de Bahía de Kino, Sonora.
- Programa de la Agrupación de Buzos de Bahía de Kino.
- Creación del Centro de Educación Ambiental.
- Proyecto de Elaboración de Concreto Fibroso,(confib).
- Proyecto Utilización de Unicel Reciclado
- Nuestro Espacio.
- Importancia de los geoindicadores en el desarrollo sustentables.
- Procesadora de harina de pescado y avícola.
- Construcción de un vivero.
- Molino de desperdicios pesqueros para la elaboración de composta y harina de pescado para alimentar a especies canina, ovinas, caprinas, caballos y porcina.
- Premios OXXO a la ecología marina.
- Eco-materiales para la construcción.
- Elaboración biodiesel.
- Conformación de los grupos ecológicos EMS.
- En el cambio educativo.
- Gestión ciudadana y su influencia en la implementación de políticas de desarrollo urbano.
- Necesidad de un transporte escolar.
- Proyecto de una clínica B.
- Programa de pie de casa.
- La problemática del pueblo de Bahía de Kino para empleo.
- Sala de exhibición de especies marinas en Bahía de Kino.

# CIENCIA FICCIÓN



## LLUVIA NEGRA

RICARDO ANTONIO RODRÍGUEZ MIJANGOS

*A mi Ani, quien me acompañó a Hiroshima en 2008*

*“Pero no se deje engañar por las apariencias. Realidad no hay mas que una”*

Taxista a Aomame en 1Q84 de Haruki Murakami

RICARDO ANTONIO RODRÍGUEZ\*  
Departamento de Investigación en Física. Universidad  
de Sonora.  
Correo: mijangos@cifus.uson



Los problemas en Fukushima después del terremoto y posterior Tsunami en Japón, despertaron en Motomichi Ogawa, a pesar de residir en California EE.UU, los fantasmas del pasado, recordó vívidamente la experiencia vivida con su primo Toshiro que vivía en Tokio. Volvía a tener pesadillas que lo habían acompañado por varios años que creía ya se habían esfumado, pero al conocer que los dragones nucleares alados de Fukushima, que supuestamente estaban encadenados y sometidos, se sacudían, lo aterraba, lo devolvía a la aciaga mañana del 6 de Agosto de 1945. Vivían al norte de Hiroshima la madre y una hermanita de diez años de Motomichi y los papás y un hermanito de 19 años de Toshiro.

Las madres eran hermanas, se habían adaptado a convivir en una pequeña casa por las estrecheces que la guerra les había impuesto; los dos primos eran adolescentes de 16 años, los separaban en edad unos meses. Todos habían salido a realizar sus obligaciones temprano dirigiéndose hacia el norte, los niños y las mamás que eran maestras en distintas escuelas, el tío de Motomichi había salido a la fábrica de municiones a una distancia considerable de las escuelas al noroeste de su casa. Ese día en esa misma fábrica, a ellos les había tocado descanso después de un arduo trabajo por la mañana y en la tarde asistían a escuelas vespertinas. Poco después de las 8:15 de la mañana escucharon un ruido que jamás

olvidarían, parecía que se había roto el cielo y se desplomaba con un sonido atronador. La pequeña vivienda se sacudió violentamente, los platos donde se estaban sirviendo el desayuno se les escaparon de las manos, siguió un rugido sordo reverberando en el aire como si se acercara una terrible tormenta.

Muchas veces, años después de ese momento, Motomichi y Toshiro habían platicado de ello pero no coincidían en sus recuerdos. Ambos se quedaron petrificados, con sus ojos almendrados abiertos como platos, fueron unos segundos que les parecieron eternos, simultáneamente los dos se precipitaron a la puerta de salida. En la calle el cielo era rojizo, hacia el norte en el centro de la ciudad había una gran columna de humo coronada por otra mucho más grande, espirales de fuego se veían entre una niebla espesa muy por arriba de los edificios, los cuales empezaban a arder entre llamas azulosas. Había un olor desconocido ácido picante.

Era una escena apocalíptica, indescriptible, parecía que estaban en una pesadilla y querían despertar, los ojos arrasados de lágrimas no les permitían cerrarlos para tener la ilusión de despertar. Visualizaron sombras lejanas, gente que había salido como ellos. Empezaron a perder la sensación de irrealidad cuando escucharon ruidos intermitentes, como inmensas piedras que un gigante tiraba desde arriba, una cayó cerca y corrieron

a refugiarse en su endeble vivienda. Se sentaron contra la pared cerca de una ventana, entrelazaron sus brazos alrededor de sus piernas acucilladas y se dieron cuenta que estaban temblando.

Otra vez el tiempo dejó de existir, estuvimos sentados con la cabeza entre las piernas, hasta que de repente, Toshiro se levantó y empezó a gritar a todo pulmón, ese grito que desgarró el aire me hizo levantar como resorte y abrazarlo poniéndole con delicadeza mi mano sobre la boca, le susurré palabras reconfortantes que jamás había pronunciado, poco a poco se fue calmando y lentamente lo fui soltando y me di cuenta que yo también quería gritar, pero miré a Toshiro y su mirada estaba perdida, lo tomé de los hombros y lo zarandeé, volvió de quién sabe dónde y paulatinamente me devolvió la mirada, una mirada asustada que empezó a ver hacia todos

lados, afuera en la lejanía se escuchaban gritos ahogados. Toshiro empezó a concentrarse en esos sonidos y lentamente su mirada empezó a ser la de siempre, una mirada acerada que reflejaba su hasta ahora espíritu inquebrantable, el espíritu del japonés, del samurai, con alma de bejuco acerado que se dobla pero no se rompe.

A partir de ese momento aceptó lo inaceptable y escuché sus palabras claras y resueltas, -vamos a buscar a nuestros papás y hermanitos- y abrió la puerta hacia la calle. Yo irresoluto estaba como paralizado, una voz fuerte y áspera de samurai me hizo mover y seguirlo, nos paramos al centro de la calle, lo terrible de realizar la búsqueda que proponía mi primo era que donde estaban ubicadas las escuelas y la fábrica de municiones era hacia el norte, donde habíamos visto la inmensa columna de humo, sin embargo, él caminó resuelto y yo lo seguí avanzando en un ambiente neblinoso. Nos cruzábamos con gente que deambulaba como zombis en sentido contrario al que íbamos, en varios momentos Toshiro preguntaba sobre la zona a donde nos dirigíamos, varios no contestaban querían alejarse, huir. No sé cuánto caminamos, pero conforme avanzábamos nos adentrábamos a donde el paisaje era un todo derrumbado, veíamos a gente que tenía la carne viva, como quemada con soplete. Una sombra

apareció entre la neblina que se estaba oscureciendo, caminaba de milagro, tenía tiras de piel que le colgaban, a Toshiro ya le habían dicho que la zona que buscaba estaba pulverizada, nada que tuviera vida existía ya, empecinados seguimos nuestro aterrador paseo, parecía que estaba cayendo la noche, porque cada vez oscurecía más. Un insospechado trueno atravesó el cielo y un gran relámpago típico de una tormenta se escuchó, empezó a llover, pero no era agua cristalina, era lluvia negra, los goterones empezaron a manchar nuestras blancas camisas. Toshiro se paró y con la palma de la mano recogió el líquido oscuro, lo agitó con un dedo de la otra mano, se lo acercó a la nariz y dijo: es lodo, ¡está lloviendo lodo!, la lluvia negra arreció y empezamos a correr en la dirección de regreso, hacia el rumbo de nuestra casa, ya que estábamos rodeados únicamente de escombros,

buscábamos un lugar donde guarecernos. Encontramos un techo semiderruido que hacía un ángulo con la pared todavía en pie, nos metimos en ese nicho y estuvimos contemplando la lluvia negra que arreció y nos concentramos en el ruido que hacía al caer, tenía el sonido de una lluvia normal aunque amortiguado, sedante, a esas alturas habíamos roto la barrera de la locura, nuestras mentes se habían adaptado a lo irracional que se había

convertido en lo normal. Por fin la lluvia disminuyó, el cielo se despejó, el color grisáceo indicaba que todavía era de día, pero no nos movimos de allí, agotado nuestro sistema nervioso, con hambre y sed y con la certeza de que nuestros seres queridos ya no estaban más en este mundo, nos quedamos dormidos.

Después todo se volvió muy confuso, despertamos en una gran carpa, estábamos conectados a bolsas de suero, ya no teníamos nuestra ropa enlodada y estábamos en catres a ras del suelo con batas tipo kimono desgastadas pero limpias. Pasó una enfermera corriendo, Toshiro le gritó con tanta fuerza que prácticamente la paró en seco, quería saber sobre nuestras ropas que contenían efectos personales importantes para nosotros, rápidamente supimos que en Hiroshima había caído una bomba llamada atómica, que tenía un poder de destrucción inmenso, pero que además dejaba unas radiaciones que eran muy peligrosas para los sobrevivientes, nuestras





ropas estaban contaminadas de radiación y las habían desechado, actualmente estaban tratando de evacuar a los más posibles hacia el sur, nos habían encontrado entre los escombros y hacía dos días que estábamos inconscientes. Posteriormente supimos que la inmensa explosión había levantado toneladas de tierra, que las extremas presiones y temperaturas provocadas por la bomba generaron una lluvia que cayó junto con la tierra literalmente como lodo, pero inusual, era lodo radiactivo. Afortunadamente la radiación que recibimos estuvo en el límite, no fue mortal, lo hubiera sido si hubiéramos seguido hacia la zona devastada con gran densidad de radiación.

Terminó la guerra, nuestros antiguos enemigos se volvieron aliados, fuimos mi primo y yo a la Universidad de Tokio. Toshiro estudió Ingeniería electrónica y yo Química, allí conocí a Mitzuko que entró a la misma facultad cuando yo estaba a mitad de la carrera. Era en ese tiempo muy bella, etérea como una fulgurante mariposa con un espíritu fuerte como el hilo de un gusano de seda. Cuando nos casamos, estando yo becado en el Doctorado, todavía me causaba pesadillas la lluvia negra, a veces despertaba en medio de la noche ahogando un grito, Mitzuko me abrazaba delicadamente y me calmaba, por largo tiempo me ponía nervioso el rumor de la lluvia. Tuvimos un niño y una niña, que cuando crecieron se fueron a estudiar su Doctorado en Química y Medicina en Estados Unidos, se volvieron muy competentes y se quedaron en América. Con el tiempo, mi esposa y yo nos jubilamos y fuimos a vivir cerca de nuestros hijos casados y nietos, con el tiempo pudimos

conseguir la residencia. Toshiro es un solterón irredento, salió a conocer el mundo pero siempre volvió a Japón, cuando platicamos de los aciagos días de la lluvia negra, dice: ya nada me atemoriza-estuve en el infierno y regresé, yo lo oigo tranquilo cuando le pregunto sobre los problemas en la planta nuclear de Fukushima, a sus 81 años no parece atemorizado estando en Tokio. En cambio yo, a miles de kilómetros de mi país he tenido otra vez pesadillas, sintiéndome otra vez en medio de la lluvia negra y me despierto con desasosiego, Mitzuko me abraza como lo hacía hace años, haciéndome sentir joven otra vez y me devuelve el optimismo de que los dragones de Fukushima quedarán otra vez fuertemente encadenados.



Planta Nuclear de Fukushima. 20 de Marzo de 2011 (AFP)



## REMEMBRANZAS DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA:

### 50 ANIVERSARIO DE LA ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

MANUEL BALCÁZAR MEZA

*A mediados de los años sesenta del siglo pasado, el primer paso para aspirar a obtener una carrera profesional, era ingresar a la Preparatoria de la Universidad de Sonora, ya que este nivel de educación sólo existía en El Alma Mater. La institución apenas si contaba con veintitrés años de edad, la que equivale, en promedio, a la de un egresado hoy, en alguna carrera profesional. En ese entonces, la televisión a nivel nacional (hoy Televisa) tenía sólo 14 años de transmitir su señal, y Radio Universidad iba a cumplir 3. La inauguración de ésta última se llevó a cabo en el edificio principal. La escuela de ciencias químicas, en aquel momento, era un proyecto que parecía muy ambicioso, contaba con 3 años de edad pues a raíz de un evento estatal, relacionado con la industrialización se propuso en 1961 su creación, iniciando sus actividades en el año señalado. La escuela preparatoria es lo que hoy es el Departamento de Matemáticas con las adecuaciones normales.*

M.C. MANUEL BALCAZAR MEZA  
Departamento de Ingeniería Química  
Correo: mbalcazar@iq.uson.mx

Entre algunos profesores eméritos de aquella preparatoria, se mencionaran por sus apellidos algunos como Salazar Girón, López Riesgo, Espinoza Muñoz, Razo Reguero, Dueñas, Holmes Padilla Chacón, Ríos Gómez, los hermanos Yeomans, Ocegüera, Buendía, Martínez, Hodgers, Valenzuela, Martha Bracho, Emiliana de Zubeldia y otros grandes e inmortales que aparecerán en otra lista próximamente. Se prohibía gritar, fumar, llegar tarde y no saber la clase. Después, casi todo eso se laxó, nuevas ideas aparecieron y la educación se envolvió en el torbellino del cambio y en la normal evolución del pensamiento.

En la misma década de los sesenta, apareció el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (CICTUS), hoy convertido en Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICTUS), donde se iniciaron proyectos interesantes de investigación sobre cultivo de camarón en ambiente controlado, alimentos en invernaderos y otros proyectos. Participaron también la Universidad de Arizona, después la UNAM y Abu Dabi, Arabia Saudita.

En esa época se crea la Unidad Experimental Peñasco perteneciente a la Universidad y fue ahí, donde se inicia el despegue de lo que hoy es el prestigiado y brillante DICTUS, con sus múltiples proyectos de reconocimiento nacional e internacional, que con mucho ha contribuido al progreso del país.

A finales de la década de los sesenta, la Institución entra en una convulsión política estatal originada por la selección de un candidato a la gubernatura y posteriormente en los setenta, por las elecciones de rector.

En ambos eventos la Universidad, por su grandeza, sale airosa gracias a la sociedad.

En la escuela de Ciencias Químicas, 14 años después de su fundación, aparece el proyecto de sistema departamental. Aquí se inicia la tendencia de que físicos, matemáticos y químicos impartan las materias de su área. Así, en las carreras de Ingeniero Químico, Ingeniero Industrial Administrador y Químico Biólogo, al menos en la mayoría de los grupos, las asignaturas ya citadas las cubren especialistas, pero como en todo, el éxito no es total, al menos, en esa época.

Posteriormente, a partir de 1983 se inician de manera casi completa, por parte del H. Consejo Universitario, la departamentización, es entonces cuando las carreras de Ingeniería Química, Ingeniería Industrial Administrativa y Químico Biólogo, hacen las adecuaciones académicas y administrativas para convertirse en departamentos.

*La escuela de ciencias químicas se convierte en Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia hasta la actualidad.*

Todo lo anterior es lo que se puede contar como formal, pero cómo olvidar los bailes rancheros de la escuela de Agricultura, en las canchas donde ahora se encuentra Geología. Los bailes del estudiante en el gimnasio de la Universidad, donde hoy es el Centro de las Artes. Por fuera de este gimnasio había una refresquería con Rockola, donde por 50 centavos se escuchaba a los Teen Tops, los locos del ritmo, Presley





y muchos más. Famosas eran las manifestaciones para promover el baile de Agricultura con el "Zorri" y "El pistojoa", a la cabeza. Entretenidas fueron las elecciones para presidente de la FEUS, donde sobresalieron, entre muchos, el "Piolín" Sánchez Meza, Loya, Salas y Risk. Las casas de estudiantes que servían de convivencia, poco usual en

Sonora, la casa Empalmense, la de Cananea, el Castillo de los Mounstros (enseguida de Catedral) y algunas otras localizadas por la Calle Garmendia.

*En la escuela de Ciencias Químicas, las fiestas estudiantiles para celebrar el aniversario de la escuela, se hacían también en el antiguo gimnasio.*

Es imposible olvidar las fiestas del "mal humor" organizadas, por la FEUS. Ahí se criticaba a estudiantes, profesores y autoridades con humor. De ahí al cine

Noriega, Sonora o Nacional y al siguiente día el aula magna de ciencias químicas para alguna obra montada por los propios estudiantes.

En Ciencias Químicas, nace la estudiantina, logrando muchos éxitos. Carlos Moncada e Ismael Mercado se consolidaban como escritores en la Universidad y en Sonora. El deporte universitario dio y seguirá dando grandes valores. También se recuerda a periódicos de sátira política y

cultural como "El pájaro madrugador" y "el coyote, al que le falta una pata", "el alfiler" y otros serios y reconocidos como "El Unisono" y entre varios escritos institucionales.

Largo sería mencionar tantos recuerdos de la Universidad de Sonora y del hoy Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, que después de tanto tiempo de caminar por sus campos, pasillos y estar en sus aulas, parece que aún no empiezo por dar el primer paso para obtener la licenciatura.





## 50 AÑOS DE LA CARRERA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL EN SONORA

RICARDO A. RODRÍGUEZ CARVAJAL

*El desarrollo y la incursión de Sonora en el sector industrial no se pueden explicar sin la presencia de la Ingeniería Industrial, carrera que en sus 50 años de existencia ha cumplido cabalmente con dicha responsabilidad, considero el jefe del Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad de Sonora, Ricardo Alberto Rodríguez Carvajal. En septiembre del presente año cumple 50 años, suceso con el cual se considera la llegada de esta área del conocimiento a Sonora, al ser ofertada como opción de estudios profesionales.*

M.C. RICARDO A. RODRÍGUEZ CARVAJAL  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Correo: ricardo@industrial.uson.mx



El desarrollo y la incursión de Sonora en el sector industrial no se pueden explicar sin la presencia de la Ingeniería Industrial, carrera que en sus 50 años de existencia ha cumplido cabalmente con dicha responsabilidad, consideró el jefe del Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad de Sonora, Ricardo Alberto Rodríguez Carvajal. En septiembre del presente año cumple 50 años, suceso con el cual se considera la llegada de esta área del conocimiento a Sonora, al ser ofertada como opción de estudios profesionales.

Luego de pasar por diversos procesos de reorganización, hoy en día es una opción profesional consolidada, lo cual se refleja en los reconocimientos y avales académicos obtenidos por organismos externos como CONACYT, CENEVAL y el Consejo para la Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI).

El jefe del Departamento de Ingeniería Industrial, Ricardo A. Rodríguez Carvajal, relata la evolución de la carrera y los retos a futuro:

Sonora se caracterizó, en la primera mitad del siglo XX, por ser un estado ganadero y agrícola, aun cuando había importantes explotaciones mineras. En 1961, el entonces rector de la Universidad de Sonora, Lic. Luis Encinas, es el candidato del PRI al gobierno del estado e invita a un grupo de académicos para que trabajen en un plan de industrialización. Ellos elaboraron el llamado "Plan de diez años". En ese contexto, se ubica la creación de la carrera de ingeniería industrial, en la escuela de Ciencias Químicas. El director en ese entonces, Ing. Manuel Puebla Peralta, comenta que se implementó un plan de estudios partiendo del modelo educativo francés integrado por un tronco común y opciones terminales: ingeniería industrial mecánico, ingeniería industrial químico, ingeniería industrial electricista.

El programa inició en septiembre de 1962. Al terminar la primera generación, y dado que existía poco interés para estudiar ese tipo de carrera, además de resultar oneroso tener tres opciones, se adopta el modelo de Standfor para la carrera de ingeniería industrial. Surge así la carrera de Ingeniería Industrial Administrador (IIA), justamente en el mismo año que llega a Sonora la primera maquiladora: la Motorola de Nogales: 1967.

En los 70's, se registra un buen crecimiento de la carrera y los egresados tienen rápido acceso al campo de trabajo. En 1985 llega a Hermosillo la planta Ford y en ese mismo año se crea la carrera de ingeniería industrial y de sistemas (IIS) con una visión más modernista de la disciplina y con una visión holística de la empresa

Por seis años convivieron la carrera de IIA e IIS, aunque la demanda para estudiar ésta última era muy superior a la de la primera. En 1993 se unifican en una sola carrera que, para tener mejor relación con la demanda y el mercado, se nombra como Ingeniero Industrial y de Sistemas.

En ese tiempo, ya la maquiladora se adentra a todo el territorio estatal por lo que el egresado tiene bastante campo de acción, además de los empleos en el sector servicio (banca, comercio, educación, gobierno).

En ese momento, el departamento se plantea la necesidad



de completar el desarrollo de los estudiantes ofreciendo opciones de posgrado a nivel especialidad, aunque solo se concretó la de Desarrollo Sustentable

En el año del 2003, debido a que a nivel mundial se necesitaron profesionistas del área de Tecnologías de la Información y que en la Universidad sólo se contaba con la licenciatura en ciencias de la computación, el Departamento de Ingeniería Industrial trabaja en una nueva oferta educativa y se crea la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, para atender la creciente demanda de empresas en el ramo de tecnologías de la información, siendo ésta licenciatura una evolución de la Ingeniería Industrial y de Sistemas.

En el año de 2007 la creciente demanda de profesionistas con habilidades en automatización industrial y control, nos enfrenta a responder este reto, creando la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, siendo ésta la más joven que atiende el departamento y que tendrá su primera generación de egresados en este año de 2012, Actualmente esta licenciatura esta siendo evaluada por los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES), para validar su calidad nacional.

En el 2008 se crea el Posgrado en Ingeniería Industrial, el cual viene a atender las necesidades de la industria estatal, y en su evolución derivado de la diversidad de programas de licenciatura y de la formación de nuestros profesores, se adecua el nombre de la maestría a maestría en Ingeniería en Sistemas y Tecnología, donde se plantea un posgrado mas acorde a las fortalezas que presenta el Departamento de Ingeniería Industrial, para poder atender en forma integral las necesidades de las diferentes líneas estratégicas de desarrollo del estado.

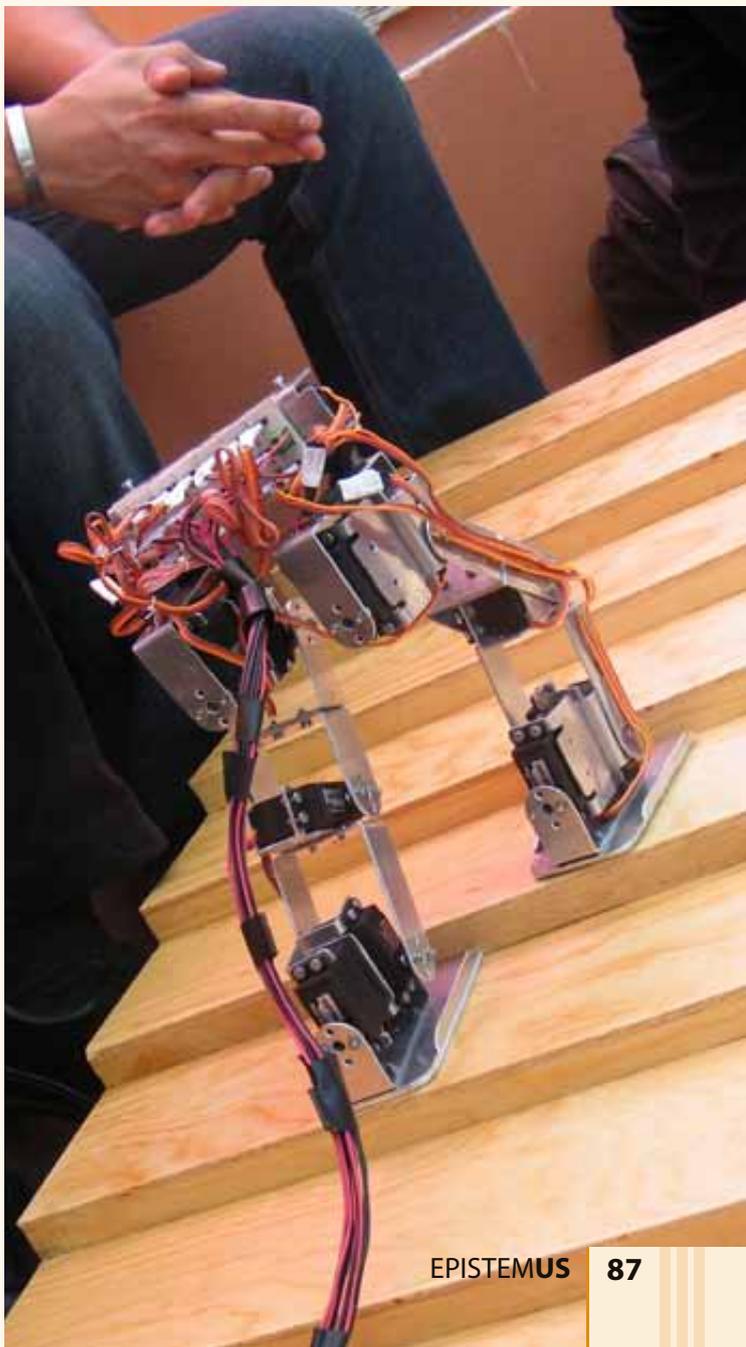
Cabe destacar, que también atendemos la especialidad en Desarrollo Sustentable desde el año 1998, siendo este posgrado el único a nivel noroeste con el reconocimiento de CONACYT a nivel internacional. El posgrado atiende líneas de generación y aplicación de conocimiento actuales con una fuerte vinculación con el sector productivo.

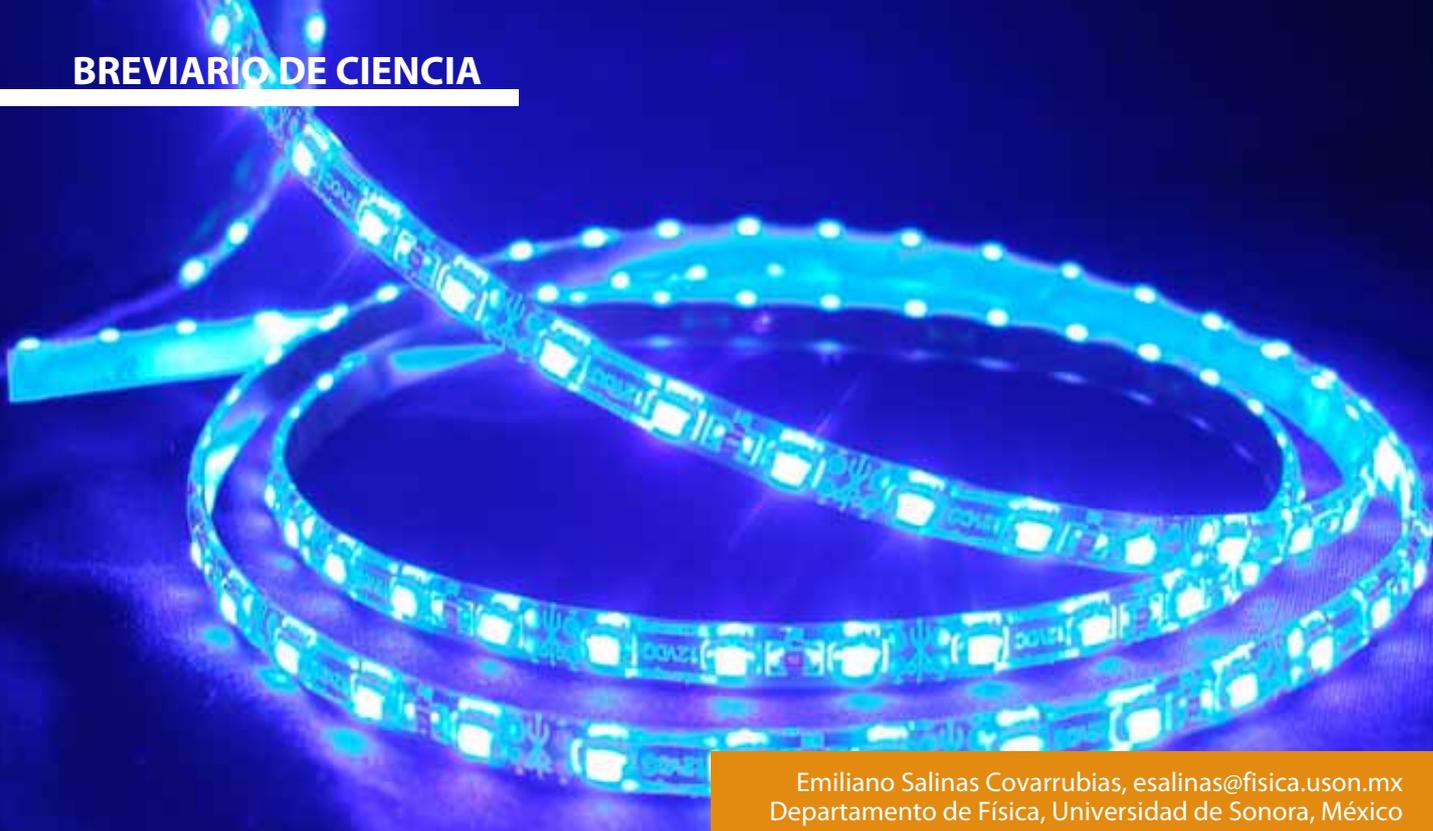
Cabe destacar el gran desarrollo de la planta de maestros. Actualmente se tienen 13 con grado de doctor, 31 con grado de maestría, 8 academias, 3 cuerpos académicos, una diversidad de proyectos, y una importante producción editorial por parte de los profesores en congresos nacionales e internacionales y revistas arbitradas y de divulgación.

A 50 años de su creación, el departamento está involucrado en los siguientes proyectos: Se tienen 12 profesores estudiando el doctorado, pertenecemos a diferentes redes de investigación a nivel internacional donde destacan las relaciones que se tienen con el Massachusetts Institute of Technology (MIT), Harvard

University, Universidad de Arizona, Universidad de Kiushu en Japón, Universidad de Leeds, Universidad de Ciencias Aplicadas de Hochschule, Alemania, entre otras.

El futuro de la Ingeniería Industrial en el departamento, brinda un panorama prometedor y con muchos retos, entre ellos destacan los siguientes: la creación del doctorado en ingeniería en sistemas y tecnología; la creación de varios posgrados para la atención a la industria, entre ellos: la Especialidad y Maestría en Manufactura Aeronáutica interinstitucional con la Universidad Nacional Aeronáutica de Querétaro; el Posgrado Integral en Desarrollo, Innovación de Proyectos Tecnológicos; la Especialidad y Maestría en Metrología, buscando con ésto una fuerte vinculación con los sectores productivos de la región.





Emiliano Salinas Covarrubias, esalinas@fisica.uson.mx  
Departamento de Física, Universidad de Sonora, México

## LEDS ORGÁNICOS (OLEDs)

LED son las siglas en inglés de Light Emitting Diode, en español sería diodo emisor de luz (ver No. 10 de esta serie). OLED se usa para referirse a los mismos diodos emisores de luz pero hechos de materiales orgánicos, cuya base es el elemento carbón, tales como la madera y casi todos los plásticos.

Para hacer estos dispositivos, una capa de material orgánico con un espesor de alrededor de 100 nanómetros (una diezmilmillonésima parte de un milímetro) es emparedado entre dos conductores de electricidad siendo uno el cátodo y el otro el ánodo y todo esto cubierto con dos capas de vidrio, una para sellar y la otra funciona como sustrato. Al aplicar una corriente eléctrica a los conductores, en un proceso electroluminiscente, se produce una luz brillante directamente del material orgánico.

Los OLEDs emiten luz, contrario a lo que hacen las pantallas de cristal líquido (LCD) o las pantallas de plasma, que necesitan luz exterior para funcionar.

La capa del material orgánico, consta de una capa de emisión de cargas eléctricas (electrones) y una capa de conducción de cargas eléctricas (hoyos), ver la figura 1. La función de la capa de conducción es llevar la carga eléctrica desde el electrodo a la capa de emisión.

Cuando se aplica el voltaje a los electrodos, las cargas positivas y negativas se recombinan en la capa de emisión y los materiales orgánicos hacen que esta capa

alcance un estado de alta energía, llamada “excitación” emitiendo luz (electroluminiscencia) cuando las capas regresan a su estado de estabilidad original.

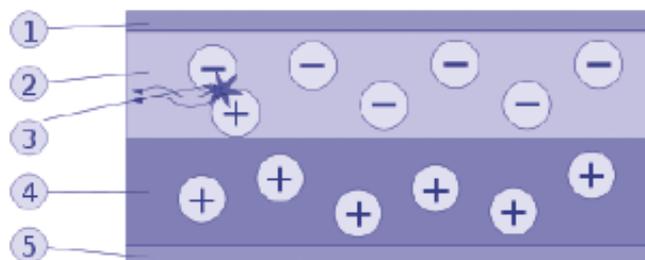


Figura 1. Principio de funcionamiento de OLED: 1. Cátodo (-), 2. Capa de emisión, 3. Emisión de radiación (luz), 4. Capa de conducción, 5. Ánodo (+).

Para maximizar el proceso de recombinación en la capa de emisión, y con ello maximizar la luz de salida del OLED, deben seleccionarse los materiales adecuados para el ánodo y el cátodo así como la estructura de las capas orgánicas.

La eficiencia electroluminiscente y el control del color se mejora considerablemente “dopando” la capa de emisión con una pequeña cantidad de moléculas de alta fluorescencia.

## Aplicaciones

Las aplicaciones de los OLEDs, en el presente y en el futuro, son las mismas donde se utilizan los LEDs inorgánicos, entre las cuales se pueden mencionar las computadoras, los televisores, las carteleras, los teléfonos celulares, la iluminación, la señalización, etcétera.

## Ventajas

Siendo ilimitadas las combinaciones de la estructura molecular en los materiales orgánicos, se tiene un amplio campo de opciones para identificar y seleccionar aquellas que proporcionen alta eficiencia y una larga vida en su uso en algunas aplicaciones específicas.

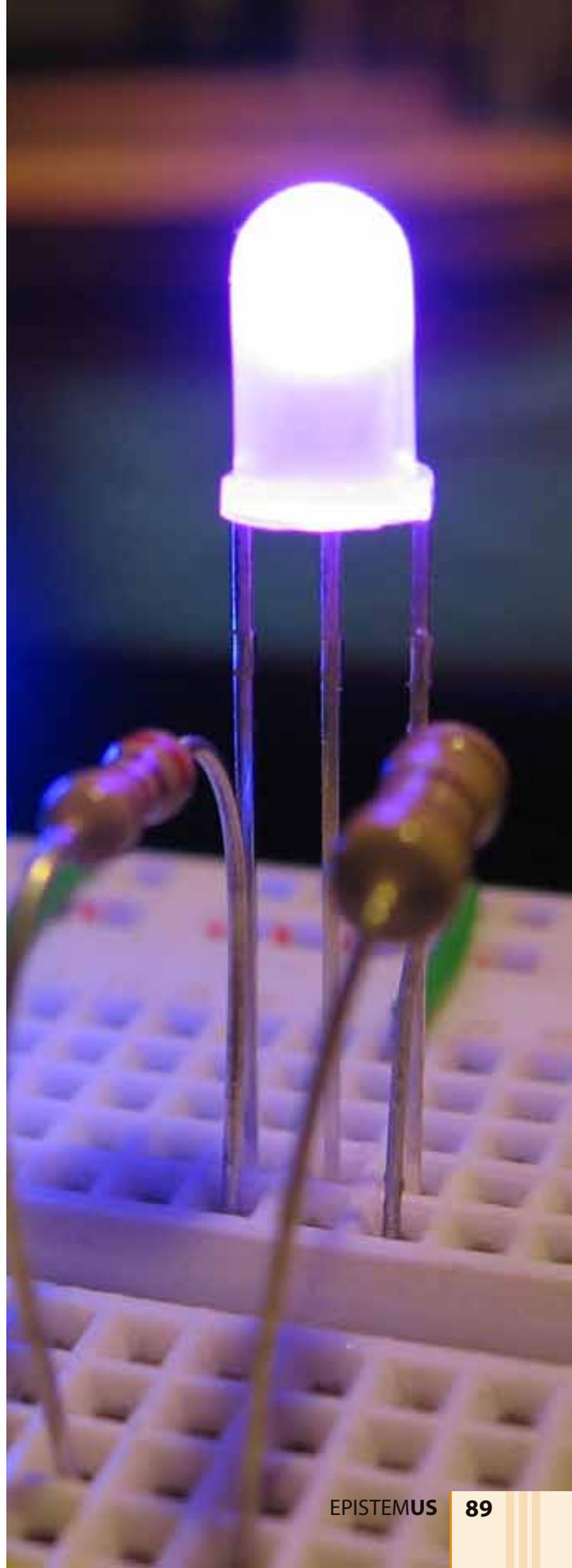
En particular, para las aplicaciones en iluminación se tienen las siguientes ventajas:

- Se requiere menos espacio para su instalación.
- Su bajo costo.
- Emite una luz atractiva y amable a la vista.
- Las superficies interiores tales como paredes y mesas pueden servir para iluminar el cuarto.



Para su aplicación en pantallas de televisión se tienen las siguientes ventajas:

- Imágenes más brillantes
- Ángulos de observación más amplios
- Bajo consumo de energía
- Bajo costo de fabricación
- En un futuro, un tapiz de pared de un milímetro de espesor, podrá transformar una pared de un cuarto en una pantalla de televisión.





# NOTI-INGENIO

## PRIMER DOCTOR EN BIOCENCIAS MOLECULARES DE LA UNISON

Bajo el título “Efecto del gen RNF8 en el desarrollo del cáncer de mama”, Anduro Corona es el primero egresado del posgrado en Biociencias en titularse. El tema que brinda altas posibilidades terapéuticas a pacientes con cáncer de mama, y principalmente en el diseño de estrategias que permitan eliminar este gen.



“Esto no se había estudiado, señaló el nuevo doctor en Biociencias, y es el primer hallazgo que relaciona sobreexpresión de RNF8 con cáncer de mama; anteriormente, otros estudios en el mundo se habían negado a estudiarlo, no le daban crédito ni importancia, pero afortunadamente lo retomamos y funcionó, entonces ya hay un antecedente”, comentó.

La función normal del RNF8 es servir como vía y permitir a otras dos moléculas reparar el DNA cuando éste ha sufrido algún rompimiento en su doble cadena; se trata de una molécula buena y que necesitamos, apuntó; sin embargo, en el cáncer de mama se incrementan los niveles de RNF8 y así

la molécula se convierte en mala porque hay más de lo que debería existir, explicó. Entonces, es el exceso de RNF8 lo que hace daño, no la molécula en sí o el hecho de que esté presente dicha molécula, añadió, y por lo tanto, esto es lo que provoca la agresividad del cáncer de mama. Hay cánceres de mama que se curan muy fácilmente y otros no, y cuando se tienen más copias de RNF8 es más difícil curarse, recalcó.

Con este descubrimiento es potencialmente viable tener mejores medicamentos, apuntó, y buscar la manera de inactivar esta proteína y eliminar ciertas alteraciones o efectos adversos que se presentan en esos tumores, y reconoció que se requiere seguir estudiando el tema para brindar mejores oportunidades terapéuticas a los pacientes. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor de 84 millones de personas morirán a causa de cáncer de mama entre 2005 y 2015. En México es uno de los principales problemas de salud pública, ya que la última década la tasa de mortalidad aumentó en 11%. En nuestro país, se detectan 60,000 mil nuevos casos cada año, y 4,000 mueren por esta causa.

# INICIAN ACTIVIDADES POR 50 ANIVERSARIO DE FUNDACIÓN DEL DICTUS

El Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológica de la Universidad de Sonora (Dictus) elaboró un programa de actividades académicas orientadas a festejar el 50 aniversario de su fundación. La inauguración oficial estuvo a cargo del rector Heriberto Grijalva Monteverde, quien destacó el compromiso de esta comunidad científica, que a lo largo de su historia ha apoyado el desarrollo productivo del estado, y se ha dedicado a resolver problemas de la sociedad y formar recursos humanos especializados. Resaltó que a partir del 2004 se integró la Licenciatura en Biología, y en 2007, el posgrado en Biociencias. La incursión en la docencia vino a complementar el quehacer del Dictus, ya que la investigación y la docencia son actividades que no pueden estar separadas.

Por su parte, el jefe del Departamento, Marco Antonio López Torres, comentó que el 50 aniversario de esa unidad académica se conmemorará el 16 de enero de 2013, y a partir de hoy y hasta esa fecha se desarrollará un completo programa de actividades, desde conferencias magistrales, congresos, simposios y exposición de trabajos de investigación en carteles.

La principal aportación del Dictus al sector productivo es la camaronicultura; es decir, la producción de camarón en medios controlados, y actualmente, el Dictus cuenta con 46 investigadores en activo y seis más en formación.

En sus laboratorios se desarrollan 25 proyectos de investigación, en temas como biotecnología de lípidos, acuicultura, tecnología biomolecular, biodiversidad de organismos y zonas áridas, sólo por citar algunos.



# Licenciatura ingeniería en materiales

### OBJETIVOS GENERALES

Formar profesionistas que puedan emplear el conocimiento fundamental y aplicado acerca de los materiales de modo que éstos puedan ser convertidos en productos que la sociedad necesita o desea.

De acuerdo con este planteamiento, los objetivos específicos del programa son formar recursos humanos que tengan las siguientes características:

- Formación básica en ciencias física, química y matemáticas.
- Capacidad para investigar nuevos materiales, seleccionar y mejorar los ya conocidos mediante el desarrollo de un conocimiento más profundo de las relaciones entre: microestructura, composición y síntesis.
- Generar soluciones en el ramo de los materiales y su procesamiento, abarcando todo tipo de materiales: polímeros, cerámicos, metales y materiales compuestos, aplicados en industrias tan diversas como automotriz, alimenticia, agrícola, médica entre otras.

### ÁREAS DE ACENTUACIÓN

#### METALES

Materiales que tienen enlace metálico y en general buena ductilidad, resistencia y conductividad eléctrica.

#### CERÁMICAS

Grupo de materiales formados de elementos metálicos y no metálicos. Debido a las uniones iónicas y covalentes tienen punto de fusión alto, caracterizado por su buena

resistencia, y muy buenas propiedades de aislamiento térmico y eléctrico.

#### POLÍMEROS

Grupo de materiales que normalmente se obtienen uniendo moléculas orgánicas para formar cadenas o redes moleculares gigantes. Se caracterizan por tener baja resistencia, baja temperatura de fusión y mala conductividad eléctrica.

#### MATERIALES COMPUESTOS

Grupo de materiales obtenidos por mezclas de metales, cerámicos y polímeros, de tal forma que se obtengan combinaciones no frecuentes de propiedades.

### INFORMES:

Depto. Investigación en Polimeros y Materiales  
Edificio 3-G, Unidad Centro  
Blvd. Luis Encinas y Rosales,  
Hermosillo, Sonora, México  
Teléfono: (662)-2592161

Dra. María Mónica Castillo Ortega  
Dr. José Carmelo Encinas Encinas  
Correo-e: [ingmat@polimeros.uson.mx](mailto:ingmat@polimeros.uson.mx)  
Teléfono: (662)-2592105 y 2592106  
Universidad de Sonora



# LICENCIATURA EN INGENIERO METALÚRGICO

## OBJETIVO GENERAL

Formar profesionistas con la capacidad para participar en el creciente desarrollo de la Industria Minero-Metalúrgica y Metal-Mecánica de la región y del país.

Objetivos Específicos

Formar recursos humanos que tengan las siguientes características:

- Egresados que tengan una formación básica en Ciencias Físicas, Químicas y Matemáticas.
- Profesionistas que laboren en la Industria Metalúrgica en la operación y control de procesos.
- Egresados capaces de desarrollar y adaptar nuevas tecnologías en las Plantas Metalúrgicas.
- Profesionistas que aporten alternativas de solución a los problemas de carácter tecnológico en los Procesos Metalúrgicos.

**Los aspirantes a ingresar a la licenciatura de ingeniero metalúrgico deben tener las siguientes características:**

- Mostrar interés por la metalurgia y sus aplicaciones.
- Haber concluido íntegramente los estudios de bachillerato en las áreas de física, matemáticas o química.
- Capacidad de razonamiento, análisis y comprensión de la información técnica.
- Conciencia y preocupación sobre la preservación del medio ambiente.
- Visión y capacidad inventiva.
- Capacidad para trabajar en grupos interdisciplinarios.

## Áreas de Acentuación:

**Las áreas básicas complementan sus conocimientos teóricos con prácticas de laboratorio individuales por materia:**

Áreas de la Metalurgia: Metalurgia Extractiva, Metalurgia Física y Metalurgia de Transformación. De acuerdo al tipo de minerales tratados, se agrupan en: Metalurgia Ferrosa, Metalurgia No Ferrosa y Materiales Industriales o No Metálicos.

Metalurgia Extractiva: Área principal que corresponde al tratamiento primario de los minerales con el objeto de obtener los valores económicos de los mismos.

Metalurgia Física: Enfoque que se le da a la metalurgia dedicada al análisis físico y químico de las estructuras de las aleaciones, metales y minerales, para caracterizar sus propiedades.

Metalurgia de Transformación: Área dedicada a la adaptación de los materiales a un producto terminado, como puede ser balatas, varillas, etcétera.

## Perfil de Egreso

**Los egresados de la licenciatura en ingeniero metalúrgico son capaces de:**

- Implementar procedimientos y técnicas operativas

para la transformación de los minerales, metales y sus aleaciones.

- Optimizar procesos productivos de componentes minerales, metálicos semielaborados y terminados.
- Seleccionar los minerales, metales y sus aleaciones para aplicaciones específicas en ingeniería.
- Resolver problemas en las diversas áreas de la ingeniería donde se requiere la aplicación de minerales, metales y sus aleaciones.
- Integrarse al desarrollo y puesta en marcha de nuevas tecnologías, relacionadas con el procesamiento y aplicación de minerales, metales y sus aleaciones.
- Ejercer su profesión en un contexto de compromiso social, responsabilidad y ética profesional de forma sustentable.

**Los Estudiantes de Ing. Metalúrgica tienen acceso a lo siguiente:**

- Infraestructura. Se cuenta con laboratorios actualizados con tecnología de punta, centros de cómputos y aulas acondicionadas.
- Asociaciones e Instituciones ingenieriles. Tales como la Asociación de Ingenieros Mineros, Metalurgistas y Geólogos de México A.C. (AIMMGM, A.C.), TheMinerals, Metals and Materials Society (TMS), The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineering (AIME), además de reconocidos centros de investigación en el área de metalurgia, materiales, entre otros, a nivel estatal y nacional.
- Prácticas profesionales. El estudiante aplica los conocimientos adquiridos en el aula, mediante estancias en empresas del ramo de la Ingeniería en Materiales, Metal Mecánica, Polímeros, entre otras.

Planta Docente: El estudiante tiene acceso a profesores con estudios de posgrado con un alto nivel académico.

## INFORMES

M.C. LUIS ELISEO OCHOA VALENZUELA

Coordinador de Programa

Tel: 259-21-05 y 06

Correo: lochoa@iq.uson.mx

pagina web: www.uson.mx



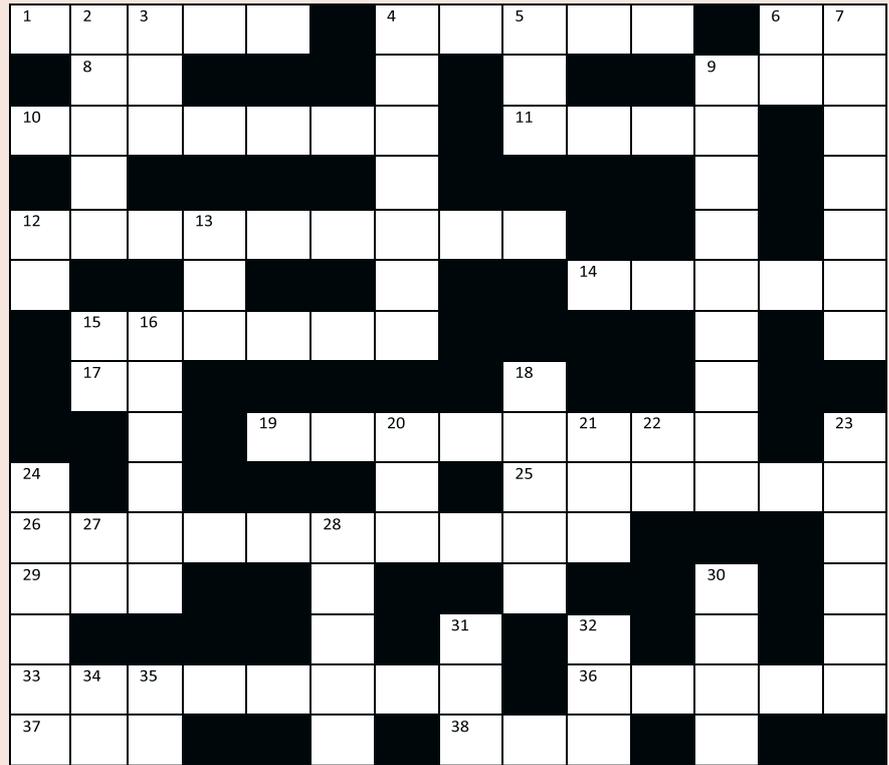
# CIENTIGRAMA

**Demuestra y afianza tu cultura científica y tecnológica aceptando el reto de resolver el siguiente crucigrama. Solución abajo en esta página.**

EMILIANO SALINAS COVARRUBIAS  
Departamento de Física  
esalinas@fisica.uson.mx

## Horizontales

- 1) Distintos aspectos que presenta la luna, vista desde la tierra.
- 4) Extremos del eje de rotación de la tierra.
- 6) Símbolo químico de la plata.
- 8) Símbolo químico del novelio.
- 9) Partes de un avión que lo sustentan en vuelo.
- 10) Agrupaciones de estrellas, nebulosas, polvo y gas que se esparcen por el universo.
- 11) Padre de los dioses de la mitología griega.
- 12) Elemento químico cuyo número atómico es 1 y principal constituyente del universo.
- 14) Padre de la ciencia ficción.
- 15) Cuerpo celeste de núcleo poco denso que sigue órbitas elípticas muy excéntricas alrededor del sol.
- 17) Símbolo químico del argón.
- 19) Propiedad de atracción mutua entre dos cuerpos en virtud de su masa.
- 25) Medio de identificar las diferentes frecuencias se la radiación, en espectroscopía.
- 26) Ciencia que estudia la constitución de los átomos así como sus posiciones y movimientos.
- 29) Iniciales de Luis Walter Álvarez, Premio Nobel (1968) por su estudio sobre las partículas elementales.
- 33) Cuerpo celeste que brilla con luz propia.
- 36) Segundo planeta más cercano a nuestro sol.
- 37) Cada una de las relaciones constantes y universales que intervienen en un fenómeno.
- 38) Iniciales de Svante Augusto Arrhenius, Premio Nobel (1903) por su "teoría electrolítica de la disociación".



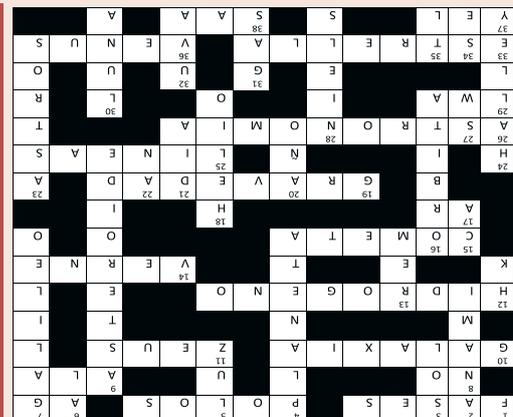
## VERTICALES

- 2) Convertir una sustancia en imán, invertido.
- 3) Estrella luminosa, centro de nuestro sistema planetario.
- 4) Cuerpo sólido celeste que se hace visible por la luz que refleja y que gira alrededor de una estrella.
- 5) Energía que hace visible todo lo que nos rodea.
- 6) Símbolo químico del aluminio.
- 7) Conocido como el padre de la astronomía moderna, de la física y de la ciencia en general.
- 9) Pequeños planetas cuyas órbitas, mayoritariamente, se encuentran comprendidas entre Marte y Júpiter.
- 12) Iniciales de Heike Kamerlingh, premio Nobel (1913) por su trabajo sobre las propiedades de la materia a bajas temperaturas.
- 13) Antigua unidad de dosis equivalente de radiación ionizante.
- 15) Símbolo químico de calcio.
- 16) Trayectoria que recorre un cuerpo alrededor de otro de mayor masa, debido a la acción de la gravedad.
- 18) Elemento químico con 2 de número atómico, inerte, incoloro, inodoro e insípido, gaseoso, muy ligero.

- 20) Periodo en que la Tierra da una vuelta alrededor del sol.
- 21) Periodo en que la tierra da una vuelta alrededor de su propio eje.
- 22) Símbolo químico del sodio, invertido.
- 23) Cuerpos celestes de forma bien determinada.
- 24) Primer cometa reconocido como periódico, se mueve en una órbita elíptica alargada alrededor del sol, con un periodo cercano a los 75 años.
- 27) Iniciales de Steven Weinberg, pre-

- mio Nobel (1979) por sus estudios sobre la interacción débil y electromagnética unificada.
- 28) Primer nombre del físico danés que contribuyó a la comprensión de la estructura del átomo y de la mecánica cuántica.
- 30) Satélite natural de la tierra.
- 31) Fluido que tiende a ocupar todo el espacio en que se encuentra.
- 32) Iniciales de Radiación ultravioleta de onda larga (400 nm - 320 nm).
- 34) Símbolo químico del selenio.
- 35) Símbolo químico del talio.

## SOLUCIÓN CIENTIGRAMA



## Departamento de Física

### CONVOCATORIA VERANO 2012

#### POSGRADO EN NANOTECNOLOGÍA

(Maestría y Doctorado)

Este es un programa integral, con características multidisciplinarias con el objetivo de formar recursos humanos a nivel de Maestros y Doctores en Nanotecnología, para apoyar la investigación y contribuir al desarrollo científico y tecnológico en áreas afines a la Nanotecnología

#### REQUISITOS PARA INGRESAR AL PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN NANOTECNOLOGÍA

1. Formato de solicitud (<http://posgrado.fisica.uson.mx/nanotecnologia/solicitud.pdf>) y presentar una carta de exposición de sus motivos de ingreso sobre el objeto de investigación en el área de la Nanotecnología.
2. Poseer estudios según sea el caso:
  - Para maestría: título profesional o acta de examen, en algún área afín a la Nanotecnología, como Ciencia de Materiales, Física, Biología, Química, Matemáticas, y/o Ingeniería afín (Química, Bioquímico, Sistemas, Materiales, Mecánica, Eléctrica, Electrónica, etc.) y certificado de calificaciones de licenciatura.
  - Para Doctorado: título de maestría o acta de examen en algún área afín a la Nanotecnología, como Ciencia de Materiales, Física, Biología, Química, Matemáticas, y/o Ingeniería afín (Química, Bioquímico, Sistemas, Materiales, Mecánica, Eléctrica, Electrónica, etc.) y certificado de calificaciones de maestría.
3. Promedio mínimo de 8.0 o su equivalente.
4. Presentar constancia vigente de aprobación de nivel 5 de inglés, asignado por el Departamento de Lenguas Extranjeras de la UNISON o su equivalente.
5. Para los aspirantes a Doctorado, presentar un anteproyecto de tesis y curriculum vitae del director. (utilizar formato \*)
6. Presentar examen de conocimientos en la fechas para maestría: el 2 de Agosto de 2012, y para doctorado: el 7 de agosto de 2012.
7. Asistir a una entrevista con el personal académico de investigación afín a su propuesta para que sean evaluados inicialmente. La Comisión Académica de Admisión dictaminará acerca de su proceso de ingreso, tomando en

consideración sus antecedentes y las recomendaciones de los investigadores que los entrevistará. Para la aceptación final el estudiante, deberá además tener una evaluación positiva en la entrevista con la Comisión Académica del Posgrado.

8. Los casos no previstos en la presente convocatoria serán resueltos por la Comisión Académica del Posgrado.

#### DOCUMENTOS A ENTREGAR

Además de los requisitos anteriores, los interesados deberán entregar lo siguiente:

1. Dos fotos tamaño infantil a color con fondo blanco.
2. Dos cartas de recomendación académica de Profesores Investigadores pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores (SNI).
3. Acta de nacimiento (original).
4. Clave Única de Registro de Población (CURP) para mexicanos; y para extranjeros, forma migratoria de estudiante que corresponda.
5. Credencial de elector (ambos lados) para mexicanos; pasaporte para extranjeros (copia).
6. Comprobante de domicilio (copia).

**El Programa de POSGRADO EN NANOTECNOLOGÍA promoverá solicitudes de beca ante el CONACyT para todos sus estudiantes aceptados.**

#### FECHAS RELATIVAS AL INGRESO.

**RECEPCIÓN DE SOLICITUDES:** Fecha límite el 1 de agosto de 2012.

#### ENTREVISTAS:

- Para Maestría: el 3 de Agosto de 2012.
  - Para doctorado: el 8 de agosto de 2012.
- RESULTADOS:** 15 de agosto de 2012.  
**INSCRIPCIÓN:** 20 al 22 de agosto de 2012.  
**INICIO DE CLASES:** 27 de agosto de 2012.

#### INFORMES

Coordinador del Posgrado en Nanotecnología  
Correo electrónico: [posgrado.nanotecnologia@correo.fisica.uson.mx](mailto:posgrado.nanotecnologia@correo.fisica.uson.mx)  
Departamento de Física, Unidad Regional Centro, Hermosillo Sonora, Tel (662)2592108



# SEMINARIO MINERO INTERNACIONAL

## Sonora 2012

Minería Pilar de Desarrollo  
Edición: Ing. Francisco Cendejas Cruz



## Distrito Sonora

DEL 23 AL 26 DE  
OCTUBRE DE 2012  
October 23<sup>th</sup> to  
26<sup>th</sup>, 2012

Expo-minera  
Conferencias magistrales  
Trabajos técnicos  
Excursiones técnicas  
Portafolio de negocios  
Actividades sociales



ASOCIACIÓN DE INGENIEROS DE MINAS,  
METALURGISTAS Y GEÓLOGOS DE MÉXICO, A.C., DISTRITO SONORA  
Guadalupe Victoria y Tabasco N° 191, 83190, Tel/Fax. (662) 2104589 y  
2104590, Hermosillo, Sonora, México  
[www.aimmgmac-son.org.mx](http://www.aimmgmac-son.org.mx) [contactoexpo@aimmgmac-son.org.mx](mailto:contactoexpo@aimmgmac-son.org.mx)