

# EPISTEMUS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD

UNIVERSIDAD DE SONORA, JUNIO 2010, NÚMERO 8



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD

BIOINGENIERÍA DE TEJIDOS

PLANTAS HALÓFITAS PERENNES

HISTORIA DE SISMOS EN SONORA

ANÁLISIS AMBIENTAL  
DE LA MINERÍA

BIOTECNOLOGÍA:  
MICROALGA ROJA

DESCUBRIMIENTOS DE  
DINOSAURIOS EN SONORA

SISTEMA DE GESTIÓN  
SUSTENTABLE EN LA INDUSTRIA

## LA MINERÍA EN SONORA



Indexada en:

Sistema Regional de Información  
en Línea para América Latina  
de Ciencias Exactas, de la Física, Químico y Biológico

latindex

ÍNDICE DE REVISTAS LATINOAMERICANAS EN CIENCIAS PERIÓDICA



## MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS (FÍSICA)

PNPC 2005-2010

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD DE SONORA



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

### OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE POSGRADO

Preparar personal con un profundo conocimiento de las leyes fundamentales de la Física, para ejercer labores docentes a nivel de especialidad, licenciatura y posgrado.

Capacitar personal para realizar actividades de investigación en diferentes áreas de la Física.

Formar personal con alta capacidad de trabajo e innovación, que le permita incidir en la solución de problemas de su competencia, relacionados con el sector productivo de la región y del país.

Educar al alumno para la utilización eficiente de equipo diverso de alta tecnología.

Desarrollar programas multidisciplinarios de investigación científica y tecnológica.

### PLAN DE ESTUDIOS DE MAESTRÍA

<b>Primer semestre</b> Mecánica Clásica Métodos Matemáticos Electrodinámica	<b>Segundo semestre</b> Mecánica Cuántica Mecánica Estadística Curso Optativo I
<b>Tercer semestre</b> Laboratorio Curso Optativo II Curso Optativo III	<b>Cuarto semestre</b> Curso Optativo IV

Al término del segundo semestre, el alumno debe haber concluido la escritura del proyecto de tesis ya que este es necesario para continuar en el programa de posgrado. Los cursos optativos están orientados a definir y cubrir los requerimientos del trabajo de tesis. Se espera que al finalizar el Plan de Estudios, el alumno concluya su trabajo de tesis.

### LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Propiedades espectroscópicas de defectos en materiales luminiscentes

Dosimetría

Vidrios y cerámicas

Respuesta dieléctrica y magnética de sólidos

Instrumentación electrónica

Propiedades eléctricas y ópticas de semiconductores

Propiedades ópticas de sistemas de baja y alta dimensionalidad

Óptica no lineal

Sistemas cuánticos confinados

Síntesis, caracterización y simulación computacional de nanopartículas

Cristales fotónicos y fonónicos

Astrofísica

Relatividad general

#### FECHAS DE INGRESO:

Febrero y Agosto de cada año

Se gestionarán becas ante CONACYT

#### MAYORES INFORMES:

Dr. Alvaro Posada Amarillas

Coordinador de los Programas de

Maestría y Doctorado en Ciencias (Física)

Departamento de Investigación en Física (Edificio 3I)

Tel. +52 662 259-2156

e-mail: [posada@cifus.uson.mx](mailto:posada@cifus.uson.mx)

<http://posgrado.cifus.uson.mx>



# CONTENIDO

<b>DIRECTORIO</b>	<b>2</b>
<b>EDITORIAL</b>	<b>3</b>
<b>BASES</b>	<b>4</b>

## INVESTIGACIÓN

	<b>COSTO ENERGÉTICO Y ASIGNACIÓN DE RECURSOS EN HALÓFITAS PERENNES.</b>	<b>5</b>
	Julio César Duarte Ruiz	
	<b>MICROALGA ROJA RHODOSORUS MARINUS: FUENTE DE MOLÉCULAS DE INTERÉS BIOTECNOLÓGICO.</b>	<b>13</b>
	G. Adriana Básaca-Ioya, María G. Burboa Zazueta, Mario E. Álvarez R., Luis E. Gutiérrez Millán, Miguel A. Valdés Covarrubias	
	<b>¿CONDUCTOR DE LA ELECTRICIDAD O SEMICONDUCTOR? UN MÉTODO PARA ENCONTRAR LA RESPUESTA</b>	<b>19</b>
	Jesús Filiberto Sabori Parra	
	<b>BIOINGENIERÍA DE TEJIDOS: APLICACIONES EN LA RESTAURACIÓN DE TEJIDO ÓSEO</b>	<b>23</b>
	Martín Antonio Encinas Romero	
	<b>USO DE SERVICIOS DE SALUD POR PACIENTES CON ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA.</b>	<b>27</b>
	María Jesús Yesenia Acuña Ruiz, María Eugenia Garza Elizondo.	

## DESDE LA ACADEMIA

	<b>¿POR QUÉ ES IMPORTANTE REDUCIR EL USO DEL MERCURIO.</b>	<b>33</b>
	Elsa Yael Castillo Cruz, Clara Rosalía Álvarez Chávez	
	<b>EL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA SUSTENTABILIDAD.</b>	<b>36</b>
	Amina Marín Martínez, Nora Elba Munguía Vega, Luis Eduardo Velázquez Contreras	
	<b>METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS AMBIENTAL Y VALORACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA MINERÍA EN EL ENTORNO GLOBAL.</b>	<b>42</b>
	Sergio Alan Moreno Zazueta, Juan Manuel Rodríguez Zavala	
	<b>MATERIALES PARA DOSIMETRÍA TERMOLUMINISCENTE.</b>	<b>50</b>
	Iliana Celina I. Muñoz Palma, Francisco Brown Bojórquez, Francisca Ofelia Muñoz Osuna, Carmen Alicia Villegas Osuna.	

	<b>CARTAS ANTROPOMÉTRICAS DE LOS ALUMNOS DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA, UNIDAD REGIONAL CENTRO.</b>	<b>54</b>
	Martina Elisa Platt Borbon, Rafael Castillo Ortega, Francisca Pedroza, Carlos Alberto Tiznado	

## POLÍTICAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

	<b>EL CAMBIO CLIMÁTICO, UNA AMENAZA PARA EL BIENESTAR HUMANO.</b>	<b>60</b>
	Salvador Ponce Serrano	
	<b>LOS TRANSGÉNICOS EN EL ESTADO DE SONORA: IMPLICACIONES.</b>	<b>67</b>
	Eduardo Pablo Canseco Vilchis	

## CTS-EPISTEMUS

	<b>NUEVOS DESCUBRIMIENTOS DE DINOSAURIOS EN SONORA: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, EDUCACIÓN, CULTURA Y DESARROLLO REGIONAL.</b>	<b>71</b>
	Rafael Pacheco Rodríguez, Carlos M. González León, René Hernández Rivera	
	<b>¿ES POSIBLE UN UNIVERSO DE DOS TIEMPOS Y DOS ESPACIOS?</b>	<b>76</b>
	Juan Antonio Nieto García	
	<b>SISMOS EN SONORA: BREVE HISTORIA DE TEMBLORES EN SONORA, EL TERREMOTO DE 1887.</b>	<b>79</b>
	Recopilación de la obra de Carlos Lucero Aja.	
	<b>LOS DINOSAURIOS, UN MAGNÍFICO PRETEXTO PARA HABLAR DE CIENCIA.</b>	<b>85</b>
	Rafael Pacheco Rodríguez	
	<b>SOCIALIZAR EL CONOCIMIENTO, LA UTOPIA INDISPENSABLE.</b>	<b>89</b>
	Colaboración de Carlos Vogt	
	<b>SONORA: ESTADO MINERO DE MÉXICO.</b>	<b>91</b>
	Víctor M. Calles Montijo	
	<b>BREVIARIOS DE CIENCIA.</b>	<b>96</b>
	Emiliano Salinas Covarrubias	
	<b>NOTI-INGENIO</b>	<b>98</b>
	Energía solar fotovoltaica para viviendas rurales de Bámuc, Sonora. / Foro universitario del agua 2010. / El XLII Concurso Regional de Física y Matemáticas "José Luis Marín Flores".	
	<b>CIENTIGRAMA</b>	<b>101</b>

# EPISTEMUS



## UNIVERSIDAD DE SONORA

EPISTEMUS es una publicación de divulgación científica y tecnológica de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro. Su edición es semestral, con un tiraje de 1000 ejemplares los cuales se distribuyen en todo el País.

La versión electrónica puede consultarse en la página web de la Universidad de Sonora: <http://www.uson.mx>, o bien en <http://www.ingenierias> (números anteriores). La responsabilidad de los artículos publicados es exclusiva de sus autores. Su contenido no representa necesariamente el punto de vista de la institución.

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 en Ciencias: PERIÓDICA por lo que se tiene acceso a la edición a nivel internacional.

## REGISTRO DE RESERVA DE DERECHOS

Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 173, 174, 175 y 189 de la Ley Federal del Derecho de Autor, 70 y 77 de su reglamento, el Instituto Nacional del Derecho de Autor, de la Secretaría de Educación Pública, otorgó el Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo en el género de Publicaciones Periódicas a la revista EPISTEMUS con la Reserva: 04-2010-020313043300. El ISSN está en trámite.

## DIRECCIÓN

**REVISTA EPISTEMUS** Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y Rosales, Colonia Centro. Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83000. Teléfono: 01662 2592157. Correo: [pacheco@coreom.uson.mx](mailto:pacheco@coreom.uson.mx)  
Atn. Rafael Pacheco Rodríguez



## UNIVERSIDAD DE SONORA

Dr. Heriberto Grijalva Monteverde  
Rector  
Dr. Enrique F. Velázquez Contreras  
Secretario General Académico  
M.E. Rosa Elena Trujillo Llanes  
Secretaria 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

Dr. Jesús Leobardo Valenzuela García  
Dr. Mario Onofre Cortez Rocha  
M.C. Miguel Ángel Moreno Núñez

## DIRECCIÓN EJECUTIVA

Ing. Rafael Pacheco Rodríguez

## DIRECCIÓN EDITORIAL

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

## COMITE EDITORIAL (En este número)

Dr. Raul Pérez Enríquez.  
M.C. María de los Angeles Navarrete Hinojosa  
M.C. René Hernández Rivera  
M.C. Sandra M. Gómez Cuadras  
Dra. Laura Lorenia Yeomans Reyna  
Dr. Jesús Leobardo Valenzuela García  
Dr. Eduardo Verdín López  
Dra. Beatriz del Carmen Castañeda Medina  
M. A. Mario Guzmán Márquez  
Dr. Alfredo Padilla Barba

## CORRECCIÓN DE ESTILO

Emiliano Salinas C., Sandra M Gómez C.

## DISEÑO

LDG Benito Montaña y Gpe. Lousiana Contreras

## IMPRESIÓN

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

La revista Epistemus editó su primer número en el 2006, como una estrategia de la Universidad de Sonora para dar a conocer a los diferentes sectores de la sociedad las actividades académicas en los rubros de ciencia, tecnología y salud. Tiene como objetivo fomentar una cultura científica y tecnológica y contribuir al abatimiento del analfabetismo científico de la sociedad.

En esta edición se abordan temas de relevante interés en las áreas de alimentos, biotecnología, materiales, bioingeniería, salud, industria, minería, cambio climático, paleontología, sismos en Sonora, el universo, entre otros.

En la sección de *Investigación* se analizan las plantas halófitas y la potencialidad de su explotación como alternativa para las zonas costeras del estado de Sonora. Y qué decir de los cultivos de microalgas rojas las cuales son fuente de moléculas de gran interés biotecnológico, se reportan los resultados de investigación.

Por otra parte, el conocimiento y la fabricación de nuevos materiales han cobrado enorme importancia en los tiempos actuales, sobre todo, en la industria de la tecnología electrónica, se explica una herramienta para clasificar materiales que conducen la corriente eléctrica. Los defectos óseos relacionados con una lesión, enfermedad y/o desordenes congénitos, continúa siendo un problema importante de salud hoy en día. Con el desarrollo de esta tecnología, será posible regenerar o reparar tejidos dañados que van desde hueso, cartílago, vasos sanguíneos, piel, etcétera. La investigación en bioingeniería de tejidos aporta soluciones a la restauración del sistema óseo. El tema de salud es fundamental en Epistemus, ¿sabe usted que La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), ocasiona cada año aproximadamente 2.75 millones de fallecimientos mundialmente?. En México ocupa el 5º lugar como causa de muerte general, mientras que en el Estado de Sonora es la octava causa de muerte. El estudio presenta el uso de los servicios de salud en pacientes.

En la sección *Desde la Academia* se trata el tema del desarrollo de la industria en el Estado, se presenta un análisis de la situación actual en la rama de autopartes de algunas empresas de la ciudad de Hermosillo, Sonora, se proponen programas de seguridad y salud para lograr un sistema de producción sustentable. Un tema obligado es hablar de la minería en Sonora, ya que es innegable que la minería tiene un efecto significativo en el medio ambiente. Se proponen herramientas para proporcionar una visión al empresario de las medidas aplicables al proceso para disminuir dichos efectos. La dosimetría termoluminiscente se ha desarrollado activamente en los últimos tres decenios llegando a desplazar a otras técnicas debido a sus aplicaciones prácticas, como

la vigilancia radiológica del personal ocupacionalmente expuesto y la medición de la radiación ambiental. La finalidad es mostrar el principio, los requerimientos y diversos usos de los materiales. Finaliza la sección con la ergonomía la cual, es una herramienta indispensable, tanto en el proceso de diseño de un producto, como para medir los resultados de unas determinadas condiciones de trabajo en lo que a productividad y eficiencia se refiere.

En la sección de *Políticas de ciencia y tecnología* se aborda un tema preocupante, el cambio climático como una amenaza al bienestar humano. Se expone la necesidad de la búsqueda y generación de nuevos conocimientos para controlar este grave problema mundial. Los Transgénicos en Sonora y sus implicaciones es un tema polémico acerca de las ventajas y desventajas de su uso y de los efectos positivos o negativos en los seres humanos y el medio ambiente. El artículo tiene la finalidad de dar a conocer sus ventajas y sus desventajas, así como las posibilidades a futuro de la biotecnología agrícola en la alimentación y de salud humana.

En la sección de *Ciencia y tecnología y sociedad* (CTS-Epistemus) se abordan temas diversos como los nuevos descubrimientos de dinosaurios en Sonora, lo que viene a aportar una gama de conocimientos sobre estos seres extraordinarios que habitaron el planeta por 165 millones de años. Le sigue una colaboración para promover la cultura científica de la sociedad, tomando como pretexto el mundo de los dinosaurios pues a través de ellos y de la historia del planeta se puede hablar de la física, la biología, la geología, la paleontología, la astronomía, entre otras. Un fenómeno natural que ha puesto en alerta al mundo son los terremotos, pues en el inicio del presente año se suscitaron sismos en todo el planeta, sobre todo en América, lo que ocasionó la pérdida de miles vidas como en Haití y Chile. ¿Sabía usted que la historia nos dice que el estado de Sonora también es zona sísmica?, este documento lo confirma: breve historia de los sismos en Sonora.

El estado de Sonora tiene una tradición minera, en sus entrañas guarda los yacimientos más importantes de México en cobre, oro, grafito, wallastonita, entre otros. Se expone un panorama general de su riqueza minera y su importancia para el desarrollo del Estado. Finalmente, se incluyen las secciones tradicionales de Epistemus: Breviarios de ciencia, una forma sencilla de explicar un fenómeno, y si le gusta medir su nivel de conocimientos en las áreas de la ciencia, resuelva el Cientigrama. Por último se mencionan las noticias más relevantes a través de Noti-ingenio.

Esperamos sean de su interés.

La educación, la ciencia y tecnología son consideradas 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 que tiene 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, en forma comprensible, 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 finalidad de fortalecer la educación, la cultura científica y 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

A los sectores relacionados con la educación y la investigación, a empresarios, a dependencias gubernamentales, estudiantes de nivel medio superior y superior y sociedad en general.

### CONTENIDO DE LA REVISTA

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

### 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.
- 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 divulgación, comprensible para un público no especializado de nivel bachillerato aproximadamente, empresarios y profesionistas de otras especialidades.

### ARBITRAJE

#### Comprende dos aspectos:

1. Arbitraje académico: En todos los casos, los artículos serán arbitrados por pares académicos.
  2. Arbitraje de divulgación: Se procurará que el lenguaje y el significado de lo expuesto no pierda la idea original al tratarlos como artículos de divulgación, para ello se contará con el apoyo en el arbitraje de académicos expertos en divulgación científica.
- Se les sugerirán adecuaciones, modificaciones y sugerencias 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 15 cuartillas, con figuras y fotos.
- Incluir fotos y gráficos de buena calidad en jpg o tiff de máxima resolución.
- 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 mayores de 3 por párrafo.
- 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 del contenido y 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.
- Cuando la colaboración sea en la modalidad de ensayo, hacer uso de subtítulos que faciliten la lectura del texto.
- Para la presentación del artículo deberá de ser en dos versiones: electrónica e impresa en papel, las cuales deberán enviarse al director de la revista, al correo: pacheco@co-reom.uson.mx.
- De publicarse el artículo, el autor deberá firmar 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.

### FECHAS DE RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS

- Fecha límite de recepción de artículos: 30 de septiembre de 2010.
- Diseño e impresión: Noviembre 2010

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



## **COSTO ENERGÉTICO Y ASIGNACIÓN DE RECURSOS EN HALÓFITAS PERENNES**

### CULTIVOS ALTERNATIVOS DE PLANTAS TOLERANTES A LA SALINIDAD Y A LA SEQUÍA

JULIO CÉSAR DUARTE RUIZ

Las halófitas (halo=sal, phyte=planta), son vegetales que poseen un mecanismo regulador para manejar las sales y funcionan en tres formas: pueden excluir, excretar o almacenar las sales. En este trabajo, se aborda la potencialidad de las halófitas perennes para la asignación de recursos en ambientes que resultan desfavorables para las plantas convencionales (glicófitas), y las posibilidades de su explotación como alternativa para las zonas costeras del estado de Sonora.

M.I. JULIO CÉSAR DUARTE RUIZ  
Ingeniero Agrónomo Fitotecnista,  
Maestro en Ingeniería, especialidad en  
Administración de Recursos Hidráulicos.  
Depto. de Ciencias Químico Biológicas y Agropecuarias.  
Unidad Regional Sur, Universidad de Sonora.  
Correo: jcduarte@navojoa.uson.mx



## INTRODUCCIÓN

La salinidad reduce la capacidad de las plantas para tomar el agua y esto es causa de una rápida disminución en su crecimiento comparable con los cambios metabólicos causados por la sequía o estrés ocasionado por la falta de agua. (16). Según el glosario de términos forestales (17), las halófitas tienen su hábitat en suelos de alta salinidad y tienen hábitos xerófilos.

Las halófitas por consiguiente, tienen un amplio rango de tolerancia eurihalina entre 2,000 y 40,000 ppm y su respuesta de crecimiento varía mucho bajo condiciones ambientales diferentes (3); esto hace que puedan sobrevivir en salinidades mayores que la del agua de mar. Las plantas tolerantes a la sal difieren de las plantas sensibles, porque tienen un bajo índice de transporte de iones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  en las hojas, y su capacidad de almacenarlos en las vacuolas para prevenir su acumulación en el citoplasma y las paredes celulares, evitando la toxicidad por sales. (16)

La productividad de las halófitas en términos de biomasa es alta, debido a esto algunas especies aparentemente tienen potencial para desarrollar la agricultura en regiones desérticas y zonas costeras. Algunos productos como forraje o pasturas para alimentación animal se obtienen a partir de halófitas y uno de los usos que más prometen pueden ser como oleaginosas en la producción industrial de aceites comestibles para consumo humano. Otro de los usos como ornamentales de con fines estéticos se pueden generalizar en zonas urbanas y turísticas, para mejorar la arquitectura del paisaje en zonas costeras y como resguardo de la fauna silvestre con fines de conservación (3).

El punto crítico para las sales en los cultivos agrícolas convencionales (glicófitas) es de 3,000 ppm, puesto que son especies derivadas principalmente de "ancestros de agua dulce" las cuales no tienen un desarrollo adecuado en suelos de alta salinidad. (27)

## LA REGIÓN SONORENSE

Las características fisiográficas del estado de Sonora, situado en una franja climática donde se han formado los grandes desiertos siguiendo el paralelo  $30^\circ$  de latitud norte en el planisferio terrestre (15); han convertido al territorio sonorenses, en una región de grandes planicies costeras con una extensión de 1,207.8 km de litoral, siendo el ambiente propicio para la adaptación y el establecimiento de especies tolerantes a la salinidad y a la sequía, factores ambientales limitantes de la región. Y donde las halófitas ofrecen un gran potencial.

A nivel mundial casi 2 millones de hectáreas al año se pierden por intrusión salina con rangos entre 5,000-10,000 ppm, y en el estado de Sonora, de aproximadamente 650,000 hectáreas de suelos agrícolas de riego, el 37.3% enfrentan algún grado de salinidad (14). Esta situación alcanza niveles críticos en la región de Caborca, Costa de Hermosillo, Valle de Guaymas y en menor escala en los Valles del Yaqui y Mayo.

La precipitación media anual es otro factor importante, en la región costera noroeste es de 150 mm, en la región central norte a sur de 390 mm y en las zonas altas de las cuencas de los ríos Yaqui y Mayo es de 603 mm. (19). Se presentan dos temporadas de lluvias, una durante el verano y otra en invierno, esta última se presenta con una distribución irregular, fenómeno que se atribuye al aumento en la temperatura de las corrientes interoceánicas del pacífico sur.

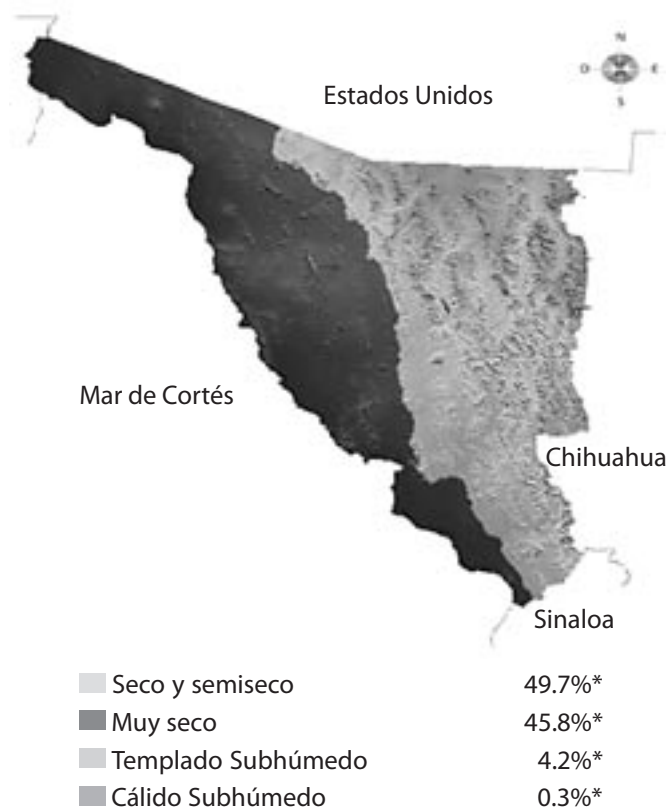
Bajo estas condiciones, Sonora presenta hasta un 72% de características desérticas y semidesérticas. Sus climas son predominantemente secos y muy secos en la mayor parte del estado, se caracterizan por sus altas temperaturas y escasa precipitación (Figura 1). Sin embargo, la historia geológica evolutiva ha permitido la conformación de muy extensos valles en donde se ha desarrollado la agricultura



de riego con el aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas de diversas cuencas hidrográficas distribuidas en 5 subregiones hidrográficas. (4,18)

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo consiste en estudiar y analizar estrategias de asignación de recursos en halófitas perennes como respuesta al estrés provocado por la salinidad y la sequía, así como resaltar su potencial alternativo a los cultivos agrícolas convencionales.

Figura 1. Climas predominantes en el estado de Sonora



\*Referido al total de la superficie estatal.

Fuente: Carta de Climas 1:1 000 000. (13)

## RESPUESTA DE LAS PLANTAS AL ESTRÉS HÍDRICO Y SALINO

El estrés o restricciones ambientales a que están sujetas las plantas en su crecimiento, se define como las limitantes externas que frenan o reducen la tasa de producción de toda la vegetación o parte de ella (12). Por otra parte, en un trabajo de revisión sobre la respuesta de las plantas a los factores ambientales (5), se discute que las comunidades vegetales se componen de especies con características fisiológicas y requerimientos diferentes, en consecuencia, cada grupo de plantas puede estar limitado por una diversa combinación de recursos. Cada especie presenta una respuesta diferente a las variaciones anuales del ambiente,

años que son favorables para el crecimiento de algunas especies resultan desfavorables para otras, debido a que las plantas responden a interacciones de competencia por el espacio, energía, agua y nutrientes. Por otro lado, el balance carbón:nitrógeno de una planta determina no solo su propio patrón de adquisición y uso de los recursos, sino también de su vulnerabilidad al ataque de insectos y patógenos. Entonces, su evolución morfológica y defensas químicas contra sus enemigos naturales implican una proposición costosa. La defensa química requiere de gastos metabólicos que pueden ser grandes si las concentraciones de compuestos defensivos son altos o si son rápidamente reciclados. En general, las asignaciones de defensa incrementan con el estrés ambiental, especies de ambientes estresados han reducido su potencial de crecimiento aún bajo condiciones favorables y los tejidos que producen son de larga vida. Altos niveles de defensa en estas plantas, se presume, incrementan la probabilidad de que persistan más allá de su potencial esperanza de vida. Sin embargo, la mayoría de los ambientes naturales están agotados con respecto a más de uno de los recursos, y la naturaleza del estrés cambia con el lugar y el tiempo.

Estudios realizados refieren que cuando una planta esta expuesta a la salinidad, en los primeros segundos o minutos las células pierden agua y se encogen, después de horas y días, las células de hojas y raíces presentan bajas tasas de crecimiento y en las especies más sensibles estos órganos llegan a morir (16), no obstante, los índices de producción de hojas jóvenes pudieran aún no diferir entre los genotipos; pero después de meses, las diferencias entre plantas con bajos y altos índices de adquisición de sales llegan a ser muy evidentes con una gran cantidad de lesiones y muerte en los casos de altos niveles de salinidad. (Tabla 1)

Tabla 1. Respuesta de las plantas a la salinidad en diferentes escalas de tiempo. Los efectos en una planta tolerante a sales son básicamente idénticos debido al déficit de agua en el suelo.

TIEMPO	EFFECTOS POR ESTRÉS HÍDRICO	EFFECTOS POR SALES ESPECÍFICAS
	Efectos en una planta tolerante a sales	Efectos adicionales en una planta sensible a sales
Minutos	Reducción inmediata en el alargamiento de la hoja y de la raíz con una recuperación parcial rápida	
Horas	Se estabiliza pero reduce el índice del alargamiento de la hoja y de la raíz	
Días	Tamaño de hojas más afectado que de la raíz, índice reducido de hojas emergentes	Lesiones visibles en hojas más recientes
Semanas	Tamaño de hojas y/o número de tallos laterales reducidos	Muerte de hojas mas viejas
Meses	Época de floración alterada y baja producción de semilla	Muerte de hojas jóvenes, la planta puede morir antes de la maduración de las semillas



Un trabajo para evaluar los efectos del estrés por sales en las plantas (25), se clasifican a estos en primarios y secundarios: los primarios se manifiestan en déficit hídrico y desequilibrio iónico, en el NaCl que es la sal predominante, el  $\text{Na}^+$  reduce la asimilación del  $\text{K}^+$  resultando en su deficiencia. Los efectos secundarios reducen la expansión de la célula, el metabolismo del carbono o fotofosforilación y la producción de moléculas o iones de oxígeno reactivo (ROS). Los ROSs son productos de la fotorespiración y la respiración mitocondrial cuando el flujo de electrones es bastante grande para los electrones que acepta el metabolismo. Son potentes oxidantes que pueden conducir a la muerte de las células debido a la peroxidación de lípidos (destrucción de membranas), oxidación de proteínas, inactivación de enzimas y daños a los ácidos nucleicos ARN (ácido ribonucleico)/ADN (ácido desoxirribonucleico). En el caso de las halófitas, se considera que los caminos por los cuales los iones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  entran en las células, pueden involucrar canales transportadores de iones y pinocitosis a través del tonoplasto de las vacuolas, una vez dentro funcionan antiportadores de  $\text{Na}^+$  que en las glicófitas están ausentes modificando la composición de lípidos en la membrana vacuolar y que éstos evitan la salida de  $\text{Na}^+$  de regreso al citoplasma. (11)

En revisión sobre tolerancia a la salinidad de las plantas (6), se discute que tanto en halófitas como glicófitas los efectos de la salinidad dependen de factores externos que afectan las tasas de asimilación de carbono y que esto involucra también a la actividad estomática. Por otra parte, algunos autores (20) consideraron los efectos del estrés salino en el intercambio gaseoso de *Phaseolus vulgaris* (frijol común), bajo condiciones de bajo crecimiento y acumulación de  $\text{Cl}^-$  en sus hojas. Las limitaciones estomáticas se manifestaron en un decremento de  $\text{CO}_2$  y carbono intercelular con efectos en la reducción de los procesos fotoquímicos.

En un tercio de las familias de angiospermas existen

especies tolerantes a sales, sin embargo, alrededor de la mitad de las 500 especies de halófitas pertenecen a 20 familias, 45 géneros de monocotiledóneas a la familia Poaceae, y de dicotiledóneas el 44% de los géneros son de la familia Chenopodiaceae. (25)

### **COSTO ENERGÉTICO Y ASIGNACIÓN DE RECURSOS EN HALÓFITAS PERENNES**

La asignación de recursos se refiere a la distribución en una planta del Carbono, Nitrógeno y otros nutrientes en sus diferentes órganos, en los cuales realizan funciones esenciales tales como: fotosíntesis, adquisición de nutrientes o reproducción. Por consiguiente, la asignación de recursos incluye calcular la cantidad de energía necesaria para elaborar y mantener un tejido específico, por lo cual, los costos de construcción han sido definidos como la cantidad de glucosa requerida para proveer de Carbono y Trifosfato de Adenosina (ATP) para la producción de compuestos orgánicos (21,26).

Estas estimaciones explican entonces la liga entre la fijación del Carbono y los cambios en la Biomasa (7), sin embargo, cuando las plantas convierten reducidas cantidades de carbón (por el sombreado o herbívoros que quitan tejido fotosintético) o tienen un exceso relativo de nitrógeno, lo compensan produciendo proporcionalmente más tallos y menos material radicular. De otra forma, cuando las limitaciones de nutrientes conducen a concentraciones de nutrientes bajas y a la acumulación de carbohidratos, las plantas responden aumentando su asignación de energía al crecimiento de la raíz, conduciendo a un balance más favorable de la relación carbono:nutriente. (5)

Estudiando costos de construcción en *Avicennia germinans* (mangle negro) como efecto de la salinidad y la sequía bajo condiciones de campo (22), se encontró una significativa correlación negativa entre el impacto por los

costos de Construcción de Carbono (CC) y de Mantenimiento de Carbono (MC) en las hojas. El potencial osmótico  $\psi_s$  declinó, y los cambios de CC en promedio fueron hasta de 15% cuando  $\psi_s = 85\%$ , en contraste, el calor de combustión por unidad de masa seca libre de cenizas seguía siendo relativamente constante,  $21.3 \pm 0.9 \text{ kJ/g}$ , donde  $1 \text{ kJ} = 0.23892 \text{ kcal}$ . En un trabajo anterior (23) realizado en *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Rhizophora mangle* (mangle rojo) en su hábitat natural, los valores más altos de osmolalidad en hojas de mangle se presentaron en *A. germinans* (1693 mmol/kg) y los más bajos en *L. racemosa* (1270 mmol/kg). En las tres especies, los contenidos máximos de clorofila ( $\text{Chl}_{a+b}$ ) y Nitrógeno (N) por unidad de área se dieron en hojas adultas y tendieron a declinar con la edad. En conclusión, *L. racemosa* tuvo menos costos de construcción, mientras que *A. germinans* y *R. mangle* presentaron los más altos índices de Construcción de Carbono-masa (CCm) y Construcción de Carbono-área (CCa) de la hoja respectivamente.

Estimando producción de Biomasa en *Distichlis spicata* (zacate salado) regado con 30g/l de agua de mar (10), se obtuvo entre 5.2 y 9.5 toneladas por hectárea (ton/ha) en Delaware, U.S.A. Rendimientos considerados dentro del rango de producción de los forrajes convencionales. Por otro lado, se propuso *Inula crithmoides* (hierba del cólico, romero marino) un arbusto halófito perenne como una planta para uso forrajero. En experimentos realizados a pequeña escala regado con agua de mar 40 dS/m y 24 g/l extrapolaron una producción de 4 ton/ha de Biomasa. (29)

Resultados obtenidos por varios autores (2), muestran que la variación en el crecimiento y fisiología de *Allenrolfea occidentalis* (chamizo), están directamente relacionados con el estrés por salinidad del suelo. El estudio se realizó entre los meses de mayo a noviembre, la producción de materia seca en hojas, vástagos y raíz, aumentó hasta alcanzar su pico máximo durante el mes de agosto cuando el índice de salinidad estaba en su punto más alto de acuerdo a las gráficas de la figura 2.

*A. occidentalis* mostró también una progresiva succulencia, la cual se considera que contribuye a la regulación de las sales por incremento del volumen vacuolar favorable a la acumulación de iones. (1)

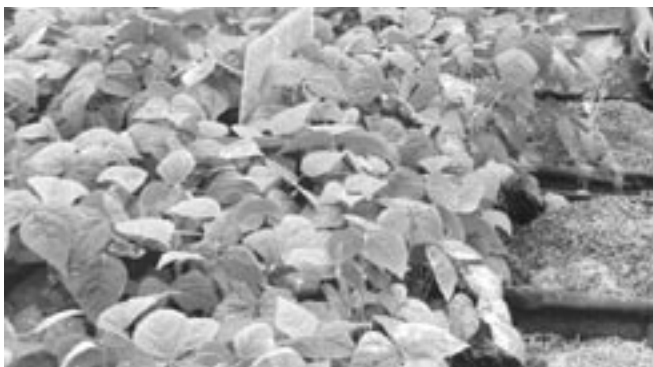
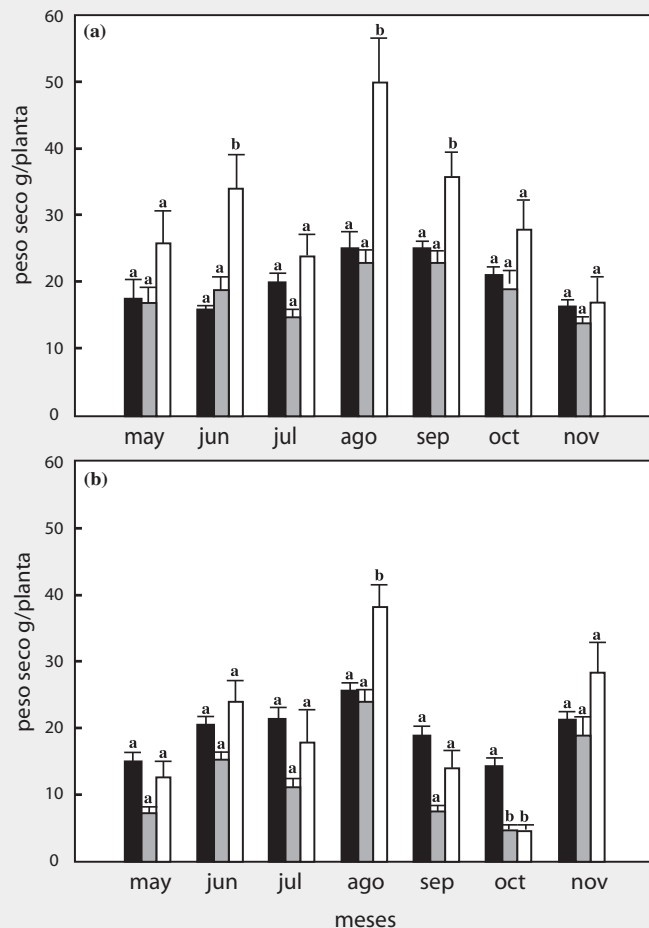


Figura 2. Patrón estacional de peso seco (g/planta) de la hoja, del vástago y de la raíz de plantas recolectadas de una

comunidad de *Allenrolfea occidentalis* en 1996(a) y 1997(b). Las barras representan la media  $\pm$  S.E. (error estándar). Las letras sobre las barras representan diferencias significativas entre los tratamientos.



Fuente: (2)

Probando la respuesta en producción de biomasa de ocho especies de diferentes familias de halófitas; *Avicennia germinans* familia: *Avicenniaceae*; *Aster tripolium* (tripolio), fam. *Asteraceae*; *Batis maritima* (deditos, barilla), fam. *Batidaceae*; *Limoniastrum multiflorum* (salado) fam. *Plumbaginaceae*; *Rottboellia fasciculata* (zacate peludo), fam. *Poaceae*; *Sesuvium verrucosum* (siempre viva), fam. *Aizoaceae*; *Sesuvium portulacastrum* (verdolaga de playa), fam. *Aizoaceae*; y *Spartina alterniflora* (espartillo), fam. *Poaceae*; regadas con agua de mar en 5 concentraciones diferentes (0% control, 25%; 50%; 75% y 100%) bajo condiciones de invernadero. Algunos autores (8), encontraron que la mayoría de las especies tuvieron su máxima producción de biomasa en tratamientos de baja salinidad y en altas concentraciones de agua salada redujeron el crecimiento de todas las especies. *R. fasciculata*; *S. portulacastrum* y *S. verrucosum* tuvieron la máxima producción en la concentración de 25%, mientras que *A. germinans* y *B. maritima* mostraron los máximos rendimientos en el tratamiento de 50% de agua



de mar, sin embargo, *A. tripolium* y *S. alterniflora* produjeron el máximo de peso seco en el tratamiento de control. (Tabla 2)

Tabla 2. Producción de materia seca (g) en tallos y raíces de plantas en los cinco tratamientos.

Especies	0%		25%		50%		75%		100%	
	tallo	raíz	tallo	raíz	tallo	raíz	tallo	raíz	tallo	raíz
<b>Aster tripolium</b>	21.4	8.2	12.3	4.9	8.6	4.9	10.8	4.5	4.6	2.8
<b>Avicennia germinans</b>	2.0	1.6	2.5	2.1	2.9	1.9	1.4	0.9	1.3	0.9
<b>Batis maritima</b>	6.3	2.6	7.1	2.8	10.1	3.3	9.6	2.3	9.1	2.1
<b>Limoniastrum multiflorum</b>	10.8	3.0	13.0	2.8	8.9	2.1	8.5	2.0	7.9	2.5
<b>Rottboellia fasciculata</b>	11.0	3.0	13.2	1.5	12.5	1.8	7.8	1.5	7.7	2.2
<b>Sesuvium verrucosum</b>	5.3	1.5	5.5	1.1	4.6	1.0	3.2	0.6	3.1	0.7
<b>Sesuvium portulacastrum</b>	3.5	0.5	3.8	0.5	3.3	0.4	2.5	0.3	1.7	0.2
<b>Spartina alterniflora</b>	40.7	53.7	20.6	25.8	16.9	22.9	14.5	21.9	8.8	18.1

Fuente: (Daoud et al, 2001)

## USOS POTENCIALES DE HALÓFITAS PERENNES COMPARADO CON ESPECIES DE GLICÓFITAS CULTIVADAS

Investigaciones en pastos perennes han resaltado la importancia de especies como *Distichlis palmeri* (nipa), con el uso y comercio de sus granos comestibles por los indios Cucapá desde finales del siglo XIX al norte del delta del Río Colorado en Norteamérica. El grano de *D. palmeri* es rico en fibra, bajo en contenido de sal (similar al trigo) y puede ser usado para hacer panes, galletas o bisquets. Aunque el ganado consume el pasto, el cual se usa como forraje de emergencia debido a las puntas firmes y puntiagudas de sus hojas (27). *Distichlis spicata* (zacate salado) es otro pasto estudiado el cual ha sido utilizado con éxito para fines forrajeros y de restauración ambiental en el Lago de Texcoco, estado de México. Ambos zacates crecen en las costas desérticas de Sonora y el Golfo de California. (28)

A pesar de las desventajas que presenta el uso de halófitas como forraje, estudios realizados con borregos (24), demostraron que *Suaeda esteroa* (chamizo de mar), *Atriplex barclayana* (hierba de la mantarraya) y *Salicornia bigelovii* (hierba salada), pueden ser incorporadas a su dieta sin efectos negativos en su crecimiento, comparadas con *Cynodon dactylon* (zacate bermuda), un pasto convencional usado como control al 30% de la dieta, todas las dietas contenían entre 12.5 a 15% de proteína y 50% de grano como fuente de energía, típica para un alto aprovechamiento de los rumiantes.

En la búsqueda de alternativas para el aprovechamiento de suelos con problemas de salinidad, se ha propuesto cultivar con agua de mar o salobre los suelos de marismas litorales, presentando un tamiz de opciones de cultivos halófitos en un proceso de selección y validación donde intervienen diversos centros de



investigación internacionales, buscando que los cultivares sean los más viables y potencialmente de mayor rentabilidad (9). Algunas especies que se pueden considerar para el caso de los valles y zonas costeras de Sonora son las siguientes:

*Allenrolfea occidentalis*, *Atriplex barclayana*, *Atriplex canescens* (chamizo, costilla de vaca), *Avicennia germinans*, *Batis maritima*, *Distichlis palmeri*, *Distichlis spicata*, *Frankenia grandiflora* (hierba de la reuma), *Laguncularia racemosa*, *Monanochloe littoralis* (hierba llave, hierba salada), *Rhizophora mangle*, *Salicornia bigelovii*, *Sporobolus virginicus* (zacate saladillo, grama) *Sesuvium verrucosum*, *Suaeda esteroa*; y *Suaeda puertopeñascoa* (chamizo endémico).

Los usos potenciales de estas plantas van desde su utilización forrajera para alimentación animal, producción de granos y aceites comestibles para consumo humano, hasta su uso para sustituir a las glicófitas en lugares en que no pueden crecer, donde manifiestan un enorme potencial estético y práctico como plantas ornamentales para mejorar la arquitectura del paisaje, control de la erosión, modificación de microclimas, minimizar la demanda de agua potable y mejorar la calidad de vida. (3)

## CONCLUSIONES

Las estrategias de asignación de recursos en halófitas perennes están en función de su capacidad metabólica para regular el manejo de sales en sus tejidos y de factores externos como la sequía y el ataque de insectos o patógenos, los cuales determinan el balance carbono: nutrientes necesario para su crecimiento y la construcción de defensas contra el estrés ambiental.

El estado de Sonora con la mayor parte de su territorio desértico y semidesértico, con 1,207.8 km de litoral, un 20% de los suelos agrícolas afectados por la salinidad y una distribución de especies halófitas nativas o introducidas en prácticamente toda la zona costera, representa un potencial para el establecimiento de cultivos alternativos de plantas tolerantes a la salinidad y a la sequía con fines de explotación de forrajes, granos, ornamentales, oleaginosas e industriales.

Se recomienda específicamente el establecimiento de cultivos de halófitas en las regiones costeras degradadas por la sobreexplotación de cultivos convencionales como la Costa de Hermosillo, el Valle de Guaymas-Empalme, el Valle del Yaqui y del Mayo, la región de Caborca, y el delta del



río Colorado en el valle agrícola de San Luis. Estas acciones cumplirían con varios objetivos: explotación comercial de cultivos halófitos, recuperación de suelos salinos en las zonas agrícolas y la restauración de los ecosistemas costeros.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Albert, R. 1982. Halophyten. In: Kinzel, H. (Ed.), Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel, pp. 33–215. Ulmer Publisher, Stuttgart, Germany
2. Bilquees Gul\*, Darrell J. Weber and M. Ajmal Khan, 2001. Growth, ionic and osmotic relations of an *Allenrolfea occidentalis* population in an inland salt playa of the Great Basin Desert. *Journal of Arid Environments* (2001) 48: 445–460
3. Carter, S., Yoklic, M. and Christina Schaefer, 1988. Salt tolerant plants for functional and aesthetic use. *Memorias de la Segunda Reunión Nacional Sobre Halófitas*. Cd Obregón, México.
4. C.E.A. 2005. Análisis sobre el uso y manejo de los recursos hidráulicos en el estado de Sonora. Comisión Estatal del Agua, Gobierno del Estado de Sonora, México. 22 p.
5. Chapin III, F.S. Bloom, A.J. Field, C.B. and Richard H. Waring, 1987. Plant responses to multiple environmental factors. *Bioscience* Vol. 37, No 1. pp. 321-346
6. Cheeseman, J.M. 1988. Mechanisms of Salinity Tolerance in Plants. *Review. Plant Physiol.* (1988) 87, 547-550
7. Chiarello, N.R., Mooney, H.A. and Williams, K. 1989. Growth, carbon allocation and cost of plant tissue. *Plant Physiological Ecology*, Chapman and Hall, N.Y. pp. 327-365
8. Daoud, S; Harrouni, M.C. and R. Bengueddour, 2001. Biomass production and ion composition of some halophytes irrigated with different seawater dilutions. *First International Conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifers—Monitoring, Modeling, and Management*. Essaouira, Morocco, April 23–25, 2001.
9. Feuchter, F. 2000. Recuperación de suelos salinos agrícolas, mediante el establecimiento de praderas bajo riego y cultivos alternativos. Universidad Autónoma de Chapingo, Centro Regional Universitario del Noroeste. Cd Obregón, México.
10. Gallagher, J. L. 1985. Halophytic crops for cultivation at seawater salinity. *PLSOA* 89:323–336
11. Glenn, E. P., Brown, J. J., and Blumwald, E. 1999. "Salt Tolerance and Crop Potential of Halophytes," *Critical Review in Plant Sciences*, Vol. 18, No. 2, pp. 227-255
12. Grime, J. P. Estrategias de Adaptación de las Plantas y Procesos que Controlan la Vegetación. Primera edición, Edit. LIMUSA, S.A. Tit. orig. *Plant strategies and vegetation processes*, 1979. México 1, D.F. pp.292
13. INEGI, 2002. Climas predominantes en el estado de Sonora, México. Carta de Climas 1:1 000 000
14. López, R. M. 2001. Degradación de Suelos en Sonora: el problema de la erosión en los suelos de uso ganadero. *Región y Sociedad*, Colegio de Sonora, Vol. XIII, No. 22. Hillo. Méx.
15. Montané, M. 1993. Atlas de Sonora, México. Gobierno del Estado de Sonora
16. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*. 25 (2), 239–250
17. Padilla, G. H. 1987. Glosario Práctico de Términos Forestales. Edit. LIMUSA. Méx. pp. 147
18. Peña, H. David, 1999. Proyecto de Ordenamiento Ecológico del Territorio de Sonora – POETSON1. IMADES. Hermosillo, México. 33p.
19. SAGARPA, 2004. Programa Estatal de Mediano Plazo. Aprovechamiento Sustentable del Agua, 2004-2009. Mex. pp.6
20. Seemann J.R. and C. Chritchley, 1985. Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species. *Phaseolis vulgaris* L. *Planta* 164: 151- 162
21. Spencer, D.F. Ryan F.J. and Greg G. K. 1997. Costs for some aquatic plants. *Aquatic Botany* 56, 203-214
22. Suárez, N. 2005. Leaf construction cost in *Avicennia germinans* as affected by salinity under field conditions. *Biologia Plantarum*, Springer Netherlands. Vol. 49, Num.1. pp. 111-116
23. Suárez, N. 2003. Leaf Longevity, Construction, and Maintenance Costs of Three Mangrove Species Under Field Conditions. *Photosynthetica*, Springer Netherlands. Vol. 41, Num.3. pp. 373-381
24. Swingle, R., Glenn, E., and Squires, V. 1996. Growth performance of lambs fed mixed diets containing halophyte ingredients. *Anim. Feed Sci. Technol.* 63:137–148
25. Taiz, L. and Zeiger, E. 2002. Salt Stress. *HORT 301 – Plant Physiology* Chapter 25 (p. 611-616)
26. Williams, K. Percival, F. Merino, J. and Mooney, H. A. 1987. Estimation of tissue construction cost from heat of combustion and organic nitrogen content. *Plant Cell Environment*. 10: 725-734
27. Jensen, N. P. 2001. Halophytes of the Gulf of California and their uses. Edit. Uni-Son. Universidad de Sonora, Hermosillo, México
28. Jensen, N.P. Glenn, E.P. and M.R. Fontes, 1983. Biogeographical distribution of salt marsh halophytes on the coasts of the Sonoran Desert. *Desert Plants* 5(2)
29. Zurayk, R. and Baalbaki, R. 1996. *Inula crithmoides*: a candidate plant for saline agriculture. *Arid Soil Res. Rehabil.* 10:213–223.

## MICROALGA ROJA RHODOSORUS MARINUS: FUENTE DE MOLÉCULAS DE INTERÉS BIOTECNOLÓGICO

GUADALUPE ADRIANA BÁSACA-LOYA, MARÍA GUADALUPE BURBOA ZAZUETA, MARIO ENRIQUE ÁLVAREZ RAMOS, LUIS ENRIQUE GUTIÉRREZ MILLÁN, MIGUEL ANGEL VALDÉS COVARRUBIAS

Los cultivos de microalgas son identificados mundialmente como fuentes de proteínas, lípidos, carbohidratos y vitaminas, las cuales varían según la especie de que se trate. En el laboratorio de biomoléculas de la Universidad de Sonora actualmente se cultiva la microalga roja *Rhodospira rubra* fuente de moléculas de gran interés biotecnológico. Reportamos los resultados de esta investigación desde las condiciones de cultivo de la microalga roja, pasando por los procesos de extracción y purificación de la proteína B ficoeritrina hasta el estudio de las propiedades superficiales de esta proteína. Se estudió el crecimiento y comportamiento reológico del cultivo celular, se obtuvo un exopolisacárido sulfatado y, finalmente, se purificó y caracterizó la proteína en interfases líquido-líquido, aire-agua y aire-sólido. Esta proteína tiene un alto costo comercial debido a sus propiedades fluorescentes como biomarcador, además de diferentes aplicaciones en la industria alimentaria, de colorantes naturales y de cosméticos. Recientemente hemos estudiado los efectos antiproliferativos de B ficoeritrina sobre células cancerígenas.

M.C. GUADALUPE ADRIANA BÁSACA-LOYA.  
Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales.  
Correo: adrianabasaca@yahoo.com.  
DRA. MARÍA GUADALUPE BURBOA ZAZUETA.  
Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.  
Correo: mburboa@correom.uson.mx.  
DR. MARIO ENRIQUE ÁLVAREZ RAMOS.  
Departamento de Física.  
Correo: ealvarez@correo.fisica.uson.mx.  
DR. LUIS ENRIQUE GUTIÉRREZ MILLÁN.  
Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.  
Correo: legtz@guaymas.uson.mx.  
DR. MIGUEL ÁNGEL VALDÉS COVARRUBIAS.  
Departamento de Física y Departamento de  
Investigación en Polímeros y Materiales.  
Correo: mvaldez@correo.fisica.uson.mx.



## CULTIVOS DE MICROALGAS

Es frecuente que cultivos con alta densidad celular presenten problemas de alta viscosidad, lo cual puede afectar adversamente el crecimiento celular, debido a una distribución heterogénea de nutrientes (1). Es importante conocer la reología de estos cultivos para mejorar el diseño de biorreactores (1, 2) con agitación y aireación apropiadas para optimizar el crecimiento celular. El conocimiento de las propiedades reológicas de la suspensión algal es esencial para dar solución a este problema (1).

## IMPORTANCIA DE EXOPOLISACÁRIDOS DE MICROALGAS

Las células de las microalgas rojas están encapsuladas dentro de un polisacárido sulfatado en forma de un gel. Las cápsulas son muy delgadas durante la fase logarítmica de crecimiento y muy densas durante la fase estacionaria. Durante la fase estacionaria de crecimiento la relación de producción de polisacárido es mayor que la solubilización del polisacárido de la superficie celular en el medio externo (3).

Los polisacáridos de microalgas y sus derivados tienen numerosas aplicaciones en una gran variedad de áreas incluyendo papel, textiles, alimentos, cosméticos, y en las industrias químicas y farmacéuticas. El alto potencial para explotar estos polímeros naturales con su amplio rango de propiedades estructurales, funcionales y fisicoquímicas, ha proporcionado el estímulo para la búsqueda de polisacáridos nuevos o modificados (4). Los polisacáridos sulfatados, típicos de microalgas rojas, son polímeros complejos que requieren técnicas especiales para determinar su composición química y estructural (5).

## CARACTERÍSTICAS DE LA MICROALGA ROJA RHODOSORUS MARINUS

*Rhodorus marinus* es una microalga roja, cosmopolita, unicelular, que mide entre 4.5 y 11.5  $\mu\text{m}$

(6), y tiene un crecimiento rápido y fácil bajo condiciones de laboratorio. Para realizar este trabajo, se seleccionó la microalga *Rhodorus marinus* debido a la producción de exopolisacárido (EPS) (1) y otra característica que la hace especialmente interesante es el contenido de la proteína ficoeritrina, la cual es fluorescente.

## CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE LA PROTEÍNA FICOERITRINA

Las ficobiliproteínas son pigmentos accesorios en el proceso de fotosíntesis de cianobacterias, algas rojas y criptomónadas, ya que absorben luz en longitudes de onda diferentes de la clorofila y, posteriormente, transfieren la energía absorbida a la clorofila para ser utilizada en el proceso de fotosíntesis (7). Entre las ficobiliproteínas se encuentran la ficocianina, ficoeritrina y aloficocianina, cada una de las cuales está constituida por una apoproteína y uno o más clases de grupos prostéticos tetrapirrol.

La proteína ficoeritrina muestra un característico color rojo y es altamente fluorescente. Se puede unir fácilmente a anticuerpos y otras proteínas sin que se alteren apreciablemente sus características espectrales. Ésta proteína es utilizada como marcador en una gran variedad de diagnósticos e investigaciones que involucran marcadores celulares, análisis de células e inmunoensayos (8, 9).

La proteína ficoeritrina puede clasificarse en cuatro grupos principales dependiendo del espectro de absorción: R-, B-, b- y C-ficoeritrina. Está formada por tres subunidades  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ , asociadas de la siguiente manera ( $\alpha\beta$ ) $\gamma$  (10).

## PROTEÍNAS EN INTERFASES

El estudio del comportamiento de proteínas en interfases es de gran importancia en diversas áreas tales como Biotecnología, Medicina, Farmacia y Biofísica. Con la aplicación de diferentes técnicas en interfases es posible construir biosensores incorporando moléculas biológicas en sustratos sólidos y conservando la actividad biológica



para detectar otras moléculas (11). Uno de los biosensores más conocidos es el de glucosa, con grandes implicaciones en medicina (12).

Los estudios de la proteína en interfases nos permiten conocer y analizar las modificaciones en la estructura de la proteína al variar el pH del medio en el que se encuentre, lo cual es muy importante para poder usar estas proteínas como transportadores de otras moléculas a través de membranas celulares. Así mismo, el estudio de la estabilidad de la proteína en sólidos, es esencial para poder usar estas moléculas como biosensores o soporte de otras moléculas sensoras.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### a) Cultivo de microalgas y evaluación de su crecimiento.

En este trabajo se utilizó la microalga roja *R. marinus* proporcionada por UTEX (1723). Las microalgas fueron cultivadas en el medio de cultivo Erdschreiber, durante 25 días, utilizando las condiciones necesarias para su crecimiento (13).

Para evaluar el potencial de crecimiento de esta microalga en el medio de cultivo, se utilizó dispersión dinámica de luz y mediciones viscosimétricas. La viscosidad fue obtenida como función de la concentración de la biomasa célula-EPS.

### b) Extracción del exopolisacárido

El exopolisacárido se extrajo del sobrenadante libre de células, utilizando cloruro de sodio y etanol. El precipitado obtenido se separó y se dejó secar para su posterior caracterización mediante la técnica de infrarrojo (13).

Se realizaron pruebas de solubilidad al polisacárido extraído utilizando los siguientes solventes: agua, medio de cultivo Erdschreiber, medio ácido, medio básico y en dimetil sulfóxido (DMSO). Estas pruebas fueron llevadas a cabo utilizando diferentes proporciones, así mismo este estudio se complementó con algunos factores físicos como son: agitación constante, temperatura de 30 a 40°C y sonicación (13).

### c) Purificación de B-Ficoeritrina de *Rhodorus marinus*

Para la obtención de la biomasa, las células fueron decantadas y cosechadas mediante centrifugación (13). Inicialmente, se extrajeron las ficobiliproteínas (FB) de las células microalgales mediante fragmentación manual y sonicación. La proteína B-FE fue purificada mediante precipitación con sulfato de amonio y cromatografía de exclusión por tamaño e intercambio aniónico. La determinación de pureza de la proteína extraída fue evaluada utilizando espectroscopía de UV-Visible y electroforesis en gel de poliacrilamida.

### d) Evaluación de fluorescencia, reología y propiedades interfaciales

Los estudios de fluorescencia, reología, tensión superficial y AFM como función de pH fueron realizados en soluciones amortiguadoras con valores de pH de 2.5, 4.5, 7.0 y 10 (14).

Se estudiaron las isothermas y los ciclos de compresión-expansión de las monocapas de la proteína B-FE en la interfase aire-agua variando el pH de la subfase acuosa. Para analizar la adsorción de B-FE en la interfase hexadecano-agua, utilizamos el tensiómetro de gota. Las películas de Langmuir-Blodgett fueron analizadas con Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) en diferentes tiempos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### a) Cultivo de microalgas

Las observaciones microscópicas muestran que *Rhodorus marinus* es una microalga unicelular de forma circular que mide entre 4 a 5  $\mu\text{m}$  de diámetro. Las células son rojas, y como podemos observar en la Figura 1 se puede apreciar un halo alrededor de ellas que posiblemente corresponda al EPS que producen. Así mismo, en la Figura 1 se muestra cómo las células se encuentran unidas entre sí a través del polisacárido excretado formando grandes agregados de forma irregular. El patrón de producción de polisacárido varía con el tipo de organismo y composición del medio (15).

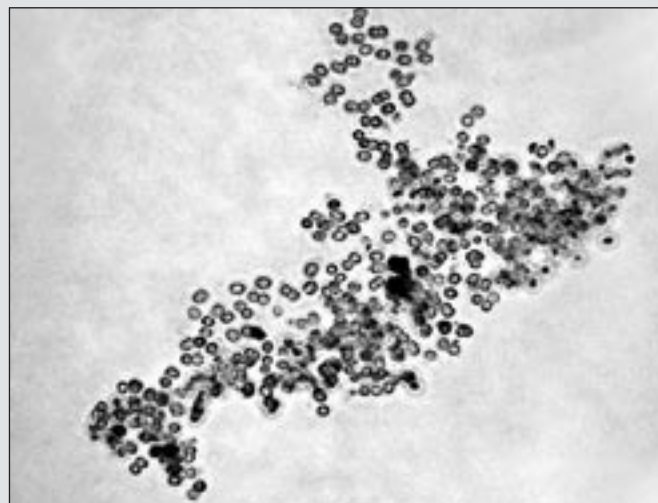


Figura 1. Visualización por microscopía óptica de células de *Rhodorus marinus* en solución utilizando un objetivo de 40X.

### b) Extracción del polisacárido

La extracción del polisacárido se realizó a partir de los sobrenadantes de ambos cultivos, con y sin tratamiento de CO<sub>2</sub>, para determinar si el CO<sub>2</sub> tiene algún efecto en la cantidad de polímero excretado o en su composición. Se pudo comprobar visualmente que para ambos casos no

existen diferencias aparentes en el aspecto físico. La Figura 2 es una representación del aspecto físico del exopolisacárido (el cual es blanco y de textura fina) extraído utilizando CO<sub>2</sub>. Así mismo, no hubo diferencias en las cantidades obtenidas de polisacárido y biomasa celular de los dos cultivos (con y sin CO<sub>2</sub>). Estos resultados son similares a los obtenidos por otros autores (16), para el caso de un cultivo celular de *Cyanospira capsulata*. Ellos obtuvieron 3.27 g/l de polisacárido y 4.14 g/l de biomasa celular. Mientras que en este trabajo se obtuvo 4.1 g/l de polisacárido y 5.7 g/l de biomasa de cultivo celular con un desarrollo de 28 días.



Figura 2. Fotografía del polisacárido en polvo extraído del cultivo de microalgas de *Rhodospirillum rubrum*. El cultivo fue crecido utilizando CO<sub>2</sub>.

Las mediciones de solubilidad del polisacárido nos permitieron determinar que tiene una fracción insoluble en los solventes y con los factores físicos antes mencionados. Para la realización de estas pruebas utilizamos pequeñas cantidades de polisacárido por lo cual podemos descartar la posibilidad de saturación. Por lo tanto, la caracterización del polisacárido de *Rhodospirillum rubrum* es difícil debido a su baja solubilidad y tendencia a la agregación, ya que para la utilización de algunas técnicas es necesario que el polímero se encuentre en solución. Otros polisacáridos de microalgas rojas mostraron ser estables en condiciones extremas de pH y temperatura (5).

Se determinó el espectro de infrarrojo para el polisacárido extraído de ambos cultivos (con CO<sub>2</sub> y sin CO<sub>2</sub>). Ambos espectros presentaron las mismas bandas e iguales intensidades, lo cual nos indica que el CO<sub>2</sub> no tiene efecto en la composición de exopolisacárido excretado por la microalga *Rhodospirillum rubrum*. El espectro de infrarrojo muestra las siguientes bandas características: la banda del estiramiento C-H a 2840 cm<sup>-1</sup>, del estiramiento O-H a 3650 cm<sup>-1</sup>, la banda característica del grupo C=O a 1650 cm<sup>-1</sup>

y la banda característica de la frecuencia de estiramiento S=O a 650 cm<sup>-1</sup>, esta última banda indica que el polímero contiene grupos sulfatos (17).

Los experimentos de dispersión dinámica de luz indican que las células y el EPS se agregan cuando el crecimiento celular alcanza un máximo, esto sucede aproximadamente en la mitad de tiempo de desarrollo del cultivo celular y se desagregan al final del crecimiento celular.

### c) Purificación de B-ficoeritrina de *Rhodospirillum rubrum*

Analizando el espectro de absorción del extracto crudo pudimos observar los picos característicos de las tres ficobiliproteínas, siendo B-Ficoeritrina el pigmento predominante y en menor proporción se encuentran ficocianina y aloficocianina. Los resultados obtenidos por HPLC mostraron una proteína con una pureza de 4.8 (A545/A280) (18), cociente mayor al reportado en la purificación estándar de ficobiliproteínas de otras fuentes (Figura 3).

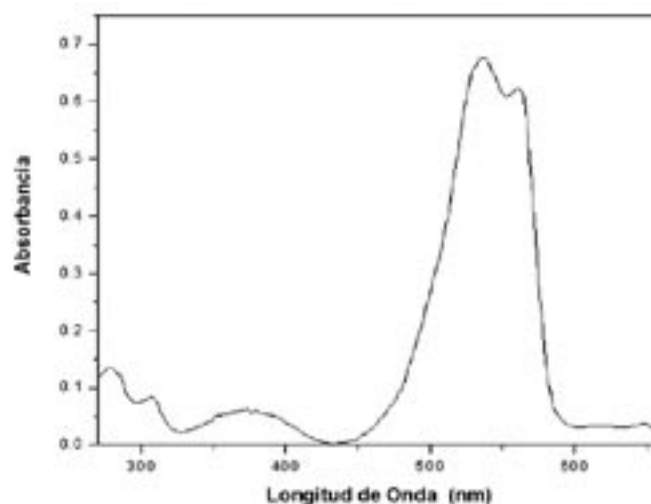


Figura 3. Espectro de absorción de la B-ficoeritrina purificada mediante cromatografía de exclusión por tamaño (cromatografía líquida de alta resolución).

### d) Evaluación de fluorescencia, reología y propiedades interfaciales

En el espectro de emisión de fluorescencia, la proteína en pH 4.5 presentó la máxima intensidad y disminuyó en gran medida para pH 10 y 2.5 (Figura 4). Estos resultados coinciden con los resultados de otros investigadores (7, 19) en los cuales el máximo de intensidad de fluorescencia disminuye ligeramente cuando pH difiere de la neutralidad y desaparece progresivamente en los extremos del rango de pH probado. Estas variaciones en la fluorescencia, debido a las condiciones de pH pueden ser causadas por cambios conformacionales de las moléculas de proteína y moléculas que la rodean, alterando la interacción de los cromóforos resultando en una caída secuencial de la emisión de fluorescencia (20).

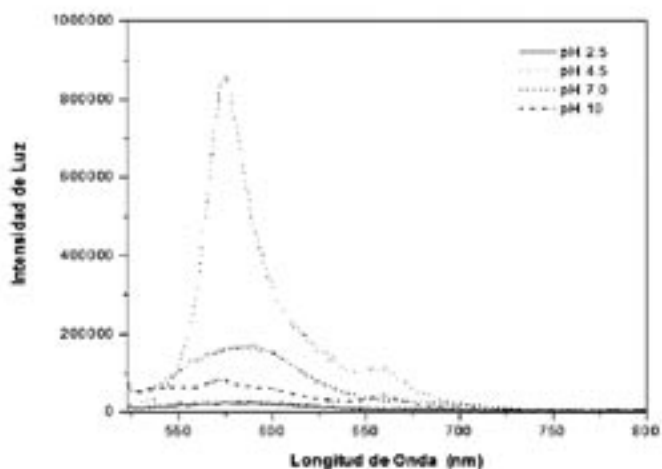


Figura 4. Espectros de emisión de fluorescencia para B-FE obtenidos utilizando soluciones con diferente pH. Concentración de proteína 0.125 mg/ml.

La interacción de la proteína en la interfase hexadecano-agua fue dependiente del pH. Las moléculas de proteína en pH 4.5 y 7 mostraron una presión superficial alta y un largo módulo elástico dilatacional en la interfase, probablemente debido a la conformación globular. Estas diferencias en hidrofobicidad también se observaron con el tiempo de relajación para cada pH. Para pH 7 y 4.5 las moléculas de proteína se adsorbieron más rápidamente en comparación con el tiempo de adsorción para pH 2.5 y 10, probablemente debido a interacciones hidrofóbicas más débiles o interacciones electrostáticas repulsivas en la interfase hexadecano-agua.

Se encontró un leve incremento del coeficiente de difusión para pH 4.5 y 7. Los valores de coeficiente de difusión en la interfase hexadecano-agua de B-FE fueron aproximadamente diez veces mayor en comparación con los obtenidos para BSA en la interfase aire-agua (21), incluso cuando el peso molecular de B-FE es más de tres veces superior al peso molecular de BSA, probablemente debido a la fuerte interacción en la interfase hexadecano-agua. Esta diferencia entre las interfases aire-agua y hexadecano-agua fueron también observadas por otros autores (22) con la interfase decano-agua.

El comportamiento de B-FE en la interfase aire-agua fue diferente, de acuerdo con información del comportamiento de B-ficoeritrina extraída de otras fuentes. Obtuvimos monocapas estables para todos los pH analizados, excepto para pH 10. El área molecular en la interfase también fue dependiente del pH en la subfase y en condiciones ácidas esta área fue mayor de acuerdo con los resultados de otras investigaciones.

Al medir la estabilidad de las monocapas de B-FE manteniendo la presión superficial constante a 20 mN/m, observamos que después de 2 h, la reducción del área

fue solo del 15 % para pH 2.5 y 10 % para los otros casos. Por lo tanto, podemos concluir que podríamos tener una disolución o un proceso de formación de multicapas en la interfase y simultáneamente un ordenamiento molecular en la interfase aire-agua. Las pequeñas diferencias para el pH 2.5 pueden deberse a la presencia de agregados y/o a la extensión molecular como lo sugieren otros autores (20).

El pH en la subfase de agua también influyó el fenómeno de agregación de las monocapas de Langmuir-Blodgett, las cuales fueron observadas por microscopía de fuerza atómica. Para pH 4.5 y 7 las monocapas de B-FE fueron más homogéneas y después de dos días mostraron un fenómeno de agregación-cristalización. Por otra parte, las monocapas de B-FE extraídas de la subfase con pH 2.5, mostraron una gran rugosidad y un proceso de agregación no homogéneo, probablemente como una consecuencia de una conformación más elongada (Figura 5a y 5b).

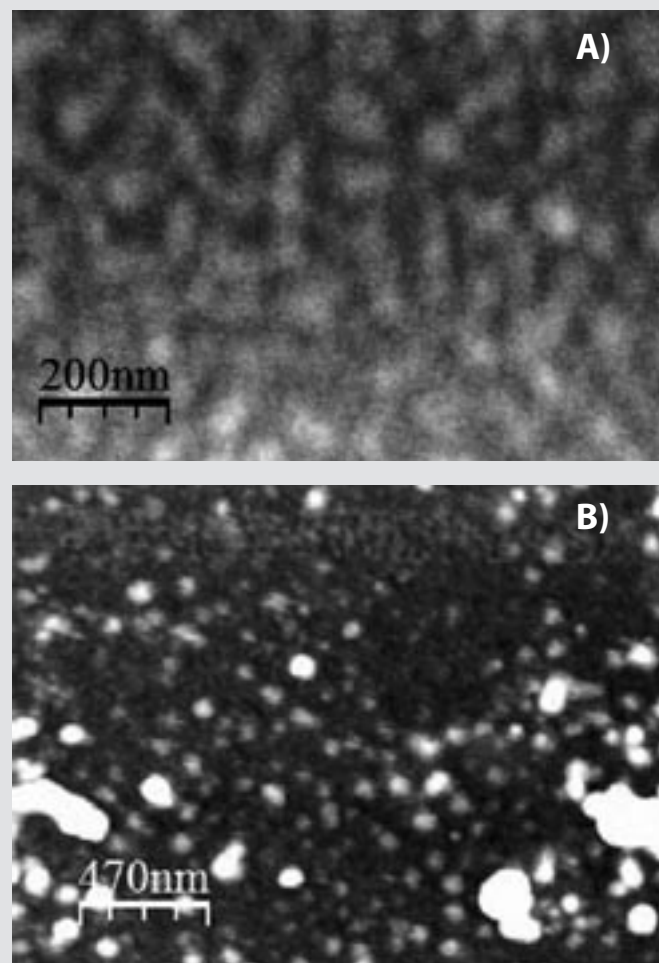


Figura 5. Imágenes de AFM de monocapas de Langmuir-Blodgett de B-FE observadas 1h después de ser obtenidas sobre mica a 20 mN/m en la interfase aire-agua, utilizando diferente pH en la subfase. a) pH 7; b) pH 2.5.

De acuerdo a los resultados de otras investigaciones (7, 23), la estructura de B-FE es en forma de discos formados por dos  $\alpha\beta$ -trímeros unidos cara a cara con la subunidad localizada en un agujero central con un espesor de 6 nm y un diámetro de 11-12 nm. Esto nos indica que es posible que para pH 4.5 y 7 la proteína esté fuertemente unida a la mica cuando es medida 1 h después de ser depositada, después es probable que B-FE recupere su estructura de 6 nm de espesor, pero sigue unida a varias moléculas de B-FE construyendo agregados.

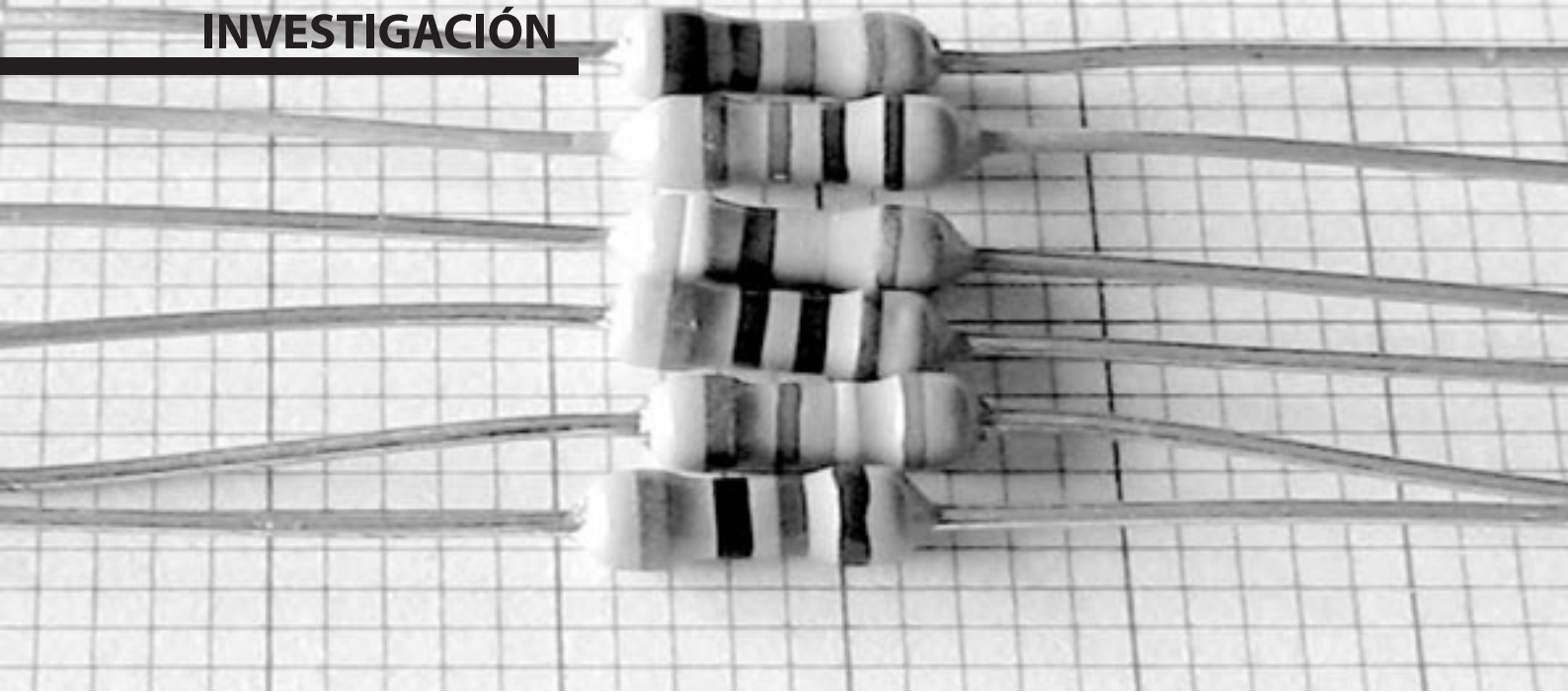
Durante la realización de este trabajo, se llevó a cabo la estandarización de las condiciones de cultivo de la microalga *Rhodospirillum rubrum* y se estudió su crecimiento, lo cual es indispensable para utilizarla como fuente potencial de una gran variedad de moléculas de interés biotecnológico. Tal es el caso del exopolisacárido que produce, para el cual es recomendable llevar a cabo una caracterización completa y utilizarlo en estudios antivirales y antiproliferativos. Posteriormente se purificó la proteína ficoeritrina, la cual tiene propiedades antiproliferativas (aún en estudio) y debido a sus características espectroscópicas tiene una amplia variedad de aplicaciones, como se mencionó anteriormente. Finalmente mencionamos que los estudios de la proteína ficoeritrina en interfases nos permitieron conocer la estabilidad de la proteína al utilizar diferentes valores de pH en las diferentes interfases utilizadas. Los resultados obtenidos en esta investigación motivan a continuar trabajando con esta y otras proteínas, realizando estudios de interacción con monocapas y bicapas de fosfolípidos para entender la adsorción de proteínas en membranas biológicas.

Agradecimientos. Al CONACyT por el apoyo económico a través de los proyectos SEP-2004-CO1-46749 y 83191. G. A. Básaca-Loya agradece al CONACyT por las becas de maestría y doctorado otorgadas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Fernandés, N.L., Lupi, F., Sá-Correia, I., Novais, J.M., *Bioresource Technology*, 1991. 38: p. 133-136.
2. Chen, F., Chen, H., Gong, X., *Bioresource Technology*, 1997. 62: p. 19-24.
3. Arad, M., Lerental, Y. B. y Dubinsky, O., *Bioresource Technology*, 1992. 42(141-148).
4. Geresh, S., *Carbohydrate Polymers*, 2000. 63(75-80).
5. Geresh, S.A.S.A.M., *Bioresource Technology*, 1991. 38: p. 195-201.
6. Wilson, S., Wet, J., Pickett-Heaps, J., Yokoyama, A., Hara, Y., *Phycological Research* 2002. 50(3): p. 183-191.
7. Bermejo, R., Tobaruela, D.J., Talavera, E.M., Orte, A., Alvarez-Pez, E., J. *Colloid Interface Scie*, 2003. 263: p. 616.
8. Ma, S., Wang, G., Sun, H., Zeng, C., *Plant Scie*, 2003. 164: p. 253.
9. Mihova, S.G., Georgieva, D.I., Minkova, K.M., Tchernov, A.A., *J. Biotechnol*, 1996. 48: p. 251.
10. Bermejo, R., Talavera, E.M., Alvarez-Pez, J.M., *J. Chromatogr*, 2001. 917: p. 135.
11. Moriizumi, T., *Thin Solid Films*, 1988. 160: p. 413-429.
12. Okahata, Y., Tsuruta, T., Ijiri, K., Ariga, K., *Langmuir*, 1988. 4: p. 1373.
13. Básaca-Loya, G.A., Burboa, M.G., Valdez, M.A., Gámez, R., Goycoolea, F.M., Gutiérrez-Millán, L.E., *Rev. Mex. Fís*, 2008. 54: p. 119.
14. Abelson, J.N., Simon, M.I., *Methods Enzimol*, 1990. 182: p. 31.
15. Gandhi, H.P., Ray, R.R., Patel, R.M., *Carbohydrate Polymers*, 1998. 34: p. 323-327.
16. Lapasin, R., Prich, S., De Philippis, R., *Carbohydrate Polymers*, 1992. 17: p. 1-10.
17. Vongchan, P., Sajomsang, W., Kasinrerak, W., Subyen, D. y Kongtawelert, *ScienceAsia*, 2003. 29: p. 115-120.
18. Básaca-Loya, G.A., Enríquez-Guevara, E.A., Valdez, M.A., Gutiérrez-Millán, L.E., Burboa, M.G., *Ciencias Marinas*, 2009. 35.
19. Liu, L., Su, H., Yan, S., Sha, S., Xi, B., Chen, X., Zhang, X., Zhou, B., Zhang, Y., *Biochim. Biophys. Acta*, 2009.
20. Owaga, H.M., H. Saito, T., Yamada, Y., Oohusaand, T., *Iso Nippon Suisan Gakkaishi* 1991. 57: p. 899.
21. Valencia-Rivera, D., Básaca-Loya, G.A. Burboa, M.G., Gutiérrez-Millán, L.E., R.D. Cadena-Nava, Ruiz-García, Valdez, M.A., *J. Colloid Interface Sci*, 2007. 316: p. 238-249.
22. Cabrerizo-Vílchez, M.A., Policova, Z., Kwok, D.Y., Chen, P., Newmann, A.W., *Colloids Surf.*, 1995. 5: p. 1.
23. Samuelson, L., Miller, P., Galotti, D., Marx, K.A., Kumaff, J., Tripathy, S., Kaplan, *Thin Solid Films*, 1992. 210/211: p. 796.



## ¿CONDUCTOR DE LA ELECTRICIDAD O SEMICONDUCTOR? UN MÉTODO PARA ENCONTRAR LA RESPUESTA

JESÚS FILIBERTO SABORI PARRA

El conocimiento y la fabricación de nuevos materiales han cobrado enorme importancia en los tiempos actuales, sobre todo, en la industria de la tecnología electrónica, donde se les fabrica para utilizar tales o cuales propiedades. El transporte de electrones sigue siendo un proceso básico en la operación de los dispositivos electrónicos, y el hacer medidas respecto de la facilidad, o en caso contrario, la dificultad que experimentan para desplazarse en el interior de los materiales, permite conocer las características eléctricas de los mismos. El método empleado en este trabajo, proporciona una herramienta muy adecuada para clasificar materiales que conducen la corriente eléctrica, desde el punto de vista eléctrico.

JESÚS FILIBERTO SABORI PARRA  
Licenciado en Física, Maestro en Ciencias de la Ingeniería  
Departamento de Física .Universidad de Sonora  
Correo: jfsabori@correo.fisica.uson.mx

## EL CONOCIMIENTO DE LOS MATERIALES

Desde tiempos muy remotos el conocimiento de las características de ciertos materiales fue un factor que influyó notablemente en las condiciones de vida del género humano. No lo es, por cierto, en menor medida en la actualidad. En el siglo XVIII se encontró que había necesidad de distinguir dos tipos de materiales los que conocemos con los nombres de conductores y aislantes, en razón de su comportamiento ante lo que casi un siglo después, habría de empezarse a estudiarse como la corriente eléctrica.

En el siglo XIX se descubrió otro tipo de materiales, los denominados semiconductores, cuya capacidad para conducir la corriente eléctrica depende, entre otros factores, de la temperatura aunque de forma inversa a lo que sucede con los conductores. Utilizando el concepto de resistividad, mismo que está directamente relacionado con el comportamiento de un material respecto de la corriente eléctrica, esto es, representa una medida de la dificultad que encuentran los electrones para desplazarse a través de ellos, diríamos que al aumentar la temperatura disminuye la resistividad de los semiconductores, en tanto que en los conductores sucede lo contrario. Los materiales semiconductores han sido materiales clave para el desarrollo de la tecnología electrónica durante el siglo XX y en lo que va del presente siglo, especialmente el silicio. La elaboración de dispositivos electrónicos de estado sólido tales como: diodos, transistores y otros dispositivos a base de estructuras mucho más complejas, requiere de la fabricación de materiales semiconductores con características y propiedades muy bien definidas, de ahí la importancia de realizar medidas precisas de resistividad, para lo cual existen varios métodos.

La resistividad es una propiedad de todos los materiales y en algunos puede desaparecer al presentarse el estado superconductor. Por otra parte, la resistencia de los conductores depende de su forma y dimensiones. Por ejemplo, el cobre tiene una resistividad que solamente depende de la temperatura y a un valor dado de la misma, dos alambres fabricados con este material y de la misma longitud, presentan distinto grado de oposición al paso de la corriente eléctrica (resistencia) si uno es más delgado que el otro.

Lo anteriormente expuesto ha sido con la finalidad de introducir la idea de resistividad, resaltar la importancia de los materiales semiconductores y la necesidad de realizar medidas de resistividad en los mismos; muy bien, ¿pero qué tendrá que ver la resistividad con el tema de este trabajo? Más adelante lo sabremos.

## RESOLVIENDO UN PROBLEMA

Pensemos, por un momento, que es necesario determinar si el material de una muestra que nos ha sido proporcionada, es un conductor eléctrico o un semiconductor. Por razones que no conocemos y de acuerdo al proceso de fabricación, la muestra resultó ser de forma cuadrada, plana, un poco delgada y de espesor uniforme. Se antoja pensar en lo relativamente sencillo que hubiera resultado realizar nuestra investigación, usando una muestra en forma de barra de sección transversal

cuadrada. Además, se nos informó que en caso de ser necesario, existe otra muestra disponible del mismo material, con las características ya mencionadas, sólo que... tiene forma de disco circular.

Una forma de encontrar el tipo de material es determinar su resistividad para ubicarla en los rangos de valores ya conocidos para diferentes materiales. Elegimos esta alternativa y nos damos a la tarea de buscar una técnica adecuada para determinar la resistividad de un material. Para nuestra fortuna no habrá necesidad de realizar una exhaustiva investigación bibliográfica acerca del tema, ya que son muy pocos los métodos utilizados para tal fin.

## ALGUNOS MÉTODOS DISPONIBLES

Revisemos a grandes rasgos los requerimientos y características de tres técnicas disponibles para realizar medidas de resistividad, para seleccionar alguna de ellas.

### 1. Método básico

En una muestra en forma de barra o de alambre de forma cilíndrica, de longitud  $L$  y área de sección transversal  $A$ ; se mide mediante un óhmetro la resistencia eléctrica entre sus extremos  $R$ . La resistividad del material  $\rho$  se encuentra a través de la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{AR}{L}$$

Una desventaja de esta técnica consiste en que la resistividad incluye un término asociado con la resistencia de contacto.

### 2. Método de cuatro puntas

Para hacer medidas de resistividad es común instrumentar una muestra de material, en forma de barra, con cuatro contactos uno en cada extremo y dos alineados sobre la superficie, con el fin de hacer pasar una corriente a través de ella, midiéndose la diferencia de potencial entre los contactos colocados en la superficie. En ocasiones la resistencia de los contactos altera la diferencia de potencial y puede afectar los resultados.

### 3. Método de van der Pauw

Este método para determinar la resistividad de materiales conductores, propuesto en 1958 (1) a pesar del tiempo transcurrido, no pierde actualidad, para constatar lo cual, bastaría con leer el título de artículos recientes sobre investigación de propiedades eléctricas de materiales.

En este artículo L.J. van der Pauw propone un método para determinar la resistividad específica usando muestras planas de forma arbitraria (figura 1), además de poder determinar la concentración de portadores de carga libres (electrones de conducción en el caso de los metales, a través de un coeficiente llamado de Hall), el cual se ha convertido en una

poderosa herramienta en cualquier trabajo de investigación de materiales.

El método de van der Pauw para medir resistividades específicas se basa en un teorema el cual se cumple para una muestra plana con las siguientes características: forma arbitraria, homogénea, con cuatro contactos suficientemente pequeños comparados con la superficie y localizados en los bordes de la misma. Además, la muestra no debe tener agujeros.

En esencia el método consiste en realizar dos medidas de corriente y dos de diferencia de potencial, y con éstas a través de una expresión se obtiene la resistividad. Una vez que se tiene los cuatro contactos en la muestra, se procede a realizar medidas de corriente y de diferencia de potencial.

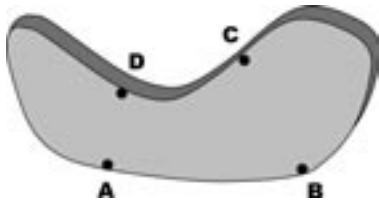


Figura 1. Esquema de muestra con forma irregular y con cuatro contactos sucesivos.

Si la muestra tiene una forma simétrica como por ejemplo la que aparece en la figura 2, el procedimiento se simplifica notablemente (2).

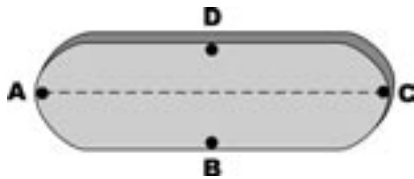


Figura 2. Esquema de muestra con un eje de simetría

### MANOS A LA OBRA

De acuerdo a la forma de la muestra disponible para nuestra investigación podemos emplear el método de van der Pauw. Además, por tratarse de una muestra de forma cuadrada usaremos resultados posteriores al trabajo de van der Pauw, obtenidos por Daniel Koon (3). La pieza de material se representa en forma esquemática en la figura (3). En cuanto al equipo sólo requerimos de dos multímetros, una fuente de corriente y conexiones.

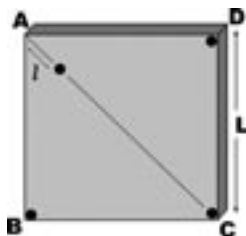


Figura 3. Esquema de forma cuadrada de lado D.

Para iniciar nuestro trabajo medimos el espesor de la muestra ( $d$ ), verificando que sea uniforme, y se procede a colocar en cada una de las esquinas de la muestra un contacto cerca de los bordes, requisito para aplicar el método de van der Pauw. A continuación hacemos circular una corriente eléctrica de A a B, midiéndola con uno de los multímetros (usándolo como amperímetro) y medimos la diferencia de potencial entre los puntos D y C, con el otro multímetro (usado como voltímetro). Con los valores así obtenidos calcula el siguiente cociente:

$$R_{AB,CD} = \frac{V_D - V_C}{i_{AB}} \quad (1)$$

Dado que la muestra tiene forma simétrica no se requiere realizar más mediciones.

Para encontrar la resistividad del material de la muestra, empleamos el siguiente resultado obtenido por van der Pauw (2) aplicable a este caso:

$$\rho = \frac{\pi d}{\ln 2} R_{AB,CD} \quad (2)$$

Bien, ya estamos en condiciones de obtener un resultado que dé respuesta a la pregunta planteada como título de este trabajo pero, ¿cuál ha sido el grado de precisión? Para poder responder a esta pregunta consideremos los siguientes aspectos: la colocación y el tamaño de los contactos en la muestra. Los errores relativos causados por estos factores han sido estudiados en algunos trabajos como por ejemplo (4,5,6) y (7,8,9), respectivamente. Algunos resultados se incluyen en tablas anexas.

Si la muestra hubiera sido en forma de disco circular como se indica en la figura 4, los contactos se colocan en la forma indicada y los errores relativos se calculan de manera distinta para una muestra de forma cuadrada, según tablas anexas.

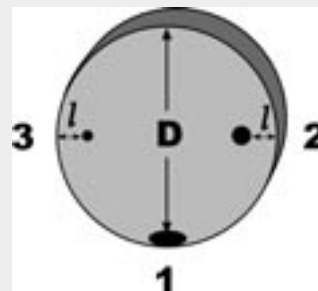


Figura 4. Esquema de muestra con figura circular y diámetro D.

Una vez calculado el valor de  $\rho$  y con el fin de saber si estuvimos trabajando con un conductor eléctrico o un semiconductor, se procede a la consulta de tablas que contienen los rangos de valores de resistividades para los diferentes materiales.



## A MANERA DE CONCLUSIÓN

El método de van der Pauw proporciona la ventaja de utilizar muestras de distintas formas, pudiendo determinarse la influencia de las características de los contactos, mediante la estimación de errores relativos. La aplicación del método de van der Pauw para determinar la resistividad de materiales conductores y semiconductores, puede realizarse de varias maneras dependiendo del grado de precisión requerido y va desde prácticas a nivel licenciatura hasta elaborados trabajos de investigación. En este trabajo y mediante una recopilación, se ha descrito cómo hacer determinaciones de resistividad, usando únicamente muestras de forma circular y cuadrada.

## BIBLOGRAFÍA

1. Van der Pauw, L.J. A method of measuring specific resistivity and Hall effect of discs of arbitrary shape. Philips Res. Rep. Vol.13, No.1, pp. 1-9; 1958.
2. Van der Pauw, L.J. A method of measuring the resistivity an Hall coefficient on lamellae of arbitrary shape. Philips Tech. Rev. Vol 20, pp. 220-224; 1958.
3. Koon, D.W. Effect of contact size and placement, and of resistive inhomogeneities on van der Pauw measurements. Rev. Sci. Instrum. Vol.60, No. 2, pp. 271-274; 1989.
4. Koon, D.W. Measurement of contact placement errors in the van der Pauw thecnique. Rev. Sci. Instrum. Vol. 60, No. 2, pp. 275-276; 1989.
5. Koon, D.W. Contact placement errors for resistive and Hall measurements on cross-shaped samples. Rev. Sci. Instrum. Vol.61, No. 9, pp. 2430-2432; 1990.
6. Kasi, C., Hoch, M.J.R. Effects of sample thickness on the van der Pauw technique for resistivity measurements. Rev. Sci. Instrum. Vol.76, No.3, pp. 033907-1 – 033907-4; 2005.
7. Cornils, M., Doelle, M. Sheet resistance determination using symmetric structures with contacts of finite size. IEEE Transactions on Electron Devices, vol.54, No.10, pp. 2756-2761; 2007.
8. Cornils, M., Paul, O. Sheet resistance determination of electrically symmetric planar four terminal devices with extended contacts. Journal of Applied Physics Vol. 104, pp. 024503-1- 0204503-10; 2008.
9. Lim, S.H.N., Mackenzie, D.R., Bilek, M.M.M. van der Pauw method for measuring resistivity of a plane sample with distant boundaries. Rev. of Scientific Instruments, vol. 80, pp. 075109-1- 075109-4; 2009.

Tabla 1. Expresiones para la estimación de errores relativos para una muestra de forma cuadrada con contacto colocado a una distancia  $l$  perpendicular al borde y sobre el eje de simetría, obtenidas por D. Koon.

Error relativo	Relación $l/D$	% de error
$\frac{\Delta\rho}{\rho} \approx 8.5\left(\frac{l}{D}\right)^4$	$\frac{l}{D} = 0.10$	$\frac{\Delta\rho}{\rho} < 0.1\%$
$\frac{\Delta\rho}{\rho} \approx 8.5\left(\frac{l}{D}\right)^4$	$\frac{l}{D} = 0.19$	$\frac{\Delta\rho}{\rho} < 1\%$

Tabla 2. Expresiones para la estimación de errores relativos obtenidas por van der Pauw, para muestras de forma circular.

Caso	Error relativo
(a) Uno de los contactos tiene una longitud $l$ a lo largo del borde (1), en tanto que los otros son de área muy reducida y están en los bordes. (Para valores pequeños de $l/D$ ).	$\frac{\Delta\rho}{\rho} \approx \frac{l^2}{16D^2 \ln 2}$
(b) Si uno de los contactos se encuentra a una distancia $l$ perpendicular al borde (2).	$\frac{\Delta\rho}{\rho} \approx \frac{l^2}{4D^2 \ln 2}$
(c) Si uno de los contactos, a pesar de ser puntual, está situado a una distancia $l$ del borde (3).	$\frac{\Delta\rho}{\rho} \approx \frac{l^2}{20D^2 \ln 2}$
Si la posición de más contactos corresponde, al mismo tiempo, a alguno de los casos anteriores, a una primera aproximación los errores son aditivos.	



## BIOINGENIERÍA DE TEJIDOS: APLICACIONES EN LA RESTAURACIÓN DE TEJIDO ÓSEO

MARTÍN ANTONIO ENCINAS ROMERO

Los defectos óseos relacionados con una lesión, enfermedad y/o desordenes congénitos, continúa siendo un problema importante de salud hoy en día. Las estrategias actuales enfocadas a subsanar esta problemática, incluyen la utilización de injertos autólogos, homólogos, heterólogos y biomateriales sintéticos. Aunque éstos devuelven la estabilidad y la funcionalidad al tejido, todavía existen algunas limitaciones en su aplicación. La ingeniería de tejidos, aplica los principios de la ciencia de materiales y las ciencias de la vida, en la obtención de sustitutos biológicos para restaurar, mantener o mejorar la función de los tejidos del organismo. Con el desarrollo de ésta tecnología, será posible regenerar o reparar tejidos dañados que van desde hueso, cartilago, vasos sanguíneos, piel, etcétera.

DR. MARTÍN ANTONIO ENCINAS ROMERO  
Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia,  
Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México  
Correo: maencinas@iq.uson.mx



## CONSIDERACIONES GENERALES

Se entiende por ingeniería de tejido un nuevo campo de la medicina que se ocupa de la reconstitución de órganos y tejidos, a partir de células y matrices biodegradables naturales o sintéticas. La bioingeniería es la especialidad que aplica los principios de la ingeniería y las ciencias de la vida, a la fabricación de sustitutos biológicos que mantengan, mejoren o restauren la función de órganos y tejidos en el cuerpo humano. Este campo interdisciplinario incluye conceptos de ramas tan diversas como la biología celular y molecular, fisiología, inmunología, bioquímica, biofísica, ciencia de materiales y cirugía, entre otras, para diseñar partes de reemplazo del cuerpo humano. Por tal razón, también se conoce como medicina regenerativa. A diferencia de las terapias estándares, los productos derivados de la ingeniería de tejidos, incluyen células vivas las cuales se integran directamente al paciente.

La ingeniería de tejidos iniciada hace dos décadas, está en pleno auge investigador, dando los primeros frutos. Su estrategia consiste en disponer de andamios tridimensionales (scaffolds), fabricados con materiales naturales o artificiales, sobre los cuales se cultivan células para colonizarlos. Esto puede realizarse tanto in vivo como in vitro. El primero consiste en el desarrollo de andamios tridimensionales acelulares, que servirán para alojar las diferentes células una vez implantados. El segundo consiste en el desarrollo de andamios tridimensionales, que inicialmente son colonizados por las células progenitoras, para posteriormente ser implantados en el paciente para reemplazar el tejido dañado. La Figura 1 muestra un arreglo esquemático de la colonización celular de un andamio in vitro [1-3].

Uno de los objetivos primordiales de la ingeniería de tejidos, es el desarrollo de materiales capaces de lograr la reparación funcional y la reconstrucción de estructuras biológicas. En este sentido, se está dedicando especial atención a la obtención y caracterización de superficies de diferentes sustratos, para su aplicación en el desarrollo de estos andamios. Uno de los aspectos prioritarios es el estudio y modificación de sus propiedades superficiales, con el fin de modular su interacción con entidades biológicas tales como macromoléculas y células. La estrategia de reparación y sustitución de partes dañadas del organismo será, en un futuro próximo, claramente distinta a la de los implantes biomédicos tradicionales, utilizados en la actualidad [3].

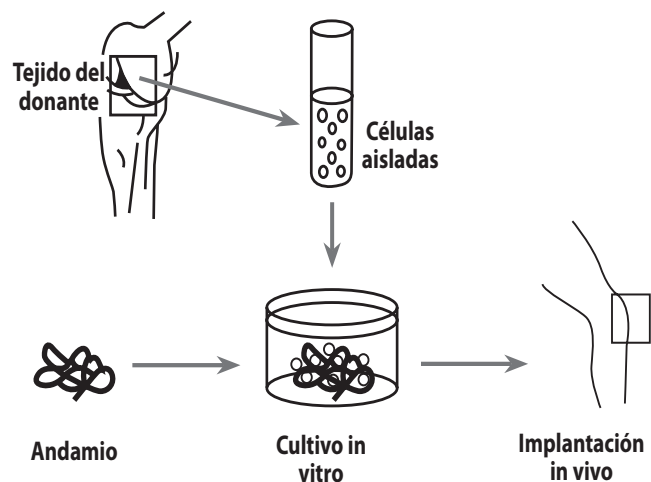


Figura 1. Esquema de la colonización celular in vitro de un andamio [3].



## CÉLULAS Y MATRIZ EXTRACELULAR

La célula es la unidad estructural y funcional fundamental de los seres vivos. Las propiedades de un organismo dependen de sus células individuales, y la continuidad celular se mantiene a través de su material genético. Asimismo, la compleja organización celular da origen a los tejidos. La matriz extracelular, aparte de ofrecer una superficie de soporte a las células que forman estos tejidos, también es un sistema dinámico integrado por diversas moléculas, y su organización varía con los diferentes tejidos. La dinámica de interacción entre las células y la matriz extracelular, contribuye a la migración, proliferación, diferenciación, forma, metabolismo y la consecuente muerte celular.

## ESTRATEGIAS PARA LA CREACIÓN DE TEJIDOS

**Para la creación de nuevos tejidos se utilizan tres tipos de estrategias:**

- Trasplante directo de células.
- Sistemas cerrados de trasplante celular.
- Sistemas abiertos de trasplante celular.

### Trasplante Directo de Células

Las células previamente aisladas pueden implantarse ya sea en órganos específicos, o bien verse directamente al flujo sanguíneo. Las células trasplantadas, utilizarán los suplementos del tejido vascular y el estroma provisto por el tejido huésped para adherirse, reorganizarse y desarrollarse.

### Sistemas Cerrados de Trasplante Celular

Estos sistemas pueden ser implantados dentro del organismo o bien utilizados como sistemas extracorpóreos. Aquí las células son aisladas por diversos mecanismos, y son colocadas dentro de sistemas permeables que permiten que los nutrientes y metabolitos, se difundan a través de sus paredes. Existen tres tipos de sistemas cerrados de trasplante celular: microcápsulas, macrocápsulas y compartimentos extravasculares.

### Sistemas Abiertos de Trasplante Celular

Permiten que las células trasplantadas estén en contacto con el organismo receptor. Las células para mantenerse vivas deben permanecer adheridas a sus transportadores, ya sean bionaturales como las matrices de colágeno, o sintéticos y biodegradables como las matrices poliméricas. Las células deben permanecer allí hasta que sean capaces de secretar su

propia matriz extracelular, lo cual les conferirá el ambiente y estructura específicos del tejido, sirviendo además como reservorio de agua, nutrientes, citoquinas y factores de crecimiento, entre otros, facilitando su incorporación al tejido receptor. La matriz ideal para el trasplante de células debe ser biocompatible y reabsorbible, permitiendo así una reconstitución tisular apropiada siguiendo la degradación natural del material. Estos materiales de soporte deben de cumplir con las funciones siguientes: 1) Actuar como transportador de las células trasplantadas. 2) Regular y controlar el potencial crecimiento de las células del huésped. 3) Crear un espacio que permita el desarrollo y crecimiento del nuevo tejido, ofreciendo soporte mecánico, para así guiar un proceso natural de formación tisular [4].

Para lograr tales interacciones, se requiere del aislamiento y selección de células órgano-específicas, a las cuales se les administren factores de crecimiento celular y condiciones físicas óptimas para su cultivo, tales como temperatura, presión parcial de oxígeno y dióxido de carbono, pH, medios de cultivo adecuados entre otras. La matriz biocompatible es la responsable de la estabilidad y el crecimiento espacial del tejido, teniendo fundamental importancia la interacción entre ambos, la capacidad de maduración, proliferación celular y producción de matriz extracelular.

Lo anterior ha despertado un gran interés por el uso de las células madre, las cuales pueden replicar como células indiferenciadas, teniendo la capacidad de diferenciarse en varios linajes de tejidos [5].

## CÉLULAS MADRE O “STEM CELLS”

Las células madre son el origen de la vida. Se definen como células con capacidad de clonación y autorenovación, que se diferencian hacia múltiples linajes celulares. Las células madre de los mamíferos se clasifican como: 1) Células totipotentes, son capaces de transformarse en cualquiera de los tejidos de un organismo. Cualquier célula totipotente tiene capacidad de originar un nuevo individuo. 2) Células pluripotentes, capaces de producir la mayor parte de los tejidos de un organismo. Aunque pueden producir cualquier tipo de célula del organismo, no pueden generar un embrión. 3) Células multipotentes, se encuentran en los individuos adultos. Pueden generar células especializadas concretas. 4) Células unipotentes, las cuales pueden formar únicamente un tipo de célula particular.

Las células ideales para ingeniería de tejidos deben ser fáciles de obtener y de expandir, conservar el fenotipo, mantener su función y ser multipotentes para diferenciarse o

transdiferenciarse, a una variedad de células especializadas específicas de tejidos u órganos, las cuales no deben generar respuestas inmunes; en este sentido, las células madre mesenquimales, (MSC), que muestran un fenotipo estable y permanecen en monocapa, han sido utilizadas con mayor frecuencia en ingeniería de tejido óseo, tendón, cartílago y músculo. Estas células pueden obtenerse a partir de tejido adiposo o médula ósea [5-7].

## INGENIERÍA DE TEJIDO ÓSEO

El tejido óseo se compone de una matriz extracelular integrada en un biocompuesto, formado por una red fibrosa de colágeno dentro de una matriz de fosfato de calcio (hidroxiapatita). Las células óseas (osteoblastos, osteoclastos y osteocitos) se encuentran en una relación simbiótica con la matriz extracelular, regulando los mecanismos de modelado, remodelado y reparación ósea.

En el caso del tejido óseo, los materiales más utilizados para el desarrollo de las estructuras tridimensionales, son las hidroxiapatita,  $\beta$ -tricalcio fosfatos, los poly ( $\alpha$ -hidroxi ácidos), y algunos polímeros de origen natural como el colágeno, la quitina y la quitosana. En muchos casos, las superficies de los materiales son modificadas con diferentes proteínas y factores de crecimiento que estimulan la respuesta celular, y activan los genes responsables de la diferenciación y mineralización del tejido [6]. Las matrices tridimensionales para la Ingeniería de tejido óseo deben satisfacer ciertos criterios: 1) Biocompatibilidad, permitiendo la integración adecuada al tejido huésped sin presentar efectos tóxicos (genotóxicos o citotóxicos), o causar respuesta inmune. 2) Porosidad, deben tener poros abiertos e interconectados, necesarios para la difusión de nutrientes y gases, así como para la remoción de desechos metabólicos como resultado de la actividad celular. 3) Tamaño del poro, el tamaño ideal del poro varía entre 200 y 900  $\mu\text{m}$ . 4) Propiedades de la superficie, las propiedades superficiales, tanto químicas como topográficas pueden controlar y afectar la adhesión y proliferación celular; las propiedades químicas están relacionadas con la habilidad de las células para adherirse al material. Las propiedades topográficas son fundamentales para la osteoconducción, proceso mediante el cual las células osteogénicas migran a la superficie de la matriz tridimensional, a través de un coágulo de fibrina, que se establece después del implante. 5) Osteoinductividad, proceso mediante el cual las células madre y osteoprogenitoras son reclutadas en el sitio de regeneración ósea, estimuladas para diferenciarse hacia la línea osteogénica. 6) Propiedades mecánicas, dependen del lugar de implantación y de las fuerzas mecánicas a las que se verá expuesto el implante. 7) Biodegradabilidad, para la fabricación de las matrices se deben utilizar materiales que tengan tasas de resorción que igualen a las de formación ósea, de tal manera que, para cuando la lesión esté totalmente regenerada, la matriz tridimensional se haya degradado totalmente [7].

## CONCLUSIONES

La necesidad de reemplazar, sustituir o restaurar tejido óseo dañado en diferentes partes del organismo, ha sido un gran reto en el campo de la medicina. Para lograrlo, se ha utilizado una larga lista de materiales, entre los que destacan: metales, polímeros, cerámicos, vidrios, injertos óseos de varios tipos, fosfatos y silicatos de calcio y en especial la hidroxiapatita. Sin embargo, la aplicación de estos materiales presenta todavía, algunas limitaciones funcionales. Con el desarrollo de la ingeniería de tejido óseo, será posible desarrollar sustitutos biológicos, adecuadamente colonizados con células progenitoras especializadas, que permitan la regeneración o reparación del tejido óseo dañado, de una manera práctica y funcional, como una alternativa a los implantes biomédicos tradicionales, utilizados en la actualidad.



## BIBLIOGRAFÍA

1. M. A. ENCINAS ROMERO, S. AGUAYO SALINAS, F. F. CASTILLÓN BARRAZA, Biomateriales Cerámicos: una Alternativa Práctica en Lesiones del Tejido Óseo. *Epistemus*. N° 3. Pp. 5-9, (2007).
2. M. VALLET-REGÍ, *Ceramics for medical applications*. *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, 2. Pp. 97-108 (2001).
3. Los polímeros en medicina: Introducción a la Ingeniería de Tejidos [www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/medicina/ingenieria\\_de\\_tejidos.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/medicina/ingenieria_de_tejidos.htm).
4. G. FALKE, *Introducción a la Ingeniería Tisular: Parte 1*. *Rev. de Cir. Infantil*, 11 [2] Pp. 69-71, (2001).
5. V. LECHNER, *Stem Cells: Proyecciones en Ingeniería en Tejido*. *Rev. Ped. Elec.*, ISSN 0718-0918, Vol 4, N° 1. Pp.17-21, (2007).
6. R.B. PALMA CORTÉS, S. VALDEZ, S. ROBLES CASOLCO, *La Ingeniería de Tejidos Óseos*. *Journal de Investigación de la Escuela de Graduados e Innovación, Tec de Monterrey Campus Puebla*. Año 3. Pp. 58-61 (Nov. 2008).
7. C. ESTRADA, A. CRISTINA PAZ, L. E. LÓPEZ, *Ingeniería de Tejido Óseo: Consideraciones Básicas*. *Revista EIA*, ISSN 1794-1237 N° 5. Pp.93-100, (2006).



## USO DE SERVICIOS DE SALUD POR PACIENTES CON ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA

MARÍA JESÚS YESENIA ACUÑA RUIZ,  
MARÍA EUGENIA GARZA ELIZONDO

La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), ocasiona cada año aproximadamente 2.75 millones de fallecimientos mundialmente. En México, la EPOC ocupa el 5° lugar como causa de muerte general, mientras que en el Estado de Sonora es la octava causa de muerte. Por lo que en el presente estudio se determinó el uso de los servicios de salud en pacientes con EPOC. El diseño del estudio fue descriptivo-correlacional; la población correspondió a pacientes con EPOC egresados del Hospital General del Estado y del IMSS. Resultando que el 37.2% de los pacientes con EPOC usó únicamente la consulta externa en los hospitales, el 62.8% de los pacientes se hospitalizaron en promedio  $1.4 \pm 0.8$  veces. Los hombres presentaron mayor estancia hospitalaria (78.7 vs. 59.6;  $U = 1746.5$ ,  $p = 0.006$ ). El desarrollo de este trabajo es importante para permitir la reorganización de los recursos en este problema que se incrementa en el país.

M.C.E. MARÍA JESÚS YESENIA ACUÑA RUIZ.  
Universidad de Sonora, Departamento de Enfermería,  
correo: yesiacuna@enfermeria.com.mx  
M.C. MARÍA EUGENIA GARZA ELIZONDO.  
Universidad Autónoma de Nuevo León,  
Correo: maria.garzae@imss.gob.mx.



## ¿QUÉ ES LA ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA?

La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) es un desorden respiratorio crónico que comprende a la bronquitis crónica y al enfisema pulmonar, está caracterizado por exacerbaciones definidas como limitación en el flujo de aire, disnea, jadeo, tos y un incremento en la producción de secreciones. Lo anterior restringe al paciente la habilidad de llevar a cabo sus actividades normales diarias y disminuye de este modo su calidad de vida. Con frecuencia, la EPOC es diagnosticada equivocadamente como asma o no es diagnosticada en sus etapas leves y moderadas. Por ser una enfermedad que generalmente se manifiesta después de los 40 años, los síntomas son atribuidos inicialmente a la edad, por lo que los pacientes no se atienden hasta que los síntomas son severos (1).

La EPOC es una de las principales causas de muerte e incapacidad alrededor del mundo, es la quinta causa de muerte en Europa y la cuarta en los Estados Unidos de América. En la actualidad, aproximadamente 600 millones de personas padecen EPOC en todo el mundo. Se ha estimado que aproximadamente 50% de los americanos y el 75% de los europeos con EPOC, no han sido diagnosticados. Cada año, aproximadamente 2.75 millones de fallecimientos son atribuidos a la EPOC. En México, la EPOC ocupa el 5º lugar como causa de muerte general y el décimo sexto como causa de muerte en la edad productiva, mientras que en el Estado de Sonora es la octava causa de muerte (2,3).

## ¿CÓMO DEBE SER TRATADA LA EPOC?

Para tratar de combatir este padecimiento las metas del tratamiento para la EPOC deben ser encaminadas a prevenir la progresión de la enfermedad, incrementar la tolerancia al ejercicio, aliviar los síntomas, prevenir y tratar complicaciones, exacerbaciones y reducir la mortalidad. Tratando así, de disminuir las complicaciones y las hospitalizaciones de los pacientes que lo padecen. Los costos relacionados con la EPOC son equiparables a los de

cáncer de mama, infartos y úlceras pépticas; y que en su mayoría son debido a las hospitalizaciones. Además éstos representan una carga económica y social tanto para la población como para los pagadores de seguros públicos y privados. En el país la información que se tiene al respecto es escasa, pero se sabe que su tratamiento representa una carga económica (4,2)

La EPOC es un padecimiento crónico cuyo tratamiento puede ser llevado en el hogar, pero a la vez presenta exacerbaciones que pueden presentarse en forma severa. Lo anterior conlleva a que el paciente solicite consultas en primer nivel de atención o en el más grave de los casos sea hospitalizado para su atención, lo que incrementa el uso de los servicios médicos. En Estados Unidos se reportó que el 22% los pacientes con EPOC se hospitalizaron, con un promedio de 4.7 días de estancia hospitalaria. Mientras que en España, la cantidad de pacientes que se internaron fue similar (20%). En México se ha documentado que un paciente con EPOC utiliza en promedio tres consultas en medicina familiar, presenta una media de estancia hospitalaria de ocho días y recibe en promedio una atención en urgencias (4,2,5,6,7).

Lo anterior hace patente que la EPOC es una entidad nosológica de importancia para el Sector Salud ya que es un problema crónico que en la mayoría de los casos es mal diagnosticada o pasa desapercibida, aunado a que existe poca evidencia respecto a los recursos que se requieren para atenderlos. Por lo que se considera importante realizar un estudio descriptivo correlacional con el propósito de conocer los recursos que el paciente con EPOC utiliza en las instituciones de salud a las que acude para su atención. Los resultados de estudio pueden proporcionar información para ser utilizada por los directivos de las instituciones de salud, entre los que se encuentran los de enfermería y cada uno en su ámbito podrán hacer eficientes los recursos que tienen a su cargo, para establecer estrategias en la planeación de programas educativos dirigidos a mejorar la salud de los pacientes.

El presente estudio tiene por objetivos determinar el uso de los servicios de salud, establecer la asociación de los factores predisponentes (edad y comorbilidad) con el uso de los servicios de salud y determinar el uso de los servicios de salud según el sexo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño del estudio fue de tipo descriptivo correlacional ya que se describen y documentan los factores predisponentes de los pacientes con EPOC que usan los servicios de salud, en condiciones naturales sin manipular las variables, de correlación debido a que se estableció la asociación de estos factores del modelo sociológico con el uso de servicios de salud (8).

La población para este estudio se conformó por pacientes con EPOC, egresados del Hospital General de Zona (HGZ) del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y del Hospital General del Estado (HGE) durante el año 2005. Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula para estimar una proporción en una población infinita con los siguientes parámetros: proporción de 0.14, Intervalo de Confianza 95% y 0.05 de error esperado. El tamaño mínimo de muestra fue 185 pacientes con egreso de EPOC, en total se estudiaron 223 pacientes. En el hospital del IMSS el muestreo fue no probabilístico, de forma consecutiva (130), mientras que en el HGE se observaron el total de egresos (94).

En ambos hospitales se localizaron los expedientes ya sea en forma manual o electrónica. Se ubicó la información requerida y fue transcrita a las cédulas elaboradas para este fin mediante la ayuda de tablas, clip y lápices. Este procedimiento se realizó en el caso del IMSS en área de archivo clínico, mientras que en el HGE fue en el área de informática y archivo clínico. Lo anterior para no interferir con las actividades cotidianas de la unidad.

Se elaboraron dos cédulas para coleccionar datos. La primera corresponde a la Cédula de Factores Predisponentes del Paciente con EPOC (CFPPEPOC), la cual incluye datos como: edad, sexo, ocupación, escolaridad, estado civil, tabaquismo, comorbilidad, unidad, servicio médico y diagnóstico; éstos están precodificados para seleccionar la opción de respuesta correspondiente

Además la Cédula de Uso de Servicios del Paciente con EPOC (CUSPEPOC), contiene casillas para cuantificar los indicadores de uso de hospital, en ésta se incluyen los principales tipos de servicios (medicina familiar, cardiología, medicina interna, neumología, inhalo terapia, consultas de urgencia, hospitalización y días de estancia intrahospitalaria, oxigenoterapia domiciliaria); estudios de laboratorio (biometría hemática, química sanguínea, tiempos de protombina y tromboplastina, gases arteriales); y de gabinete (Rx de tórax, espirometría, EKG, tomografía axial computarizada) que son empleados por el paciente con EPOC. Contiene casillas para colocar, con técnica de

paloteo, el número de veces que se presenta la acción, y otras para cuantificar el total.

Se usó el paquete estadístico SPSS v. 10.0, se utilizó estadística descriptiva empleando medidas de tendencia central como promedios y desviación estándar, así como frecuencias para representar las características de la población de estudio.

Para cumplir con el objetivo uno se obtuvieron proporciones, promedios y desviación estándar. En el caso del objetivo dos se utilizaron el coeficiente de correlación de Spearman y para el objetivo tres se empleó la U de Mann-Whitney,

## RESULTADOS

### Características de los Pacientes con EPOC

La edad promedio de la población estudiada fue de 65.1 ± 15.3 años, predominó el sexo masculino, poco más de la mitad de la población reportó tener pareja. Tres cuartas partes de los pacientes con EPOC contaban con escolaridad de primaria o no habían realizado ningún tipo de estudios; además, casi la tercera parte reportó ser empleado. En la tabla 1 se observa el sexo, estado civil, ocupación y escolaridad de los pacientes.

Tabla 1. Sexo y estado civil, ocupación y escolaridad de pacientes con EPOC que usaron los servicios

	F	%
<b>Sexo (n = 223)</b>		
Masculino	124	55.6
Femenino	99	44.4
<b>Estado Civil (n = 155)</b>		
Con Pareja	88	56.7
Sin Pareja	67	43.3
<b>Ocupación (n = 130)</b>		
Empleado	38	29.2
Hogar	57	43.8
Pensionado	30	23.1
Jubilado	3	2.3
Estudiante	2	1.5
<b>Escolaridad (n = 103)</b>		
Ninguna	15	14.6
Primaria	63	61.2
Secundaria	9	8.7
Bachillerato	8	7.8
Técnica	3	2.9
Profesional	5	4.9

FUENTE: CUSPEPOC

Para cumplir con el objetivo uno se observó que el 37.2% (83) de los pacientes con EPOC usó únicamente la consulta externa en los hospitales, la consulta más frecuente se presentó en las especialidades de neumología, cardiología y medicina interna (tabla 3), el 15.7% de estos pacientes hizo uso de la sala de urgencias y presentaron en promedio  $2.3 \pm 1.6$  ingresos a este servicio (tabla 2)

**Tabla 2. Uso exclusivo de la consulta externa por pacientes con EPOC**

	F	%	X	DE
Especialidad				
Cardiología	18	21.7	2.6	2.5
Medicina interna	22	26.5	5.5	5.5
Neumología	59	71.1	4.3	3.5
Inhalo terapia	2	2.4	12.4	5.6
Medicina general	16	19.3	6.0	6.5
Endocrinología	1	1.2	----	----

FUENTE: CUSPEPOC

Estos pacientes emplearon diferentes estudios de laboratorio, los más usados fueron biometría hemática y química sanguínea, mientras que los estudios de diagnóstico más empleados fueron la Rx de tórax y EKG (tabla 3).

**Tabla 3. Uso de estudios de laboratorio y gabinete por pacientes con EPOC que usaron exclusivamente la consulta externa del hospital**

	F	%	X	DE
<b>Laboratorio</b>				
Biometría hemática	61	73.5	3.3	2.8
Química sanguínea	54	65.1	3.0	2.6
Electrolitos séricos	17	20.5	3.3	2.8
Tiempo de protombina	13	15.7	1.3	0.5
Bacilo ácido alcohol resistente	10	12.1	2.7	0.7
Gases arteriales	17	20.5	1.3	0.6
<b>Estudios de gabinete</b>				
Radiografía de tórax	53	63.9	1.5	0.9
Espirometría	23	27.7	1.1	0.3
Tomografía axial computarizada	8	9.6	1.1	0.3
Electrocardiograma	28	33.7	1.3	0.5

FUENTE: CUSPEPOC

Un 62.8% (140) de los pacientes se hospitalizaron en promedio  $1.4 \pm 0.8$  veces; permanecieron en el nosocomio  $6.9 \pm 6.1$  días. La sala de emergencias fue usada en un

promedio de  $2.8 \pm 2.7$  veces por el 62.8% de los pacientes con EPOC. La consulta externa de hospital la más recurrida por estos pacientes fueron medicina interna, neumología y medicina general. En el laboratorio los estudios más utilizados fueron biometría hemática y química sanguínea. Además, en lo referente a los estudios de gabinete se reportó mayor uso para Rx de tórax y EKG (tabla 4).

**Tabla 4. Uso de servicios por pacientes con EPOC que se hospitalizaron**

	F	%	X	DE
<b>Especialidad</b>				
Cardiología	28	20.0	2.6	2.5
Medicina interna	118	84.3	5.5	5.5
Neumología	98	70.0	4.3	3.5
Inhalo terapia	41	29.3	12.7	5.4
Medicina general	67	47.8	7.1	6.8
Endocrinología	1	0.7	----	----
<b>Laboratorio</b>				
Biometría hemática	131	93.6	4.1	3.0
Química sanguínea	117	83.6	3.7	2.8
Electrolitos séricos	90	64.3	3.7	2.9
Tiempo de protombina	51	36.4	2.3	1.6
Bacilo ácido alcohol resistente	26	18.6	3.5	1.2
Gasometría arterial	71	39.3	1.4	0.7
<b>Estudios de gabinete</b>				
Radiografía de tórax	113	80.7	2.4	1.7
Espirometría	55	39.3	1.4	0.7
Tomografía axial computarizada	21	15.0	1.1	0.2
Electrocardiograma	102	72.9	3.8	4.7

FUENTE: CUSPEPOC

Para verificar el objetivo dos, se encontró que la edad y comorbilidad no presentaron relación significativa con el número de hospitalizaciones, estancia hospitalaria y número de consultas ( $p > 0.05$ ), esto en los pacientes que solo fueron internados en el hospital. Esta tendencia se observó también en los pacientes con EPOC que solo usaron la consulta externa del hospital ( $p > 0.05$ ).

Finalmente, para efectuar con el objetivo tres, no se observó diferencias del número de hospitalizaciones por sexo ( $p > 0.05$ ). Se encontró que los hombres (H) presentaron mayor estancia hospitalaria que las mujeres (M) ( $H = 78.7$  vs.  $M = 59.6$ ;  $U = 1746.5$ ,  $p = 0.006$ ).



## DISCUSIÓN

Las características sociodemográficas de la población son semejantes a las reportadas en la literatura internacional. Los pacientes que presentaron comorbilidad fueron casi tres cuartas partes de la población, cabe destacar que las enfermedades que se reportaron son todas patologías crónicas. La comorbilidad que se encontró es mayor a lo reportado por Izquierdo (2003) y Halpern et al. (2003). Se sabe que en España, algunos estilos de vida, situación que pudiera explicar la discrepancia. Por otra parte, en la zona norte de México se adoptan muchos estilos de vida semejantes a los de Estados Unidos, sobre todo relacionados con el tabaquismo, alimentación y sedentarismo. Por lo que la discrepancia entre estos países vecinos puede ser dada a que en México los programas de detección son gratuitos y al momento del contacto de la persona con cualquier unidad de atención asistencial o de seguridad social se realizan sus acciones preventivas (11).

En lo referente al uso de servicios, es de llamar la atención que poco más de la cuarta parte de la población solo usó la consulta externa del hospital. Esto pudiera ser resultado del hecho de que los pacientes cursaran con poco tiempo de evolución con el padecimiento. Sin embargo, dos de cada diez pacientes fueron ingresados a la sala de urgencias médicas para resolver sus problemas agudos. Se ha comentado que las personas realizan su propia evaluación y deciden en donde solicitar atención, lo que pudiera ser en una o más instituciones de salud a la vez y no necesariamente en la que son derechohabientes. También se sabe que ante la insatisfacción por la atención en los servicios de salud, la población con seguridad social está dispuesta a pagar servicios privados, situación que deberá ser estudiada posteriormente, ya que no fue el objetivo del estudio (12,13).

Dentro de los estudios recomendados a los pacientes con EPOC se encuentran los Rx de tórax y EKG en el periodo

de exacerbaciones. En la población estudiada se observó que seis de cada diez pacientes empleó Rx de tórax, poco más de la cuarta parte utilizó la espirometría y la gasometría arterial y el EKG fue usado por tres de cada diez personas. Esto es similar a lo reportado en poblaciones de España y Canadá donde la mitad de la población empleó la Rx de tórax, una tercera parte la gasometría arterial y el EKG por casi la mitad de los pacientes, pero menor a lo mencionado por Halpern et al. (2003) en población de Estados Unidos. Esta diferencia se pudiera explicar por la organización del sistema de salud de Estados Unidos, el cual es descentralizado y en su mayoría la atención es proporcionada por el sector privado. Uno de los principales problemas a los que se enfrenta es la inflación de los costos de la atención por lo que no toda la población tiene acceso a la atención médica; mientras que los mexicanos tienen acceso a instituciones de asistencia social, seguridad social y a las privadas dependiendo de su capacidad de pago (4,11,5,14).

En este estudio poco más de la mitad de los pacientes fue hospitalizada y permanecieron en el hospital poco menos de 10 días, contrario a lo reportado por Mapel, Picchi et al. (2000), donde la cuarta parte de los pacientes se hospitalizó y su estancia fue de cuatro días. Una explicación para esta discrepancia es que la población estudiada acudió a recibir atención en hospitales públicos; mientras que el Sistema de Salud en Estados Unidos enfrenta como uno de sus principales problemas la inflación de costos de la atención.

La sala de emergencias fue usada casi tres veces por paciente, menor a lo que se reporta en Estados Unidos de una visita a urgencias por paciente. Existen reportes del riesgo de uso de servicios de salud por un bajo nivel de escolaridad, y que algunas causas por las que los pacientes se presentan en urgencias es por necesidad de servicios en un nivel inferior, pero acuden al hospital para su atención (10).





El patrón de uso de estudios de laboratorio y gabinete se repite en los pacientes que usaron solo la consulta externa, excepto el EKG que se empleó en siete de cada 10 personas. Moreno (2000) comentó que durante la hospitalización los estudios deben ser indicados racionalmente. Además, se ha reportado que disminuir los costos de la hospitalización de los pacientes no afecta la calidad de la atención (10,9,5).

Al igual que en la población española estudiada por Izquierdo (2003), se observó que predominó el sexo masculino. El uso del hospital no observó diferencias en el total de hospitalizaciones por sexo. Una explicación a esta situación es que en el país con más frecuencia se contratan mujeres en maquiladoras y el campo.

La estancia hospitalaria fue mayor en los hombres, esto pudiera ser resultado de aspectos culturales. En el país, los hombres pocas veces asisten a realizarse acciones preventivas. En Hermosillo existen clínicas de tabaquismo y son mujeres las que acuden con mayor frecuencia. Además se agrega que pocas veces van a consulta y en el caso de los pacientes con EPOC cuando hay exacerbaciones, se pueden presentar más complicaciones que hacen su estancia hospitalaria prolongada.

## CONCLUSIONES

La consulta externa en los hospitales fue empleada por poco más de la tercera parte de la población. Las consultas de especialidad más empleadas fueron neumología, cardiología y medicina interna. Se atendieron en el servicio de urgencias en promedio un par de veces. Es casi nulo el registro de vacunas en los pacientes con EPOC.

Más de la mitad de los pacientes se hospitalizó, permaneciendo en el nosocomio siete días. La estancia hospitalaria fue mayor en los hombres. La sala de emergencias fue usada por seis de cada 10 pacientes con EPOC, en promedio tres veces por paciente.

En el laboratorio los estudios más utilizados fueron la biometría hemática y la química sanguínea, mientras que los estudios de gabinete fueron los radiografía de tórax y el EKG.

No se encontró asociación de edad y comorbilidad con el uso de servicios. Mientras que no se observaron diferencias del número de hospitalizaciones por sexo; la estancia hospitalaria fue mayor en los hombres.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Merck, Sh. & Dohme de España, S.A. (2005). Manual Merck de Información Médica para el Hogar. Recuperado el 08 de diciembre de 2005, de [http://www.msd.com.ar/content/patients/merck\\_manual/mm\\_hogar.html](http://www.msd.com.ar/content/patients/merck_manual/mm_hogar.html)

2. Castillo G. (2005). ¿Qué es la EPOC? Recuperado el 08 de diciembre de 2005, de <http://www.entornomedico.org/salud/saludyenfermedades/alfa-omega/epoc.html>

Secretaría de Salud. (2003a). Estadísticas Vitales. México. Secretaría de Salud.

4. Biblioteca Nacional de Medicina de los EEUU & Institutos Nacionales de la Salud. (2005). Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. Recuperado el 08 de diciembre de 2005, de <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000091.htm>

5. Izquierdo, J. (2003). The burden of COPD in Spain: results from the Confronting COPD survey. *Respiratory Medicine*, 97 (Suppl. C), 561-569.

6. Mapel, D., Hurley, J., Frost, F., Petersen, H., Picchi, M., Coultas, D. (2000). Health Care Utilization in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Case-Control Study in a Health Maintenance Organization. *Archives Internal Medicine*, 160, 2653-2658.

7. Reynales-Shigematsu, L., Rodríguez-Bolaños, R., Jiménez J., Juárez-Márquez S., Castro-Ríos A., Hernández-Ávila, M. (2006). Costos de atención médica atribuibles al consumo de tabaco en el Instituto Mexicano del Seguro Social. *Salud Pública de México*, 48 (Suppl 1), 548-564.

8. Polit, D. & Hungler, B. (1999). Investigación científica en ciencias de la salud. (2ª Ed.) Mexico: Mc Graw-Hill.

9. Secretaría de Salud. (1987). Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud: Ley General de Salud. Leyes y códigos de México: Porrúa.

10. Halpern, M., Stanford, R. & Borker, R. (2003). The burden of COPD in the U.S.A: results from the Confronting COPD survey. *Respiratory Medicine*, 97 (Suppl. C), 581-589.

11. Chapman, K., Bourbeau, J. & Ramnce, L. (2003). The burden of COPD in Canada: results from the Confronting COPD survey. *Respiratory Medicine*, 97 (Suppl. C), 523-531.

12. Fundación Mexicana para la Salud. Demanda y oferta de servicios: obstáculos a la mejoría del Sistema de Salud en México. Fundación Mexicana para la Salud. México; 1994.

13. Mercado-Martínez, F., Robles-Silva, L., Ramos-Herrera, I., Moreno-Leal, N., Alcántara-Hernández, E. (1999). La perspectiva de los sujetos enfermos. Reflexiones sobre el pasado, presente y futuro de la experiencia del padecimiento crónico. *Saúde Pública*, 15(1), 179-186.

14. Vogel, D. (1995). Experiencias innovadoras en el sistema de salud de Estados Unidos: situación actual y perspectivas. En: Ruelas, E., Querol, J., editores. Innovaciones de los sistemas de salud: una perspectiva internacional. Fundación Mexicana para la Salud. México.

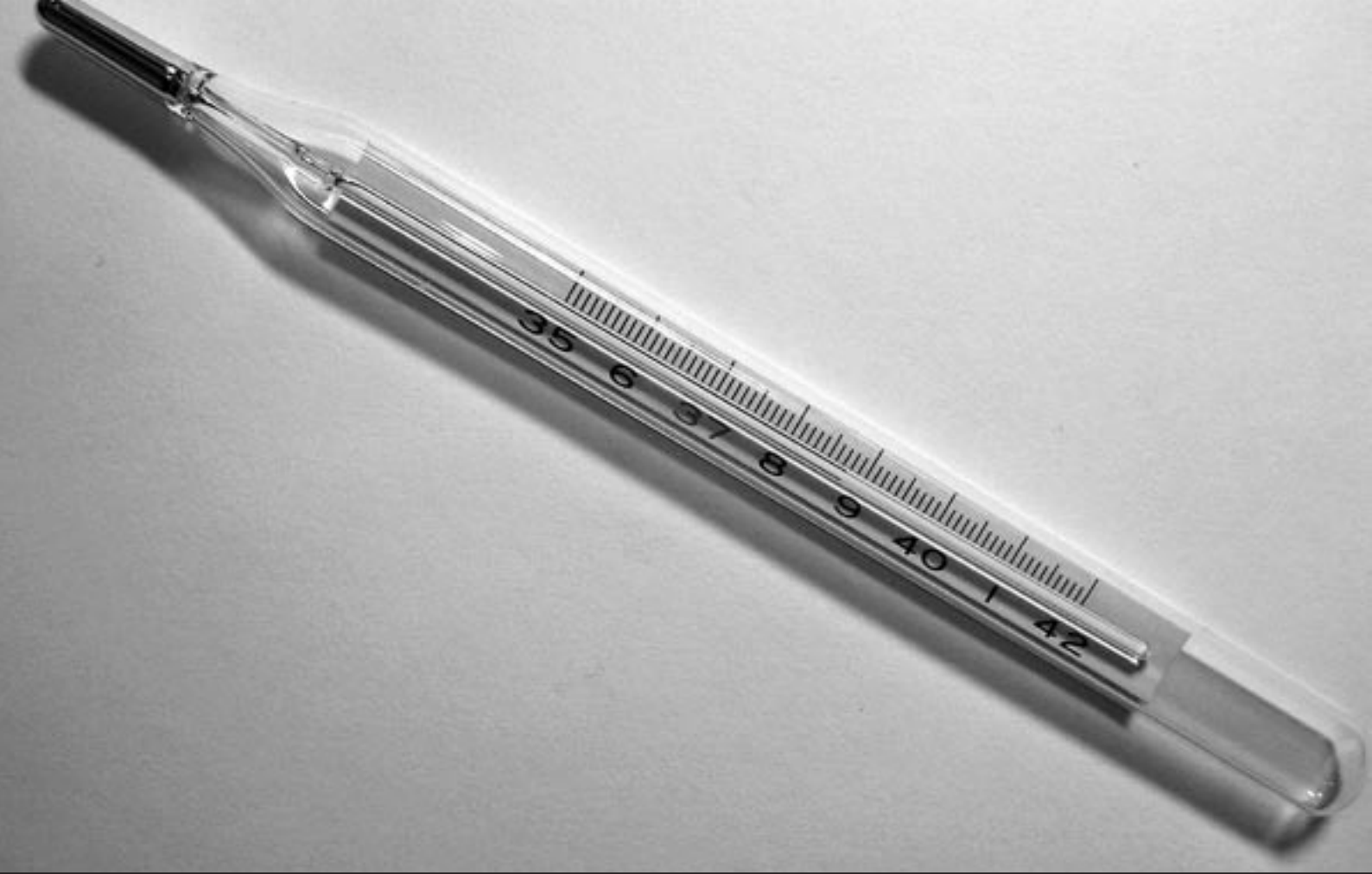
15. Mapel, D., Picchi, M., Hurley, J., Frost, F., Petersen, H., Mapel, V., Coultas, D. (2000). Utilization in COPD: Patient characteristics and diagnostic evaluation. *The American Collage of Chest Physicians*, 117(Suppl. 2), 346-353.

## ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE REDUCIR EL USO DEL MERCURIO?

ELSA Yael CASTILLO CRUZ  
CLARA ROSALÍA ÁLVAREZ CHÁVEZ

Uno de los temas más comunes que escuchamos o del que hablamos a diario, es la contaminación. Desde el inicio de la era industrial y conforme han pasado los años se han acrecentado los niveles de contaminantes en el medio ambiente, entre los cuales uno de suma importancia es el mercurio. Las acciones para controlar y reducir este contaminante han aumentado, ya que causa efectos nocivos a la salud humana y al medio ambiente.

ELSA Yael CASTILLO CRUZ  
Estudiante de la Carrera de Ingeniería Química  
DRA. CLARA ROSALÍA ÁLVAREZ CHÁVEZ  
Profesora del Departamento de Ciencias Químico Biológicas  
Universidad de Sonora



## EL MERCURIO Y SU TOXICIDAD

El mercurio es un elemento químico metálico, también conocido como azogue, es un líquido blanco plateado a temperatura ambiente, es utilizado en diversos dispositivos y/o equipos, como termómetros, lámparas, interruptores eléctricos, etcétera y sus compuestos también se utilizan como reactivos de laboratorio.

Las rutas de exposición del ser humano al mercurio son ingestión, inhalación y por contacto. Su absorción y daño a la salud dependerá de la forma química en que se encuentre (orgánica e inorgánica), siendo la forma orgánica la más tóxica, también influye la dosis, edad de la persona, duración y ruta de exposición y estado de salud. La exposición del ser humano al mercurio puede causar efectos adversos en el sistema nervioso central, corazón, riñones, pulmones y al sistema inmunológico de las personas de todas las edades,

siendo más susceptible durante la etapa gestacional.

Una vez que el mercurio metálico (forma inorgánica) es liberado al ambiente, éste se evapora y propaga a gran distancia en la atmósfera y se deposita en cuerpos acuíferos. El mercurio no se degrada y permanece en el ambiente, pero a través de la acción de los microorganismos es transformado a mercurio en su forma orgánica (metilmercurio y dimetilmercurio), el cual puede llegar al ser humano a través de la cadena alimentaria, por ejemplo por el consumo de pescado. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente ha indicado que la evaluación global sobre los niveles de mercurio en el ambiente han proporcionado evidencia suficiente a nivel mundial sobre los efectos tóxicos de este elemento y sus compuestos en la salud humana, por lo tanto son necesarias acciones para tratar de reducir la contaminación por mercurio con el objetivo final de eliminar los riesgos asociados a la salud y al ambiente.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN A NIVEL MUNDIAL

Las agencias gubernamentales de algunos países como México y Estados han creado regulaciones para reducir las descargas de mercurio en el ambiente. Así también diversas instituciones a nivel mundial como la Organización Mundial de la Salud, Instituciones Educativas, Organizaciones Gubernamentales y no Gubernamentales se encuentran promoviendo programas para reducir o eliminar el uso de mercurio.

## ESFUERZO INTERINSTITUCIONAL

Entre estas acciones destacan actualmente los esfuerzos para la reducción del uso del mercurio en el sector salud. En éste ámbito la Universidad de Massachussets-Lowell (UMASS-Lowell) en colaboración con la Universidad de Sonora y el Instituto para el desarrollo de la producción y medio ambiente laboral de Ecuador (IFA), se encuentran trabajando en lograr la reducción y o eliminación de este metal en hospitales de México y Ecuador. Por lo tanto, es importante que en la Universidad de Sonora también se inicien esfuerzos similares en el campus, debido a la importancia de este metal como agente tóxico contaminante y para ser congruente con las acciones que se están promoviendo actualmente al exterior.

## FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE MERCURIO EN LA UNISON

Las principales fuentes de contaminación de mercurio en la Universidad de Sonora son las siguientes: termómetros de laboratorio y aquellos utilizados para la medición de la temperatura corporal, barómetros, compuestos de mercurio utilizados como reactivos, lámparas fluorescentes, focos de cañones, equipo especializado como liofilizadores, interruptores eléctricos, termostatos, etc.

Una de las principales fuentes de mercurio son los termómetros fabricados con material frágil, como el vidrio, los cuales fácilmente se rompen y liberan mercurio al ambiente. Un termómetro para medir la temperatura corporal puede contener de 0.5- .5 g de este metal, 1 g de mercurio contamina 8 hectáreas de agua. Una forma sencilla, rápida, efectiva y de bajo costo para reducir la presencia de mercurio por esta fuente en el campus universitario es la sustitución de estos dispositivos por termómetros digitales los cuales presentan buena precisión y lecturas rápidas. Dicha

acción provocaría una disminución significativa de la cantidad de mercurio presente y evitaría derrames de este metal que pondrían en riesgo la salud de la comunidad y se evitaría la contaminación del ambiente.



Esta iniciativa puede ser fácilmente replicable en otras instituciones de educación superior y centros de investigación de la región y del país.





## EL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA SUSTENTABILIDAD

EL CASO DE LA INDUSTRIA DE AUTOPARTES EN  
LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO

AMINA MARÍN MARTÍNEZ, NORA ELBA MUNGUÍA VEGA,  
LUIS EDUARDO VELÁZQUEZ CONTRERAS

El presente artículo muestra las oportunidades de mejora en la gestión de seguridad y salud ocupacional para el logro de un sistema de producción sustentable en la industria de autopartes en la ciudad de Hermosillo, Sonora, utilizando el perfil de evaluación de programas (OSHA PEP) como instrumento de medición. Los resultados de esta investigación señalan que es imperativo que esta industria implemente de manera formal, sistemas de gestión de la seguridad y salud ocupacional, para generar espacios de trabajo sanos y seguros.

DRA. AMINA MARÍN MARTÍNEZ.  
Correo: [amarin@industrial.uson.mx](mailto:amarin@industrial.uson.mx)  
DRA. NORA ELBA MUNGUÍA VEGA.  
Correo: [nmunguia@industrial.uson.mx](mailto:nmunguia@industrial.uson.mx)  
DR. LUIS EDUARDO VELÁZQUEZ CONTRERAS.  
Correo: [Luis\\_Velazquez@industrial.uson.mx](mailto:Luis_Velazquez@industrial.uson.mx)  
Departamento de Ingeniería Industrial.  
Universidad de Sonora



## INTRODUCCIÓN

El presente artículo se deriva de una investigación doctoral y muestra la situación actual que presenta la industria de autopartes de la ciudad de Hermosillo, Sonora, en el tema de los programas de seguridad y salud ocupacional implementados para lograr un sistema de producción sustentable compatible con la producción de bienes y servicios que integran la conservación del medio ambiente de trabajo, la salud y la seguridad de los trabajadores.

El concepto de desarrollo sustentable ha sido estudiado desde distintas perspectivas, siendo una de las más destacadas la que lo considera un concepto enfocado a la conservación del medio ambiente. Sin embargo, en realidad también comprende las áreas económica y social, ya que el medio ambiente representa la base de donde se obtienen los bienes y servicios y es el espacio donde crece la economía y el desarrollo social de toda actividad humana [1], por esa razón en los últimos años se ha incorporado el concepto de salud humana a su definición original [2, 3].

La producción sustentable comprende la creación de bienes y servicios usando procesos y sistemas que integran la conservación del medio ambiente, la salud y la seguridad de los trabajadores así como el beneficio a la comunidad, a la vez que impulsa el crecimiento económico de una organización a largo plazo [4]; un sistema de producción sustentable es un medio decisivo para alcanzar el desarrollo sustentable de una región.

A nivel internacional la industria automotriz es pionera en mejorar las condiciones de trabajo en aras de la salud de los trabajadores y de la productividad; en México en esta industria todavía existe un largo camino por recorrer, en especial en las empresas que componen la industria de autopartes, las cuales proveen de partes y componentes a la industria terminal, la cual se encarga de realizar el ensamble final y generar el producto terminado de esta industria: el automóvil.

El objetivo del presente artículo es mostrar los aspectos más relevantes de una evaluación realizada a la industria de autopartes de Hermosillo, Sonora para aproximarse a una caracterización de esta industria en su gestión de la seguridad y la salud ocupacional, con base en la cual

se busque mejorar el elemento social de la sustentabilidad.

La estructura del artículo inicia con una descripción general de la problemática, enseguida se mencionan las características del estudio y la metodología, posteriormente se muestran los resultados obtenidos y finalmente se plasman las conclusiones del estudio.

## PROBLEMÁTICA

Los esquemas actuales para medir la sustentabilidad de las empresas no abordan de manera eficaz todos los aspectos operativos que debe contemplar una empresa que se diga sustentable, específicamente se plantea que las empresas ubicadas en los países en vías de desarrollo dejan de lado principalmente los aspectos sociales, los cuales incluyen el rubro de salud pública y ocupacional [5]. Para considerar a una industria como sustentable, en ella se debe observar entre otras cosas que los objetivos del desarrollo sustentable estén totalmente contemplados en sus prácticas operacionales.

El caso de la industria automotriz en México y en particular el sector de la industria de autopartes instalado en la ciudad de Hermosillo, Sonora, ha tenido un enorme crecimiento, sin embargo, uno de los problemas existentes en esta industria es el desconocimiento de cuáles han sido las implicaciones que éste ha tenido o cuáles podría tener con relación a la seguridad y la salud de los empleados que laboran en ella, situación que limita la posibilidad de eliminar o reducir un posible impacto negativo en la salud, ya que al no conocer los riesgos también se desconocen sus posibles impactos.

## CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO Y METODOLOGÍA

La presente investigación se realizó utilizando la teoría general de sistemas, lo cual permitió representar la realidad de una forma sistemática y científica y analizarla desde una perspectiva multidisciplinaria que la condujo a un planteamiento del problema más real [6].

La obtención de información para esta investigación se realizó en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México, donde gran parte del crecimiento poblacional de la ciudad es debido a la fuerte industrialización que ha experimentado, sobre todo por las grandes inversiones en la industria automotriz

y sus proveedores. Para realizar la investigación se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, el cual generó el estudio de ocho empresas del sector autopartes instaladas en Hermosillo, en las cuales se entrevistó a los responsables de la seguridad en las mismas y se efectuaron recorridos por las instalaciones de cada una de las empresas que participó. El estudio se llevó a cabo en el periodo comprendido entre Septiembre 2008 y Abril 2009.

Se utilizó la forma 33 de la guía del perfil de evaluación de programas (PEP) de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos, (OSHA por sus siglas en inglés), la cual, en investigaciones previas, ha demostrado ser válida y confiable para medir de manera eficaz cada una de las categorías que en ella se contemplan, además de ser sensible a los cambios generados en los elementos que evalúa. Por todo lo anterior, a partir de ella, se hizo una valoración general de los elementos y el nivel de desempeño general de seguridad y salud ocupacional en la industria de autopartes.

Para la evaluación de los programas de seguridad y salud ocupacional, la forma 33, utiliza de una forma sencilla y fácil 25 indicadores divididos en cuatro categorías [7]: a) Dirección administrativa y participación de los empleados, b) Análisis del lugar de trabajo, c) Control y prevención de riesgo, y d) Entrenamiento en seguridad y salud ocupacional. Al final es posible obtener como resultado máximo una calificación de cien para el programa, ya que los indicadores se evalúan en una escala del 0 al 4; este instrumento ha sido probado en varias industrias anteriormente [8, 9].

## ANÁLISIS Y RESULTADOS

Las características demográficas de la muestra estudiada son las siguientes: La muestra utilizada en el estudio contempló ocho empresas de la industria de autopartes instaladas en la ciudad de Hermosillo, Sonora (tabla 1), de las cuales el 75% tiene como país de origen a los Estados Unidos de América, 25% a Francia y el otro 25% a España; la cantidad de empleados laborando en las empresas que participaron en el estudio se ubicó desde 15 hasta 1450 personas contratadas en la empresa en el momento del estudio.

		Cantidad	Máximo	Mínimo
País de Origen	España	1		
	Francia	1		
	USA	6		
Número de empleados			1450	15
Mujeres			846	1
Hombres			604	14

Tabla 1 País de origen y empleados laborando



Considerando la relación de proveedor que mantienen con su cliente, las empresas de esta industria están estructuradas por "niveles" diferenciados por la naturaleza de su relación de suministro con su cliente, el nivel tecnológico del producto que abastece y la complejidad de la producción y funciones de suministro que controlan o coordinan; los proveedores directos a la industria terminal, se reconocen como: proveedores de primer nivel (Tier 1); mientras que los indirectos son reconocidos como de segundo nivel (Tier 2), tercer nivel (Tier 3); y así sucesivamente, los cuales abastecen productos cada vez de menor valor agregado. En la muestra estudiada, de las empresas que participaron (tabla 2), el 25% es Tier 1, el 12% Tier 2, el 12% Tier 3, el 37% Tier 1 y 2 simultáneamente y finalmente otro 12% corresponde a empresas que simultáneamente son Tier 2 y 3.

		Cantidad	Porcentaje
Nivel de proveedor Tier	Tier 1	2	25.0
	Tier 2	1	12.5
	Tier 3	1	12.5
	Tier 1 y 2	3	37.5
	Tier 2 y 3	1	12.5
<b>Total</b>		8	100

Tabla 2 Nivel de proveeduría

De las empresas de autopartes en la muestra, el 75 % cuenta con la certificación del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001, ninguna tiene la certificación del Sistema de Administración de Seguridad y Salud OHSAS 18001, y de estas últimas, el 25% de las empresas visitadas dijo encontrarse en proceso de preparación para la obtención del mencionado certificado.

A continuación, en la tabla 3 se muestran los valores globales obtenidos para cada una de las cuatro categorías que evalúa el perfil de evaluación de programas OSHA PEP para la industria de autopartes; se muestra también el puntaje máximo que es posible obtener si la empresa



obtiene una evaluación máxima en todos los elementos en cada categoría y finalmente se muestra también el porcentaje de cumplimiento que presenta para cada categoría.

	Dirección administrativa y participación de empleados	Análisis del área de trabajo	Control y prevención de riesgo	Entrenamiento de seguridad y salud	Total
Puntaje obtenido por la industria de autopartes local	25	19	18	9	71
Puntaje máximo a obtener	36	28	24	12	100
Porcentaje de cumplimiento %	69	68	75	75	71

Tabla 3. Perfil de evaluación de programas (OSHA PEP)

A continuación se describen de forma más detallada los resultados del estudio y se desglosan cada una de las cuatro categorías evaluadas con el instrumento.

#### a) Dirección administrativa y participación de los empleados.

Con relación a la categoría Dirección administrativa y participación de los empleados, en la que se obtuvo el 69 % de cumplimiento, los resultados para cada uno de los elementos de esta categoría se muestran en la tabla 4, y en ella se observa que los dos aspectos que requieren mayor atención corresponden primero a las metas y objetivos claros y comunicados, donde una calificación de 2 nos indica que sólo una parte del personal acepta plenamente las metas y objetivos y pueden explicar los resultados esperados y cómo medir los objetivos alcanzados y posteriormente en esta misma categoría encontramos como área de oportunidad el Involucramiento de los empleados, donde un valor de 2 nos indica que sólo alguna parte del personal siente que tiene un impacto positivo en identificar y resolver aspectos de seguridad y salud.

Aspecto evaluado	Puntaje obtenido
Políticas claras de seguridad y salud en el sitio de trabajo	3
Metas y objetivos claros y comunicados	2
Liderazgo administrativo	3
Ejemplo de administración	3
Involucramiento de los empleados	2
Responsabilidades asignadas en el área de seguridad y salud	3
Autoridad y recursos para la seguridad y salud	3
Responsabilidades	3
Revisión del Programa (aseguramiento de la calidad del programa)	3
Puntaje Total	25

Tabla 4 Puntaje obtenido en Dirección administrativa y participación de los empleados





### b) Análisis del área de trabajo.

Con relación a la categoría Análisis del área de trabajo, donde se obtuvo el 68 % de cumplimiento, los resultados para cada uno de los elementos de esta categoría se muestran en la tabla 5. Se observa que en esta categoría los aspectos más sensibles fueron, primero la Identificación de Riesgos vía inspección y después la Investigación de Accidente/incidente, lo que significa que aún cuando empleados bien entrenados realizan frecuentemente inspecciones y tratan de eliminar los riesgos, todavía existen evidencias de éstos, y además que, cuando los incidentes son reportados e investigados, la identificación de la causa y la corrección pueden ser inadecuadas.

Aspecto evaluado	Puntaje promedio
Identificación de Riesgos (revisión por expertos)	3
Identificación de Riesgos (análisis de cambios)	3
Identificación de Riesgos (seguimiento del análisis de riesgo)	3
Identificación de Riesgos (inspección)	2
Sistema de reporte de riesgo	3
Investigación accidente / incidente	2
Análisis de lesiones y enfermedades	3
<b>Puntaje Total</b>	<b>19</b>

Tabla 5 Puntaje obtenido en Análisis del área de trabajo

### c) Control y prevención de riesgos.

Con respecto a la categoría Control y prevención de riesgos, donde la industria de autopartes local obtuvo un cumplimiento del 75%, en la tabla 6 se observa que el aspecto más sensible se ubica en el programa médico (cuidados durante una emergencia) donde una calificación de 2 significa que el personal de esta industria cuenta

solamente con habilidades básicas para emergencia y que sólo se cuenta con asistencia de la comunidad para las emergencias.

Aspecto evaluado	Puntaje promedio
Control oportuno de riesgos	3
Mantenimiento de planta y equipo	4
Planeación y preparación de emergencias	3
Equipo de emergencias	3
Programa médico (proveedores de salud)	3
Programa médico (cuidados durante una emergencia)	2
<b>Puntaje Total</b>	<b>18</b>

Tabla 6 Puntaje obtenido en Control y prevención de riesgos

### d) Entrenamiento de seguridad y salud

Finalmente en la categoría de entrenamiento de seguridad y salud donde se obtuvo un 75% de cumplimiento, en la tabla 7 observamos que los rubros evaluados son el que los empleados aprendan a protegerse a ellos mismos y a otros de los riesgos, que los supervisores aprendan responsabilidades y subrayen las razones y finalmente que los administradores estén entrenados formalmente en seguridad y salud, y observamos que en todos ellos existe la posibilidad de mejorar y lograr con ello que los empleados puedan demostrar habilidad y dar apoyo en todas las áreas de entrenamiento, así como que todos los supervisores apoyen en el análisis del sitio de trabajo en cuanto a reforzar la protección física, el entrenamiento y disciplina y explicar los procedimientos de trabajo basados en el entrenamiento que se les provee y finalmente que todos los administradores que han recibido de manera formal entrenamiento en seguridad y salud demuestren un amplio entendimiento del área.

Aspecto evaluado	Puntaje promedio
Entrenamiento en seguridad y salud	3
Los supervisores aprendiendo responsabilidades y subrayando las razones	3
Administradores aprendiendo un programa de seguridad y salud	3
<b>Puntaje Total</b>	<b>9</b>

Tabla 7 Puntaje obtenido en Entrenamiento de seguridad y salud



En síntesis, de los resultados que se obtuvieron en esta investigación se observa que en esta industria, existen aunque no de manera formal, los programas de seguridad y salud ocupacional, y que en ellos hay un gran potencial para que se mejoren las condiciones ocupacionales del personal empleado en ella, y por lo tanto, se minimice el posible impacto de las deficiencias en seguridad y salud en la parte social de la sustentabilidad.

## CONCLUSIONES

La calidad de vida de los empleados en las empresas de autopartes y en la sociedad en donde están ubicadas, presentan características que pueden mejorarse en el rubro de seguridad y salud; en este tema, existen algunos casos, por lo general en las empresas más grandes, en donde se están haciendo grandes esfuerzos que detonarán la implementación de programas formales para el cuidado de la salud y la seguridad de los empleados y la comunidad tendientes a crear un sistema de producción más sustentable en el rubro social. Sin embargo, en el caso de las empresas de tamaño mediano y pequeño, estos esfuerzos en el área de la salud y la seguridad, no existen o son abordados de una manera más laxa.

Cambiar los patrones de insustentabilidad es responsabilidad de todas las partes interesadas en el proceso, sin embargo, el Gobierno Mexicano y las empresas transnacionales de la industria terminal tienen la mayor responsabilidad, ya que, desde el exterior de la empresa de autopartes, pueden impulsar la creación del nuevo enfoque de trabajo tendiente a generar sistemas de producción más sustentables en este rubro.

La búsqueda por lograr la reducción o la eliminación de los riesgos ocupacionales para sus trabajadores y su respectivo impacto ambiental para la comunidad deben ser prioridad para la industria de autopartes, para lo cual pueden utilizarse herramientas para el logro de la sustentabilidad tales como: evaluación del ciclo de vida, diseño para el ambiente, sistemas de gestión ambiental ISO 14000, sistema de gestión de la seguridad y salud OHSAS 18000, así como, la reducción del uso de tóxicos, para trabajar en el elemento social de la sustentabilidad.

Para lograr un sistema de producción sustentable en la industria de autopartes, es necesario que los productos y los

procesos de producción, se orienten hacia nuevos patrones que contemplen los elementos sociales de seguridad y salud, además de todos los que ya se han venido abordando desde siempre, como son: los económicos y los ambientales, por lo cual el establecimiento de manera formal de programas de seguridad y salud en las empresas de autopartes debe ser un compromiso de esta industria con la sociedad que la recibe.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Salinas, P. J. "Desarrollo Sustentable y Salud," MedULA, Revista de Facultad de Medicina, Universidad de Los Andes, vol. 10, pp. 1-3, 2004.
2. World Health Organization, "Our planet, our health : Report of the WHO Commission on Health and Environment," Geneva 1992.
3. Dragun, A. K. and Jakobsson, K. M. Sustainability and Global Environmental Policy. New Perspectives Cheltenham: Edward Elgar Publishing 1997.
4. Quinn, M. Kriebel, Geiser, D. K. and Moure-Eraso, R. "Sustainable Production: A Proposed Strategy for the Work Environment.," American Journal of Industrial Medicine vol. 34, pp. 297-304, 1998.
5. Labuschagne, C. A. Brent, C. and Erck, R. P. G. v. "Assessing the sustainability performances of industries," 13, vol. 4, pp. 373-385 2005.
6. Arnold M. and Osorio, F. "Introducción a los conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas," Revista de Epistemología de Ciencias Sociales, 1998.
7. Munguia-Vega, N. E. "Sustainability practices performed by the mexican maquiladora industry," in Work Environment Department. vol. Doctor of engineering Lowell Massachusetts: University of Massachusetts Lowell, 2004, p. 196.
8. Armenti, K. and Moure-Eraso, R. "Integration of pollution prevention and occupational health and safety," University of Massachusetts Lowell 2000.
9. Munguia, N. E. "Sustainability practices performed by the Mexican maquiladora industry. A case study at the city of Hermosillo and the border city of Nogales Sonora," in Work environment Lowell: University of Massachusetts, 2004.



# METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS AMBIENTAL Y VALORACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA MINERÍA EN EL ENTORNO GLOBAL

SERGIO A. MORENO ZAZUETA  
JUAN M. RODRÍGUEZ ZAVALA

Es innegable que la minería tiene un efecto significativo en el medio en el que se asienta. La minería como generadora de desechos, en diversas etapas de sus procesos, emite e impacta al medio físico, causando efectos fácilmente identificables en los sitios en que se asienta, sin embargo, los efectos a nivel global pueden analizarse desde una forma conceptual englobados en 7 grandes temas: Grandes volúmenes de desecho, Planificación del cierre de minas, Legados de la minería, Manejo ambiental, Uso de energía en el sector de los minerales, Manejo ambiental de los metales, Amenazas a la diversidad biológica.

Por ello se hace necesaria la utilización de las herramientas metodológicas de valoración ambiental aplicadas a la minería, debido a que este Sector industrial frecuentemente es tachado de “depredador del medio ambiente”, la mayoría de las veces sin razón, o al menos sin un análisis serio de los impactos y efectos que está generando al medio físico. El uso de estas herramientas proporcionará una visión al empresario consciente, de las medidas aplicables al proceso para disminuir dichos efectos.

DR. SERGIO A. MORENO ZAZUETA  
Departamento de Ingeniería Civil y Minas.  
División de Ingeniería, Universidad de Sonora  
Correo: alan@dicym.uson.mx  
MC. JUAN M. RODRÍGUEZ ZAVALA  
Departamento de Ingeniería Civil y Minas.  
División de Ingeniería, Universidad de Sonora  
Correo: Juanrguez@dicym.uson.mx



## HERRAMIENTAS CONCEPTUALES PARA LA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Todos los sistemas de producción, procesos o servicios poseen un ciclo de vida que puede estructurarse de forma sistemática, con un principio y un final previamente establecido. En general, este ciclo de vida, que está compuesto por varios subsistemas conectados entre sí en forma de flujo progresivo, se inicia con la adquisición de las materias primas, pasando por otros subprocesos intermedios, hasta llegar al final de su vida útil cuando son llevados a vertedero.

La necesidad de estudiar, desde el punto de vista medioambiental, todas estas interrelaciones exigirán el empleo de métodos fiables que cuantifiquen o valoren todas estas acciones y sus efectos. Así, a la hora de tratar este tema es necesario proporcionar las respuestas adecuadas para atender a los objetivos esperados, entonces habrá que emplear herramientas que permitan medir los diversos tipos de parámetros, tanto aquellos clasificados de cuantificables

como los de difícil cuantificación.

Entre los parámetros cuantificables están incluidos los relacionados con el consumo de materias primas, consumo de agua y energía, emisiones de efluentes líquidos, emisiones de gases a la atmósfera, residuos sólidos, generación de co-productos, etc. Estos parámetros, pueden ser tratados a través de modelos, como por ejemplo, los de la base conceptual del análisis del ciclo de vida. Mientras los de difícil cuantificación, por ejemplo, los riesgos potenciales, cambios geográficos, impactos visuales del entorno o escasez de recursos son tratados con otras herramientas desarrolladas para tal fin. (2)

En las tablas 1 y 2 se muestran algunas de las principales herramientas hoy disponibles para la gestión medioambiental de sistemas de producción o productos y características básicas. (6)

Tabla 1. Herramientas conceptuales similares usadas en los sistemas de gestión ambiental ([SETAC, 1999]).

Herramienta	Traducción
<b>RA</b> – Risk Assessment	Análisis de riesgos ambientales
<b>EIA</b> – Environmental Impact Assessment	Estudio de impacto ambiental
<b>E Au</b> – Environmental Auditing	Auditoría Ambiental
<b>EPE</b> – Environmental Performance Evaluation	Evaluación del comportamiento ambiental
<b>SFA</b> – Substance Flow Análisis	Análisis del flujo de sustancias
<b>EMA</b> – Energy and Material Analysis	Análisis de material y energía
<b>ISCM</b> – Integrated Substance Chain Management	Gestión integral de sustancias
<b>PLA</b> – Product Line Analysis	Análisis de línea de producto
<b>LCA</b> – Life Cycle Assessment	Análisis del ciclo de vida

Fuente: SETAC

Tabla 2. Aspectos generales de las herramientas para la gestión ambiental. Fuente: SETAC

Herramientas	Objetivos generales	Puntos fuertes	Puntos débiles
Análisis de riesgos ambientales	Valorar los efectos adversos asociados a una situación específica de riesgo y sus interrelaciones con la salud humana y el medio ambiente.	-Evalúa los efectos locales y regionales bajo condiciones específicas.	- Es capaz de consumir mucho tiempo y recursos. - No es capaz de apuntar la ubicación del riesgo a lo largo del ciclo de vida.
Estudio de impacto ambiental	-Evalúa los impactos positivos y negativos sobre el medio ambiente de un determinado proyecto planteado.	-Calcula tanto efectos positivos como negativos. -Considera los efectos locales de un proyecto.	-No es capaz de apuntar fácilmente la ubicación de un efecto global/regional u otros efectos a lo largo del ciclo de vida.
Auditoría ambiental	- Verifica la conformidad con determinados requisitos de normativos vigentes, por medio de chequeo realizado por tercera parte.	- Proporciona una manera para que una tercera parte, independiente, compruebe los resultados.	- Enfoca una conformidad y enfatiza en término medio de más débil que de mejoría.
Evaluación del comportamiento ambiental	- Proporciona una información fiable, objetiva y comprobable a cerca del desempeño medioambiental de una determinada organización.	- Proporciona coeficientes de desempeño medioambiental asociándolos a políticas objetivas y metas preestablecidas.	-Promociona coeficientes de desempeños relativos y no absolutos.
Análisis del flujo de sustancias	-Contabilizar el suministro y la demanda de una sustancia específica que fluye a través del proceso de producción	- Toma en consideración un impacto potencial determinado a lo largo del ciclo de vida.	- El enfoque sobre una única sustancia puede apuntar falsos resultados.
Análisis de material y energía	- Calcular el balance energético y material asociado con una operación específica.	- Promociona una vía estructurada de identificación y valoración de un impacto potencial de operaciones, etc.	- Enfoca solamente una fases del ciclo de vida.
Gestión integral de sustancias	- Calcular y reducir globalmente el impacto medioambiental de una determinada sustancia asociada.	- Permite hacer consideraciones entre económicas y medioambientales en una misma herramienta.	- Emplea una valoración simplificada que puede dar respuestas demasiado simplificadas.
Análisis de línea de producto	- Evalúa potencialmente el impacto medioambiental, social y económico de un bien o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida.	- Integra aspectos medioambientales, económicos y sociales dentro de una sola herramienta.	- No puede valorar específicamente impactos locales.
Análisis de ciclo de vida	- Entender el perfil medioambiental de un sistema. - Identificar prioridad	-Considerar impactos global y regional. -Posibilita estimar los impactos que en términos influncian la salud de la sociedad.	- No es capaz de apuntar el carácter temporal o espacial de un determinado efecto

Fuente: SETAC

## EFFECTOS DE LA MINERÍA EN EL ENTORNO GLOBAL

Es innegable, como ya lo hemos mencionado, que la minería tiene un efecto significativo en el medio en el que se asienta. Es en el medio físico donde sus impactos son más notorios; sin embargo, vale la pena definir brevemente las condiciones y características propias de estas interacciones con dicho entorno.

### 1. La minería como generadora de desechos

Los productos minerales y otros recursos minerales rara vez son encontrados en un estado lo suficientemente puro como para ser comercializados tal como se minan. En el caso de los metales, frecuentemente son encontrados en combinaciones químicas con el oxígeno (óxidos), con el

azufre (sulfuros) o con otros elementos (arseniatos, cloruros, carbonatos, fosfatos etc.). Los no-metálicos contienen impurezas – algunas veces ligadas físicamente y otras químicamente- que también obligan a su “purificación”.

La mayor fuente de residuos sólidos generados por la minería y los subsecuentes procesos es la ganga (minerales sin valor o valor no económico asociado con el mineral de interés). Dependiendo de la etapa del proceso en que esta “ganga” es desechada, recibe diferentes denominaciones: roca estéril cuando es separada en el proceso de minado, jales o lodos de molienda cuando lo es durante la etapa de procesamiento del mineral, escoria cuando es separada durante los procesos pirometalúrgicos y muchos otros nombres (polvos, slurries, pilas de mineral lixiviado, etc.)



en diferentes etapas. Esta ganga puede contener parte del mineral de interés debido a procesos ineficientes, limitaciones tecnológicas o factores mineralógicos.

La explotación de grandes volúmenes en la búsqueda constante de la reducción de costes, da lugar a la generación de gran cantidad de desechos que tienen que ser ubicados próximos a las minas, dando lugar a nuevas montañas, que no solo afectan el paisaje, sino que son fuentes activas de contaminantes en forma de aguas ácidas, metales pesados, polvos, modificaciones hidrográficas, generación de sitios de riesgo geotécnico, alteraciones en el paisaje etc.

Parecería entonces que todos estos procesos de generación de residuos asociados a la minería son una fuente importante de elementos potencialmente dañinos para el medio físico en el que se ubican. Sin embargo, vale la pena señalar que estos desechos no resultan necesariamente en un daño para el ambiente: pueden existir muchos efectos mitigadores, algunos relacionados al proceso en sí (relacionados a las características físicas y químicas de los residuos, por ejemplo) otros relacionados al ambiente (clima, topografía, características del ecosistema, por mencionar algunos). Por esta razón es conveniente entender las diferencias entre emisión e impacto.

## **2. Emisiones, impactos y efectos de las actividades mineras**

Los términos emisiones ambientales (también llamadas emisiones de proceso), efectos ambientales, impactos ambientales, en algunas ocasiones son utilizados de una manera indistinta. Sin embargo, este abuso en la terminología promueve la falsa creencia de que una emisión causará inevitablemente un impacto, y por consiguiente los factores causa-efecto pueden ser fácilmente identificados.

Estos conceptos deben ser vistos más bien como una secuencia lógica, la cual empieza con la emisión de proceso y puede terminar con el daño ambiental, dependiendo de otros factores mitigantes como la dilución, biodegradación, mecanismos de atenuación etc.

Las emisiones ambientales (o de proceso) pueden

definirse como la transferencia de masa o energía al ambiente externo (todo lo que este fuera de los límites del proceso). Sin embargo, la ausencia de emisiones no implica que dicho proceso no cause un impacto ambiental. La salud ocupacional puede verse gravemente afectada por emisiones dentro de los límites del proceso (por ejemplo, la fibrosis pulmonar causada por la exposición a los polvos de sílice biológicamente activos (7).

### **Ejemplos de emisiones ambientales son:**

- La transferencia de residuos sólidos o efluentes líquidos al exterior de la planta de beneficio
- La descarga de gases por una chimenea a la atmósfera
- La transferencia de un metal sólido al medio acuoso por disolución (drenaje ácido por ejemplo)
- Polvos por las operaciones mineras superficiales.

Los Efectos Ambientales pueden definirse como una medida del cambio en el ambiente físico externo como resultado de una emisión ambiental. Sin embargo, ciertas emisiones ambientales pueden no tener efectos medibles debido a las características mitigadoras del medio físico. A pesar de ello, debemos tener en cuenta el principio precautorio: la ausencia de efectos no significa que debemos continuar generando estas emisiones.

Los Impactos Ambientales (o Daño Ambiental) implica que el efecto de una emisión, es tal, que los efectos mitigadores del medio físico no son suficientes para proteger a dicho medio. En esos casos, el medio físico es incapaz de regresar a su estado anterior sin intervención humana o la emisión tiene un impacto directo y medible para la salud humana y/o del ecosistema.

Prácticamente todas las operaciones unitarias de la minería tiene el potencial de producir efectos ambientales o impactos ambientales, ya sea de forma deliberada (regulada) o accidental, descargando emisiones sólidas líquidas o gaseosas. Además, la temporalidad de esas descargas causan que sus impactos sean transigentes, temporales o crónicos

En las tablas 3 y 4 se resume los principales impactos de las actividades minero-metalúrgicas.

Tabla 3. Procesos específicos por sector de la minería metálica y residuos generados

Sector	Tipo de Minado	Proceso de Beneficio/ Concentración	Residuos y/o emisiones principales
Oro-Plata-PGM	Superficial Subterráneo In Situ (experimental)	Cianuración Elusión Electrólisis Molienda Flotación Fundición Amalgamación (histórica)	Agua de Mina Roca estéril Solución estériles de proceso Jales Mineral Tratado
Oro, PGM de placeres	Superficial Dragado	Gravimetría Separación en medios densos Separación Magnética	Agua de Mina Roca estéril Jales
Plomo- Zinc - Níquel	Subterráneo	Molienda Flotación Fundición Sinterización	Agua de Mina Roca estéril Jales Escoria de fundición
Cobre	Superficial Subterráneo In Situ	Molienda Flotación Fundición Lixiviación Acida Extracción por Solventes Cementación	Agua de Mina Roca estéril Jales Escoria de fundición Mineral tratado Soluciones de lixiviación estériles
Hierro – Titanio- Cromo - Manganeso	Superficial Subterráneo	Molienda Separación Magnética Gravimetría Flotación Aglomeración Medios densos	Agua de Mina Roca estéril Jales Escoria
Aluminio	Superficial Subterráneo	Molienda Medios densos	Agua de Mina Roca estéril

Fuente: modificada U .S. E. P. A.

Tabla 4. Operaciones unitarias de la minería e impactos principales

Proceso	Residuos del Proceso	Emisiones al Aire	Otros residuos	Suelo, Ecosistema
Preparación del Sitio	Erosión debida a la remoción de la vegetación	Gases de los vehículos de construcción, polvo	Sedimentos a vías de agua	Deforestación
Barrenación y voladura	Drenaje Acido de Mina (DAM); erosión de sedimentos, residuos de aceites de vehículos	Polvo, gases de maquinaria pesada	Roca estéril	Incremento de erosión, pérdida de flora y fauna, reducción de captación de acuíferos, daños estructurales por vibración, competencia de uso de suelo.
Procesos de reducción de Tamaño		Polvo	Roca estéril adicional	
Procesos de Separación de Minerales	DAM	Polvos	Jales	Impacto al paisaje, contaminación de acuíferos
Lixiviación	DAM, pilas de roca estéril		Lodos de purgado	Afecciones a la fauna por contaminación de aguas

Fuente: modificada U .S. E. P. A.





### 3. ASPECTOS AMBIENTALES GLOBALES DE LA MINERÍA

Cuando se evalúan los indudables impactos ambientales provocados por la industria de los minerales, la primera pregunta que surge es si dicho impacto se encuentra dentro de los márgenes de autorregulación del ecosistema; ¿La duración del impacto es de corto o largo plazo? y, si es de largo plazo, ¿Es reversible o irreversible?

No pueden responderse de manera categórica, ya que no existe un sistema para hacerlo. Dado que obviamente es imposible clasificar todos los tipos de impacto ambiental que pueden ocurrir debido a algún aspecto de la cadena de los minerales, nos enfocaremos en problemas generalizados, que ocurren en todo el mundo o se producen con mayor frecuencia y que tienen repercusiones a largo plazo.

De manera general, podemos agrupar los problemas globales en 7 categorías en las que los impactos son graves y de largo plazo y, de este modo, más probables de ser considerados como un deterioro de la base del capital natural (4):

- Grandes volúmenes de desecho
- Planificación del cierre de minas
- Legados de la minería
- Manejo ambiental
- Uso de energía en el sector de los minerales
- Manejo ambiental de los metales
- Amenazas a la diversidad biológica

#### a) Grandes volúmenes de desecho.

Las operaciones mineras a gran escala producen inevitablemente grandes cantidades de desechos. Una de las consideraciones ambientales más importantes en

cualquier mina es cómo manejar estos grandes volúmenes de desecho de modo de reducir al mínimo los impactos a largo plazo y maximizar cualquier beneficio a largo plazo.

El volumen de desechos que produce la mina depende de las características geológicas del yacimiento, del tipo de minería (subterránea o a tajo abierto) y del mineral que es extraído, como también de la escala de la operación

El costo es un factor clave para decidir dónde estarán ubicadas las instalaciones para eliminar los desechos generados en la mina. La opción más barata, a menudo, es depositar los desechos en un lugar lo más cercano posible a la mina o en una ubicación a la cual pueda ser transportado por la gravedad. La elección del lugar también está muy influenciada por el clima: las opciones son muy distintas para La Escondida, en el desierto chileno, donde no llueve casi nunca y en Grasberg o Batu Hijau en Papua donde las precipitaciones anuales pueden alcanzar de 8 a 11 metros. (5).

Estas decisiones pueden tener un enorme impacto en el futuro de las comunidades locales, quienes tendrán que vivir con las consecuencias mucho después de que la mina haya cerrado y la empresa se haya marchado.

#### b) Planificación del cierre de minas

Para que una mina contribuya positivamente al desarrollo sostenible se deben considerar los objetivos e impactos del cierre desde el comienzo del proyecto. El plan de cierre define una visión del resultado final del proceso y establece objetivos concretos para implementar dicha visión. Un plan de cierre que incluya tanto rehabilitación

física como estabilidad socioeconómica debería ser parte fundamental del ciclo de vida del proyecto y debería ser diseñado para asegurar que:

- No se comprometa la salud ni la seguridad pública a futuro
- Los recursos ambientales no estén expuestos a deterioro físico ni químico
- El uso posterior del recinto sea beneficioso y sostenible en el largo plazo
- Cualquier impacto socioeconómico sea reducido al mínimo
- Todos los beneficios socioeconómicos sean maximizados

### c) Legados de la minería

Los problemas ambientales de las actuales y futuras operaciones mineras son lo suficientemente desalentadores. Pero en muchas maneras mucho más problemáticos son algunos de los continuos efectos de la extracción y fundición que han tenido lugar a través de las últimas décadas, siglos e incluso milenios. Estas zonas mineras han comprobado que algunos impactos pueden ser de largo plazo y que la sociedad aún está pagando el precio de los recursos del capital natural que han sido agotados por las generaciones pasadas.

En la mayoría de los países con larga historia minera, existe relativamente poca información sobre minas antiguas o su legado ambiental, aunque la información es suficiente para saber que los problemas son generalizados. (1).

La primera prioridad global para las autoridades públicas debe ser identificar y registrar las minas abandonadas y evaluar el riesgo que éstas constituyen. Dada la magnitud del problema y la capacidad limitada de las oficinas públicas, se deberá establecer prioridades –el proceso de registro, por ejemplo, debería ser fijado más allá de algún acuerdo

con respecto al tamaño de la mina.

La segunda prioridad en el ámbito nacional e internacional, debería ser desarrollar nuevos mecanismos de financiamiento que fueran lo suficientemente sólidos y sostenibles para hacer frente a los problemas que serán una carga para las futuras generaciones.

### d) Manejo ambiental

Para obtener todos los beneficios que presenta una Evaluación de Impacto Ambiental, ésta debería formar parte de un Sistema de Manejo Ambiental (SMA) que busque integrar responsabilidades ambientales en las prácticas de manejo diarias a través de cambios de la estructura, responsabilidades, procedimientos, procesos y recursos de la organización.

Un SMA proporciona a la empresa un método estructurado de manejo y entrega a la autoridad reguladora la ciencia y el control con respecto al desempeño de un proyecto que puede ser aplicado en todas las etapas del ciclo de vida –desde la identificación de un yacimiento hasta el cierre de la mina. Las etapas de un sistema de manejo ambiental son las siguientes:

- Compromiso organizativo
- Política ambiental
- Evaluación de impacto socioeconómico
- Evaluación de impacto ambiental
- Consulta a la comunidad
- Objetivos y metas
- Plan de manejo ambiental
- Manual ambiental y de documentación,
- Procedimientos de emergencia y control operativo
- Capacitación
- Seguimiento de emisiones y desempeño
- Auditorías ambientales y de cumplimiento
- Revisiones



#### **e) Uso de energía en el sector de los minerales**

El actual nivel y modelo de uso de energía es un factor fundamental que afecta las condiciones ambientales del mundo; el cambio climático es una preocupación crucial para el desarrollo sostenible. Este cambio climático tiene la posibilidad de provocar impactos graves a la reproducción de los ecosistemas y una vez que se produce es difícil revertir.

Existen varias razones por las cuales el sector de los minerales se encuentra especialmente involucrado en los aspectos de un potencial cambio ambiental global que se relacionan con el uso de energía:

- La elaboración de productos minerales básicos a partir de fuentes primarias implica el traslado y el procesamiento de grandes cantidades de material, lo que requiere una fuente de energía.
- Muchos productos elaborados que dependen de los insumos minerales para su funcionamiento consumen cantidades considerables de energía, como por ejemplo vehículos motorizados y artículos eléctricos.
- Debido a los requisitos de energía, la minería y la industria de los minerales pueden influir las decisiones con respecto a invertir en fuentes de energía.
- Varios productos minerales básicos, cabe destacar el caso del carbón, son utilizados como combustibles.

Aunque a veces se dijo que entre el 4 y el 7% de la demanda de energía del mundo es consumida por la minería, los límites no están lo suficientemente definidos para determinar una cifra mundial exacta. (3).

#### **f) Manejo ambiental de los metales**

Varios metales generan gran preocupación ambiental debido a su potencial toxicidad química. Estos temores se extienden a los metaloides –elementos no metálicos, como por ejemplo el arsénico, y que en algunos aspectos se comportan como metales. De hecho, las propiedades tóxicas de muchos metales y metaloides han sido explotadas para diseñar pesticidas y antisépticos.

Para muchas personas, el miedo a su toxicidad es tan importante como el daño que se sabe, han causado estos elementos. Este es un problema importante con respecto a la comunicación de riesgos y puede tener consecuencias sociales y económicas.

#### **g) Amenazas a la diversidad biológica**

El sector de los minerales tiene un papel fundamental en el mantenimiento de la biodiversidad, ya que algunas operaciones mineras pueden eliminar ecosistemas completos, todas sus especies endémicas y hacer que

sus actividades sean cada vez más prolíficas en áreas relativamente inalteradas y de alto valor de biodiversidad. Sin embargo, el éxito duradero dependerá de acciones de rehabilitación por parte de todos los sectores, incluyendo planificación económica, agricultura, pesca, energía, infraestructura y turismo. También dependerá de la comprensión que tengan los consumidores más ricos sobre el impacto social y ecológico que generan sus modelos de consumo.

#### **4. CONCLUSIONES**

Cada vez es más necesaria la utilización de las herramientas metodológicas de Valoración ambiental aplicadas a la minería, debido a que este Sector industrial frecuentemente es tachado de “depredador del medio ambiente”, la mayoría de las veces sin razón, o al menos sin un análisis serio de los impactos y efectos que está generando al medio físico.

El uso de estas herramientas proporcionará una visión al empresario consciente, de las medidas aplicables al proceso para disminuir dichos efectos.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

1. Ashton, P J, Love, D, Mahachi, H, y Dirks, P (2001) “An Overview of the Impact of Mining and Mineral Processing Operations on Water Resources and Water Quality in the Zambezi, Limpopo and Olifants Catchments in Southern Africa”. CSIR-Environmentek, Pretoria, Sudáfrica, y Departamento de Geología, Universidad de Zimbabwe, Harare, Zimbabwe. Informe preparado para MMSD Sur de África.
2. Johansson, J. (1999). “A monetary Valuation Weighting Method for Life Cycle Assessment Based on Environmental Taxes and Fees” Master Thesis in Natural Resource Management. Stockholm University, Sweden.
3. Lovins, A B, Feiler, T E, y Rábago, K R (2002) “Energy and Sustainable Development in the Mining and Minerals Industries”. Informe preparado para MMSD.
4. Moreno, S. (2007) “Valoración de las Cadenas Productivas de la Minería Metálica Global, usando Herramientas innovadoras de Gestión Ambiental” Tesis Doctoral UPM. España.
5. Phelps, R W (2000) “Moving a Mountain a Day – Grasberg Grows Six-Fold”. Engineering & Mining Journal, 1º de junio, 2000. págs. 22–28.
6. SETAC (1999) “Life cycle assessment and conceptually Related Programmes”. Europe Working Group, Brussels Belgium
7. World Resources Institute (2000): “Recursos Mundiales 2000. Guía Global de Medio Ambiente”, Editorial Ecospaña, Madrid.



## MATERIALES PARA DOSIMETRÍA TERMOLUMINISCENTE

ILIANA CELINA I. MUÑOZ PALMA, FRANCISCO BROWN BOJORQUEZ,  
FRANCISCA OFELIA MUÑOZ OSUNA, CARMEN ALICIA VILLEGAS OSUNA

La Dosimetría Termoluminiscente (DTL) se ha desarrollado activamente en los últimos tres decenios llegando a desplazar a otras técnicas dosimétricas debido a sus aplicaciones prácticas, como la vigilancia radiológica del personal ocupacionalmente expuesto, medición de la radiación ambiental, en la terapia de radiación, en radiobiología, para estudios de arqueología; así como en el estudio y diseño de blindaje, entre otros. Estos materiales utilizados como dosímetros deben cumplir con ciertos requisitos para su uso comercial; sin embargo, no todos los materiales los presentan, por ello es que resulta sumamente importante la búsqueda continua, desarrollo y análisis de las propiedades de nuevos materiales termoluminiscentes (TL), para obtener así alternativas a las aplicaciones tan variadas de esta técnica. La finalidad de este artículo de difusión es mostrar el principio, los requerimientos y diversos usos de los materiales para DTL.

DRA. ILIANA CELINA I. MUÑOZ PALMA  
Depto. de Ciencias Químico-Biológicas  
Correo: imunoz@polimeros.uson.mx  
DR. FRANCISCO BROWN BOJORQUEZ  
Depto. de Investigación en Polímeros y Materiales  
M.en E. FRANCISCA OFELIA MUÑOZ OSUNA  
Depto. de Ciencias Químico-Biológicas  
M. en C. CARMEN ALICIA VILLEGAS OSUNA  
Depto. de Ciencias Químico-Biológicas



## ORÍGENES DE LA DTL

Los fenómenos luminiscentes fueron observados primeramente por Robert Boyle en 1663, quien observó que al exponer un diamante al calor de su cuerpo se producía un tenue destello luminoso. Más tarde, en 1904, Marie Curie reporta la producción de luz de algunos materiales, como la fluorita, por efecto de estimulación térmica, en su tesis doctoral los refiere como materiales TL. En 1954, Farrington Daniels, aplica el fenómeno de luminiscencia en la cuantificación de la dosis de radiación absorbida, creando así la dosimetría DTL<sup>1,2</sup>.

La termoluminiscencia es un fenómeno basado en la observación de que un gran número de cristales aislantes o semiconductores que presentan TL, al ser expuestos a las radiaciones, son capaces de almacenar la energía absorbida, y que la cantidad de luz que emiten al ser calentados a unos pocos cientos de grados centígrados (muy por debajo de la temperatura de incandescencia) es proporcional a la cantidad de energía a la que se expusieron. Esta luz emitida se puede medir y utilizar para determinar la cantidad de radiación que fue absorbida<sup>2</sup>.

Desde luego, la aplicación de un determinado material dependerá del escenario y de la fuente de radioactividad en cuestión. Por ejemplo, en el monitoreo ambiental, puede tenerse una extensa área con una baja actividad o bien, una situación de emergencia posiblemente con muy elevada razón de dosis<sup>3</sup>. La DTL también ha sido empleada para investigaciones en arqueología, estudio y diseño de blindaje y usos en radiobiología, donde se alcanzan los niveles de dosis absorbida más altos<sup>4</sup>.

## TERMOLUMINISCENCIA: EL FENÓMENO

La idea generalmente aceptada de TL tiene su origen en la teoría de bandas de los sólidos. Cuando los átomos se unen para formar un sólido cristalino, sus orbitales empiezan a traslaparse, la superposición de un gran número de orbitales atómicos conduce a un conjunto de orbitales moleculares que se encuentran muy próximos en energías y que forman virtualmente lo que se conoce como una banda, (Figura 1). Las bandas, conocidas como banda de valencia y banda de conducción, se encuentran separadas entre sí mediante un espacio energético al que no le corresponde ningún orbital molecular y que se conoce como banda prohibida. En esta banda teóricamente no pueden encontrarse electrones; sin embargo, cuando se tienen defectos estructurales en un cristal o si hay impurezas dentro de la red cristalina, se produce un problema en la periodicidad de la estructura cristalina y se hace posible para los electrones poseer niveles de energías dentro de la banda prohibida<sup>1</sup>.

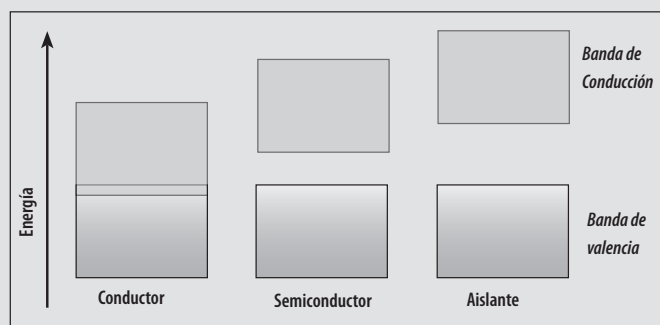


Figura1. Representación esquemática de un conductor, semiconductor y aislante.

Fuente: (4)

Los materiales que exhiben el fenómeno de TL, son aquellos que tienen la capacidad de almacenar energía y liberarla mediante la excitación térmica en forma de luz. El proceso de TL se puede explicar mediante un diagrama de bandas de energía como el mostrado en la Figura 2. La radiación actúa sobre los átomos ionizándolos y provocando la presencia de electrones libres que abandonan (1) la banda de valencia hacia la banda de conducción en donde se desplazan (2) hasta ser atrapados (3) en centros de trampas creados por los defectos del reticulado del cristal (vacantes, intersticiales, etc.) o por la adición de impurezas capaces de crear más trampas o niveles de energía por debajo de dicha banda de conducción. A la temperatura de irradiación, esa situación puede permanecer durante largos períodos de tiempo sin que se presente de forma apreciable una desexcitación o recombinación de electrones. No obstante, en el proceso de estimulación térmica, la energía precisa para liberar un electrón (4) de su trampa puede producirse seguida de una recombinación (5) y emisión de un fotón de longitud de onda determinada<sup>4</sup>.

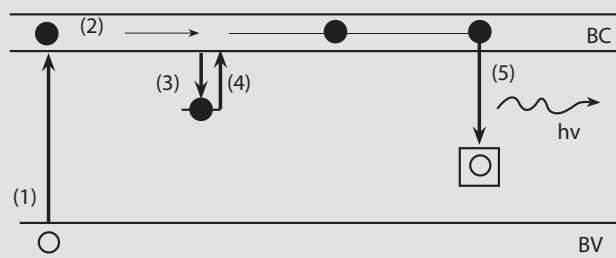


Figura 2. RPrincipio físico de la TL donde (1) representa el salto del electrón, (2) desplazamiento del electrón por la banda de conducción, (3) atrapamiento, (4) liberación del electrón por estimulación térmica y (5) recombinación seguida de la emisión de un fotón de luz. Fuente: (5) modificado.

## MATERIALES PARA DTL

La propiedad de almacenar energía, en particular si proviene de la radiación, representa una característica muy importante para la dosimetría y se favorece por la presencia de activadores, principalmente átomos de impureza o defectos estructurales en el sólido<sup>5</sup>. Los materiales estudiados por su propiedad de luminiscencia son aislantes o semiconductores en los que la conducción de electrones es debida completamente a la energía de la radiación que han absorbido<sup>6</sup> y en los cuales existe una alta concentración de trampas producidas por las impurezas o defectos estructurales.

En los semiconductores y aislantes, la banda prohibida está presente y aloja a los niveles metaestables originados por los defectos del sólido o las impurezas. En un conductor, las bandas de conducción y de valencia están superpuestas, la banda prohibida no existe y no representan materiales de interés para la DTL<sup>1</sup> (Figura 1).

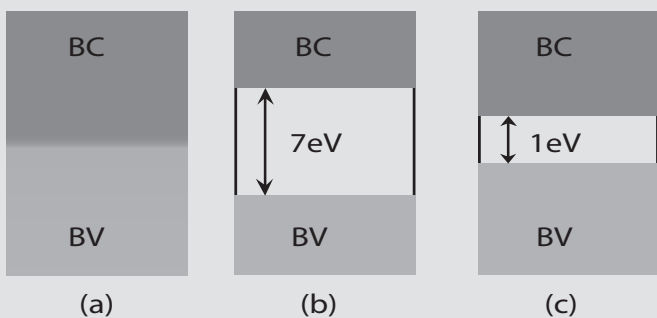


Figura 1. Representación esquemática de (a) conductor, (b) aislante y (c) semiconductor. Se muestra el valor de energía de la banda prohibida,

## PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS NECESARIAS EN UN MATERIAL PARA DTL

Los principales requerimientos impuestos a los materiales para DTL incluyen un amplio intervalo de linealidad entre la dosis absorbida y la intensidad de luminiscencia. En la mayoría de los materiales, el intervalo lineal es limitado por la saturación o bien por la superlinealidad a dosis elevadas. La alta sensibilidad, esto es, alta señal TL por unidad de dosis absorbida es importante para el uso en dosimetría médica y personal, así como también en el monitoreo de la radiación ambiental. Se requiere además una baja dependencia de la respuesta TL con la radiación incidente, baja pérdida de la señal TL con el tiempo; es decir, que la información dosimétrica se almacene por largo tiempo, y es necesario también que el material dosimétrico sea mecánicamente fuerte, químicamente inerte y resistente a la radiación<sup>6,7</sup>.

El espectro de luminiscencia del material dosimétrico se obtiene al calentar el material a una razón de calentamiento constante y se le llama curva de brillo<sup>5</sup>. Para un material dosimétrico de calidad, además de los requerimientos mencionados anteriormente, se incluye la característica de una curva de brillo simple, con un pico aislado. Si están presentes varios picos, se requerirá de un protocolo de calentamiento complicado. Este procedimiento es

necesario para el borrado de cualquier señal proveniente de la absorción de radiación del ambiente o alguna señal intrínseca del material, así como para su reutilización.

No todos los requisitos impuestos a los materiales para DTL pueden cumplirse, por lo que es de suma importancia estar en la constante búsqueda, desarrollo y análisis de las propiedades de nuevos materiales TL; obteniendo así otras alternativas para las diferentes aplicaciones dosimétricas.

## MATERIALES USADOS EN DTL: ALGUNOS EJEMPLOS

Hasta hoy, se han identificado varios grupos de materiales los cuales han sido y continúan siendo estudiados, en relación a las propiedades asociadas a los requerimientos en DTL. Se incluyen a los haluros alcalinos y haluros de metales alcalinotérreos como LiF y CaF<sub>2</sub>, sulfatos como MgSO<sub>4</sub> y CaSO<sub>4</sub>, sulfuros de magnesio, estroncio, calcio, bario, etc., y óxidos como el Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, BeO y SiO<sub>2</sub>. Los dosímetros comerciales para TL se han diseñado usando LiF, CaF<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. El primer dosímetro TL comercial fue preparado de LiF:Ti,Mg mejor conocido como TLD-100, cuyas propiedades han sido exhaustivamente estudiadas. El interés en este material resulta de su número atómico efectivo ( $Z_{\text{eff}}=8.04$ ), similar al del tejido blando ( $Z_{\text{eff}}$  entre 7.5 a 8), un factor de gran relevancia para dosimetría personal y clínica<sup>6</sup>. Recordemos que una de las características de la radiación al interactuar con la materia, es su penetración así, mientras más similar sea la densidad de los átomos del sólido utilizado como dosímetro con la de los que constituyen el cuerpo humano, se podrá obtener mayor exactitud en la determinación de la dosis de exposición<sup>2</sup>. Entre las características más importantes del TLD-100, están su amplio rango de uso, sensibilidad a pequeñas dosis y mínima pérdida de la señal TL<sup>4</sup>. Sin embargo, los dosímetros basados en LiF, carecen de una curva de brillo simple. Un gran número de picos en la curva TL complica el protocolo de calentamiento del dosímetro<sup>7</sup>.

Entre los principales materiales usados actualmente para DTL, destaca por su gran sensibilidad LiF:Mg, Cu, P comparada a la del dosímetro TLD-100 (Tabla 1). AQUÍ VA LA TABLA 1 La mayoría de los dosímetros TL comerciales tienen pérdida de la señal TL menor al 5% por año, excepto CaF<sub>2</sub> que presenta un desvanecimiento de la señal mayor a 25% por mes; aunque al ser dopado con manganeso pierde sólo el 15% de la señal TL en 3 meses<sup>7</sup>.

Tabla 1. Materiales Utilizados en DTL.

MATERIALES	DOSÍMETRO	RANGO ÚTIL	DECAIMIENTO
LiF: Mg, Ti	TLD-100	10 $\mu$ Gy - 10Gy	5 - 10% por año
LiF: Mg, Cu, P	TLD-100H	1 $\mu$ Gy - 20Gy	3% por año
<sup>6</sup> LiF: Mg, Ti	TLD-600	10 $\mu$ Gy - 20Gy	Despreciable
<sup>6</sup> LiF: Mg, Cu, P	TLD-600H	1 $\mu$ Gy - 20Gy	Despreciable
CaF <sub>2</sub> : Dy	TLD-200	0.1 $\mu$ Gy - 10Gy	16% en 14 días
CaF <sub>2</sub> : Mn	TLD-400	0.1 $\mu$ Gy - 100Gy	15 en 3 meses
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : C	TLD-500	0.05 $\mu$ Gy - 10Gy	3% por año

Actualmente, se continúa con el estudio de los materiales ya establecidos como dosimétricos, así como de nuevos materiales por medio de técnicas de absorción óptica, espectroscopia luminiscente, resonancia paramagnética del electrón y otras. Además, se estudia la condición de precalentamiento, horneado a altas temperaturas; así como la preparación de muestras, incluyendo la selección de las concentraciones óptimas de los dopantes. En este sentido, para los dosímetros basados en LiF se ha propuesto la nueva

composición LiF:Mg,Cu,NaSi (cristales KLT-300), la cual presenta un pico TL cercano a 250°C y cuya sensibilidad es 30 veces más alta a la de TLD-100. Una nueva clase de compuestos, los cerámicos AlN, han mostrado una sensibilidad 12 veces mayor que la del dosímetro más sensible Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C; sin embargo, su elevada pérdida de la señal TL limita su aplicación<sup>7</sup>.

El avance en las investigaciones espaciales así como el uso de rayos de partículas cargadas en medicina, han conducido al estudio de la propiedad LET (del inglés, Linear Energy Transfer) de los materiales TL. En general al aumentar la LET en la detección de partículas de alta energía, disminuye el rendimiento de los materiales TL. Su aplicación podría ser en principio para detectar campos mixtos de radiación<sup>7</sup>.

Recientemente, se ha investigado el uso de nanomateriales en la DTL. Se ha sintetizado por ejemplo, a partir de óxidos nanoestructurados Sr<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu, el cual presenta luminiscencia muy intensa y más persistente. Se han preparado también películas dieléctricas de CdS y CdSe; sin embargo, su rendimiento TL se afecta grandemente por las condiciones de preparación, particularmente por el tratamiento térmico aplicado<sup>7</sup>.

Un interés del Cuerpo Académico Consolidado, Ingeniería Molecular de Materiales cuyos miembros forman parte del Grupo de Ingeniería Molecular de Materiales (GIMM) de la Universidad de Sonora, ha sido el de trabajar intensamente, en una de sus líneas de generación y aplicación del conocimiento, sobre Luminiscencia Estimulada en Sólidos, en la cual se desarrollan y caracterizan nuevos materiales TL. Las importantes contribuciones del GIMM se reflejan en la alta producción de publicaciones en revistas arbitradas<sup>8,9</sup> y el número de tesis de Licenciatura (Villaseñor M., 2009), Maestría (Lastra M., 2010) y Doctorado (Orante B., 2009), generados a partir de la producción científica en el área de la luminiscencia además de intenso trabajo de divulgación y colaboración con instituciones nacionales y del extranjero. En la página [www.gimmunison.com](http://www.gimmunison.com) es posible consultar y ampliar esta información.

## CONCLUSIONES

Siendo la radioactividad un fenómeno natural, existe la posibilidad que esté presente en fuentes naturales como agua, suelo y aire. Por otra parte, la radiación y las sustancias radioactivas tienen aplicaciones benéficas, en un amplio rango de actividades, desde la medicina, la industria e incluso la agricultura. Así, la exposición a la radiación de la población, de personal ocupacionalmente

expuesto y del ambiente, que puede producirse de dichas aplicaciones, debe ser medida e incluso controlada. El desarrollo de materiales que permitan realizar el monitoreo de la exposición a la radiación resulta entonces de gran relevancia e interés. En esta revisión, hemos mencionado los principales materiales utilizados actualmente como dosímetros comerciales de TL y algunos que se encuentran aún en desarrollo. Se mencionaron además las principales características que un material requiere para ser utilizado en DTL, siendo una de las más importantes la baja pérdida de la señal TL. También, se ha establecido la necesidad del desarrollo y búsqueda de nuevos materiales que reúnan las características de un dosímetro de calidad, una tarea difícil de lograr por la gran cantidad de aspectos por satisfacer; sin embargo, han ido surgiendo importantes avances en esa dirección.

## BIBLIOGRAFÍA

1. McKeever S.W.S. (1985). *Thermoluminescence of Solids*. Cambridge. Chap I y II. Pp 1-63.
2. Cameron J. (1991). *Radiation Dosimetry*. *Environmental Health Perspectives*. (91):45-48.
3. Engel R. and Shwaiger M. (2008). *State of Art of Standard Methods Used for Environmental Radioactivity Monitoring*. *Applied Radiation and Isotopes*. (66):1604-1610.
4. Ortega A. X. y Jorba B. J. (1994). *Radiaciones Ionizantes Utilización y Riesgo I*. Editorial UPC. Pp. 44-45, 184, 247-248, 306-308.
5. Furetta C. (1998). *Thermoluminescence*. *Revista del Nuovo Cimento*. (21):1-9.
6. Azorín J., Furetta C. and A. Sacco, (1993). *Preparation and Properties of Thermoluminescent Materials*. *Phys. Stat. Sol.(a)*. 138(9):9-46.
7. Kortov V. (2007). *Materials for Thermoluminescent Dosimetry: Current Status and Future Trends*. *Radiation Measurements*. (42):576-581.
8. R. Bernal, A.R.García-Haro, L. Machi, F. Brown, R. Pérez-Salas, V. M. Castaño, and C. Cruz-Vázquez, (2008). *Advances in the synthesis of new Europium doped CaSO<sub>4</sub> Phosphors and their Thermoluminescence Characterization*. *Radiation Measurements*. (43):371-374.
9. R. Bernal, K.R. Alday-Samaniego, C. Furetta, E. Cruz-Zaragoza, G. Kitis, F. Brown, C. Cruz-Vázquez, (2007). *Thermoluminescence Characterization of LiMgF<sub>3</sub>:DyF<sub>3</sub> Phosphors Exposed to Beta Radiation*. *Radiation Effects and Defects in Solids*. (162):699-708.

Sitio de Internet

<http://www.gimmunison.com> [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Banda\\_de\\_conducci%C3%B3n\\_y\\_valencia.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Banda_de_conducci%C3%B3n_y_valencia.png)



## CARTAS ANTROPOMÉTRICAS DE LOS ALUMNOS DE LAS UNIVERSIDAD DE SONORA, UNIDAD REGIONAL CENTRO

MARTINA ELISA PLATT BORBÓN, RAFAEL CASTILLO ORTEGA,  
FRANCISCA PEDROZA, CARLOS ALBERTO TIZNADO

En este artículo se presenta una descripción de la ergonomía y la antropometría como herramientas para el diseño de espacios de trabajos, herramientas, equipos, mobiliario, instalaciones, estaciones de trabajo y sistemas de trabajo con el objetivo de optimizar su eficacia, eficiencia, seguridad y confort. La antropometría es la determinante de las condiciones ergonómicas; por tanto, los estudios antropométricos deben referirse a una población específica y de ahí nuestro interés por conocer las medidas de los estudiantes de la Universidad de Sonora. Se incluye un ejemplo de las tablas antropométricas por edad y por sexo de un estudio realizado a 231 estudiantes de la Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro y se describe la metodología utilizada.

MC. MARTINA ELISA PLATT BORBÓN,  
Correo: mplatt@industrial.uson.mx  
MC. RAFAEL CASTILLO ORTEGA,  
Correo: rcastillo@industrial.uson.mx  
MC. FRANCISCA PEDROZA,  
Correo: ppedroza@industrial.uson.mx  
Maestros del Departamento de Ingeniería Industrial,  
Universidad de Sonora  
CARLOS ALBERTO TIZNADO,  
Correo: carlos-tp@hotmail.com,  
estudiante del programa de arquitectura.



## **ERGONOMÍA Y ANTROPOMETRÍA: DIRECTRICES PARA EL DISEÑO.**

¿Nos resulta más cómodo estar de pie o sentado? El ser humano no dura más de un minuto sentado, sin moverse en una misma posición y esto se debe a que el cuerpo siempre busca la comodidad. Es por esto que los diseños de productos, muebles, equipos, herramientas, estaciones de trabajo buscan ser más adaptables, y aquí ergonomía y antropometría son las principales herramientas.

### **ERGONOMÍA**

La palabra ERGONOMÍA se deriva de las palabras griegas "ergos", que significa trabajo, y "nomos", leyes; por lo que literalmente significa "leyes del trabajo", y podemos decir que es la actividad de carácter multidisciplinar basada principalmente en ciencias humanas y biológicas: anatomía, fisiología, medicina del trabajo, psicología y antropología; incluyendo otras áreas científicas como sociología, ingeniería y diseño que se encarga del estudio de la conducta y las actividades de las personas, con la finalidad de adecuar los productos, sistemas, puestos de trabajo y entornos a las características, limitaciones y necesidades de sus usuarios, buscando optimizar su eficacia, seguridad y confort (1).

### **Otras definiciones de ergonomía**

El diseño del lugar de trabajo, las herramientas, el equipo y el entorno de manera que se ajusten al operario humano se llama ergonomía (2)

En la definición del equipo encargado de elaborar análisis de las condiciones de trabajo del obrero en la empresa, comúnmente conocido como método L.E.S.T.; sus autores: Guélaud, Beauchesne, Gautrat y Roustang (1975), definen la ergonomía como "el análisis de las condiciones de trabajo que conciernen al espacio físico del trabajo, ambiente térmico, ruidos, iluminación, vibraciones, posturas de trabajo, desgaste energético, carga mental, fatiga nerviosa, carga de trabajo y todo aquello que puede poner en peligro la salud del trabajador y su equilibrio psicológico y nervioso".

La ergonomía trata de relacionar las variables del diseño por una parte y los criterios de eficacia funcional o bienestar para el ser humano (2)

### **Clasificación de las áreas ergonómicas:**

- Antropometría
- Biomecánica y fisiología
- Ergonomía ambiental
- Ergonomía cognitiva
- Ergonomía de diseño y evaluación

### **ANTROPOMETRÍA**

La antropometría es una de las áreas que fundamentan la ergonomía, y trata con las medidas

del cuerpo humano que se refieren al tamaño del cuerpo, formas, fuerza y capacidad de trabajo. En la ergonomía, los datos antropométricos son utilizados para diseñar los espacios de trabajo, herramientas, equipo de seguridad y protección personal, considerando las diferencias entre las características, capacidades y límites físicos del cuerpo humano (1).

La antropometría es la determinante de las condiciones ergonómicas; por tanto, los estudios antropométricos deben referirse a una población específica (3)

Las dimensiones del cuerpo humano han sido un tema recurrente a lo largo de la historia de la humanidad; un ejemplo ampliamente conocido es el del dibujo de Leonardo da Vinci, donde la figura de un hombre está circunscrita dentro de un cuadro y un círculo, donde se trata de describir las proporciones del ser humano "perfecto". Sin embargo, las diferencias entre las proporciones y dimensiones de los seres humanos no permitieron encontrar un modelo preciso para describir el tamaño y proporciones de los humanos figura 1. Los estudios antropométricos que se han realizado se refieren a una población específica, como lo puede ser hombres o mujeres, y en diferentes rangos de edad.

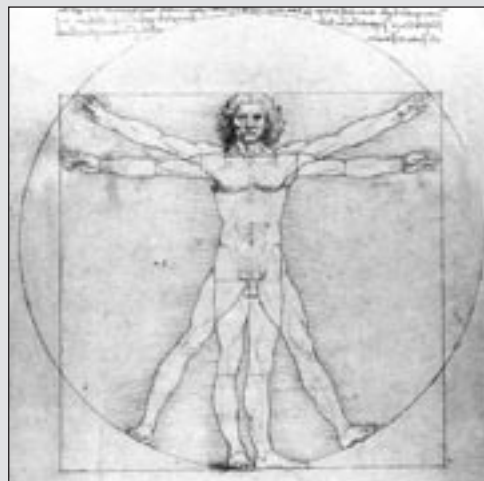


Figura 1. Dibujo de Leonardo da Vinci, donde la figura de un hombre está circunscrita dentro de un cuadro y un círculo, donde se trata de describir las proporciones del ser humano "perfecto".

### **DISEÑOS ERGONÓMICOS**

Diseños que abordan funcionalidad, comodidad y la prevención desde su origen.

La guía primordial es diseñar el lugar de trabajo para que se ajuste a la mayoría de los individuos en cuanto al tamaño estructural del cuerpo humano. Diseñar ergonómicamente permite ahorrar tiempo en la ejecución de una tarea, la reducción de esfuerzos y de movimientos y, por consiguiente, la mejora de las condiciones de trabajo e incremento de la calidad, y la productividad. (4)

El puesto de trabajo es el lugar donde una o varias personas deben desarrollar cotidianamente una actividad regulada, supervisada y controlada, al menos durante una tercera parte del día. Si el puesto de trabajo es seguro, cómodo, estimulante y agradable, además de generar bienes materiales y desarrollar la productividad y creatividad, motiva y proporciona satisfacción física. Diseñar puestos de trabajo es una necesidad económica y es utilizar un poco el sentido común. Si el puesto de trabajo es incómodo, monótono, agotador, desagradable, nocivo o peligroso, le resta calidad al trabajo y a las vidas, enferma y hasta puede matar, y que se dejara a la primera oportunidad.

### Descripción del puesto de trabajo.

- a) El ambiente de trabajo se caracteriza por la interacción entre los siguientes elementos:
- b) El trabajador con las características de estatura, anchuras, fuerza, rangos de movimiento, intelecto, educación, expectativas y otras características físicas y mentales.
- c) El puesto de trabajo que comprende: las herramientas, mobiliario, paneles de indicadores y controles y otros objetos de trabajo.
- d) El ambiente de trabajo que comprende la temperatura, iluminación, ruido, vibraciones y otras cualidades atmosféricas (5).

Con frecuencia los empleados presentan incrementos en sus niveles de tensión o ansiedad, lo que a largo plazo genera problemas de salud y ausentismo, probablemente la más costosa de las excusas para una empresa.

En la actualidad, los problemas músculo-esqueléticos relacionados con el trabajo son motivo frecuente de consulta de medicina general. "En estos casos la aplicación de la ergonomía es útil porque mejora la adaptabilidad del entorno y de los instrumentos de trabajo a las necesidades físicas de una persona, evitando el desarrollo de desordenes traumáticos acumulativos DTA, como tendinitis, lesiones cervicales y lumbares, dedo en gatillo, síndrome del conducto torácico entre otras" figura 2.

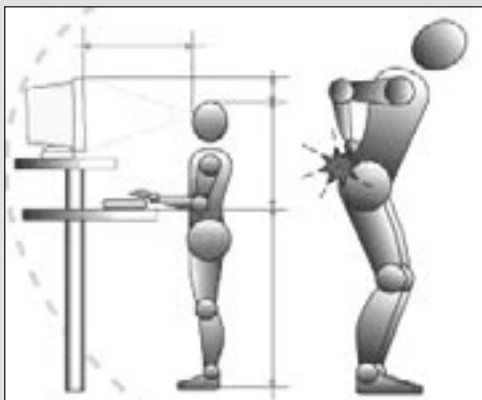


Figura 2. Lesiones traumáticas acumulativas

La antropometría es la colección, análisis y tabulación de datos numéricos sobre las dimensiones del cuerpo humano; datos útiles al momento de determinar las medidas precisas para los diseños.

El percentil "expresa el porcentaje de personas pertenecientes a una población que tiene una dimensión de cierta medida (o menor)" y "los percentiles extremos, ya sean máximo o mínimo, indican pequeñas posibilidades de incidencia".

"A la hora de calcular tales máximos y mínimos es frecuente la práctica de utilizar los valores de los porcentajes 95 y 5, puesto que una acomodación del 100% podría incurrir en costes extras en proporción a los beneficios adicionales que debería obtener" (1).

Hacer realidad un diseño involucra más que la simple realización de modelos sobre papel, implica trabajar en torno a la comodidad del usuario cumpliendo ciertas especificaciones básicas; es ahí donde la ergonomía y la antropometría se convierten en la mano derecha de los diseñadores figura 3.

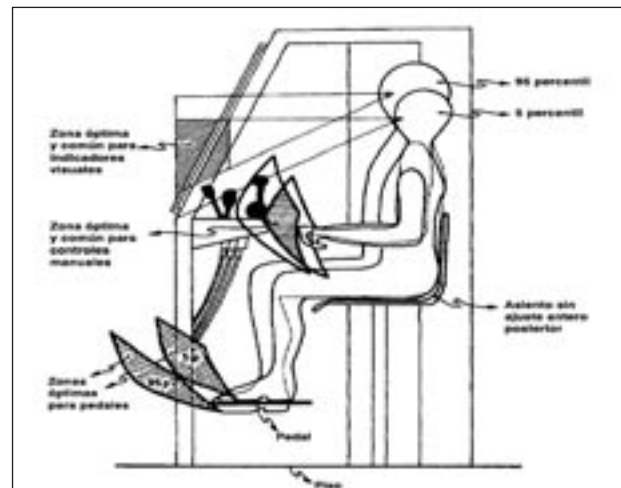


Figura 3. Diseño de una cabina de torre de maderero y la ubicación que presentan los controles respecto de las dimensiones con percentiles y las zonas que se consideran óptimas para la operación de estos dispositivos (Gutiérrez y Apud, 1995).

### Principios de Diseño

A partir de las características antropométricas de la población objetiva, el diseño puede seguir distintas líneas: Diseño para extremos, diseño ajustable y diseño para el promedio (4).

a) Diseños para extremos implica que una importante característica específica es un factor limitante al determinar el valor máximo y mínimo de una variable de población que será ajustada. Por ejemplo el alcance para cosas como un pedal de freno o una perilla de control se diseña para el individuo mínimo, es decir para piernas o brazos de mujeres

en el percentil 5. Entonces el 95 % de las mujeres y casi todos los hombres tendrán un alcance mayor y podrán activar el control.

Los objetos, equipos, maquinas, herramientas, puestos de trabajo, se diseñan de manera que satisfagan las necesidades y condiciones del promedio de la población.

b) Diseños para que sea ajustable: diseñar para que se ajuste, se usa, en general, para equipo o instalaciones que deben adaptarse a una amplia variedad de individuos. Sillas, mesas, escritorios, asientos de vehículos, una palanca de velocidades y soportes de herramientas son dispositivos que se ajustan a una población de trabajadores entre el percentil 5 de las mujeres y el percentil 95 de los hombres. Es obvio que diseñar para que se ajuste es el método más conveniente de diseño, pero existen un trueque con el costo de implantación (se deben definir los intervalos de ajuste específico).

c) Diseño para el promedio es el enfoque menos costoso pero menos preferido. Aunque no existe un individuo con todas las dimensiones promedio, hay ciertas situaciones en las que sería impráctico o demasiado costoso incluir posibilidades de ajuste para todas las características.

## GUIAS DE DISEÑOS

Para el diseño de los puestos de trabajo, no es suficiente pensar en realizarlos para personas de talla media (50 percentil), es más lógico y correcto tener en cuenta a los individuos de mayor estatura para acotar las dimensiones, por ejemplo del espacio a reservar para las piernas debajo de la mesa, y a los individuos de menor estatura para acotar las dimensiones de las zonas de alcance en plano horizontal (percentiles 95 - 5), figura 4.

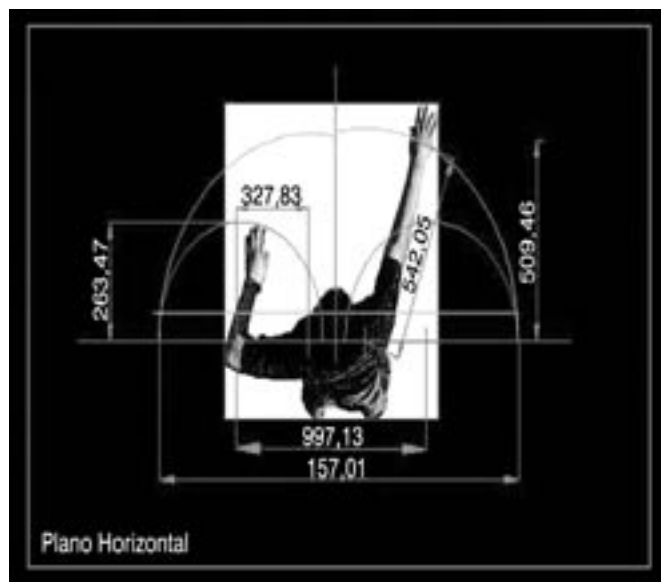


Figura 4. Plano horizontal que determina el emplazamiento de materiales, herramientas, dispositivo, ayudas, etcétera.

Si el trabajo es de oficina, leer y escribir, la altura del plano de trabajo se situará a la altura de los codos, teniendo presente elegir la altura para las personas de mayor talla ya que los demás pueden adaptar la altura con sillas regulables.

Una buena disposición de los elementos a manipular en el área de trabajo reducirá los movimientos y el tiempo estándar y no obligará a realizar movimientos forzados del tronco con los consiguientes problemas de dolores de espalda.

Tanto en el plano vertical como en el horizontal, se debe determinar cuáles son las distancias óptimas para reducir el tiempo y que consigan un confort postural adecuado, y que se dan en las figuras 4 y 5, para el plano vertical y el horizontal, respectivamente.

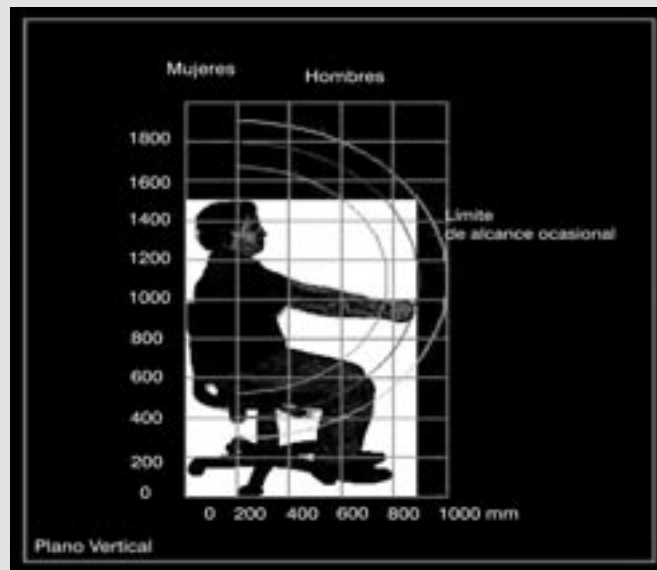


Figura 5. Plano vertical, determina el alcance para hombre y mujeres de materiales, herramientas dispositivos, ayudas en la estación de trabajo

## CARTAS ANTROPOMÉTRICAS DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA, UNIDAD CENTRO

Los expertos en diseño afirman que una ayuda física diseñada para una población específica, no es óptima para cualquier otra; esto parece lógico, pero, no es posible en nuestro país, ratificar o rectificar esta afirmación debido a que desconocemos las Cartas Antropométricas Mexicanas. Y considerando lo anterior se realizó un estudio con los estudiantes de la Universidad de Sonora, unidad regional centro para la obtención de datos de dimensiones antropométricas.

Actualmente es poca la información referente a las cartas antropométricas en nuestro país, sin lo cual únicamente estaremos copiando diseños de otros países a cuya población tiene características físicas diferentes a

las nuestras. Al diseñar estaciones de trabajo se utilizan tablas antropométricas de otras poblaciones lo que resulta aumentar el tiempo en la ejecución de una tarea, el aumento de esfuerzos y de movimientos y a largo plazo incomodidad para el trabajador, lesiones (DTA), ausentismo, incapacidades, etcétera y para el empresario se ve afectado financieramente ya que lo anterior repercute en costos, reduce producción y afecta la calidad.

Para la realización de las tablas antropométricas, fue necesario hacer un muestreo de 231 estudiantes, de la Unidad regional Centro de la Universidad de Sonora.

Se capacitó a tres alumnos (hombres y mujeres) estudiantes de ingeniería industrial y de sistemas, los cuales utilizaron el equipo necesario (antropómetro, silla para mediciones, cinta métrica, programa de computadora y formatos)

Los datos capturados son edad, sexo, estado de origen y son 50 dimensiones las cuales se muestran en la tabla 1.

Kg	920	122	420	200
805	223	656	194	
328	467	411	678	
23	639	402	529	
309	230	768	381	
949	931	330	607	
398	178	25	409	
973	430	312	859	
265	164	806	776	
797	165	914	777	
746	427	912	776	
80	896	39mm		
782	441	49mm		

Tabla 1. Carta antropométrica para el registro de datos con la ayuda visual de la dimensión correspondiente

Una vez que se realizaron las observaciones, se les aplicó el tratamiento estadístico correspondiente para determinar 6 Cartas Antropométricas por sexo y por edad de 17 a 20, de 21 a 24 y de 25 a 27 años.

Un ejemplo de la información obtenida se presenta en la tabla 2 en donde se describe la dimensión, la medida en centímetros y el peso en kilogramos de los percentiles 5, 50 y 95 de la población masculina con edad de 17 a 20 años.

Nombre de la medida	5%	50%	95%	Nombre de la medida	5%	50%	95%
Peso	42.48	71.49	100.49	Longitud de la cabeza	16.07	19.53	23.07
Estatura	159.92	171.57	183.23	Longitud de la mano	15.67	18.04	20.43
Altura del ojo parado	146.22	158.58	170.95	Longitud de la palma de la mano	8.67	10.37	12.09
Altura al hombro	130.06	141.23	152.41	Ancho de la palma de la mano	6.65	8.10	9.56
Altura al codo parado	92.50	109.39	126.28	Diámetro de agarre (interior)	41.30	47.44	53.62
Altura a la cintura parado	95.29	105.09	114.90	Altura del asiento a la cabeza sentado	68.12	86.91	105.69
Altura al glúteo parado	54.349	79.39	104.44	Altura del asiento a los ojos sentado	67.84	77.19	86.53
Altura a la muñeca parado	59.07	85.08	111.08	Altura del asiento al hombro sentado	51.53	61.76	71.99
Altura al dedo medio parado	57.34	65.675	74.00	Altura del asiento al codo a 90 sentado	20.31	25.65	30.99
Ancho de brazos extendidos	160.06	173.78	187.50	Altura al muslo sentado	11.19	14.17	17.19
Ancho de codos al centro del pecho	80.40	88.92	97.44	Altura del asiento al dedo medio sentado	123.05	135.73	148.42
Largo del brazo respecto a la pared	74.88	84.65	94.42	Altura al centro del puño brazos hacia arriba	113.39	126.16	138.93
Distancia de pared al centro del puño	65.87	74.74	83.61	Altura de la cabeza al suelo sentado	122.90	132.73	142.57
Ancho de hombro parado	35.14	44.8	54.45	Altura del suelo al asiento sentado	25.35	49.12	72.89
Ancho de pecho parado	26.26	31.33	36.40	Posterior de la rodilla al respaldo de la silla	41.00	48.425	55.80
Ancho de cadera parado	29.32	35.1	40.87	Longitud de la rodilla al respaldo de la silla	51.86	59.49	67.12
Circunferencia del cuello parado	18.10	38.59	59.08	Altura del suelo a parte posterior rodilla	37.17	43.79	50.42
Circunferencia del pecho parado	75.15	92.11	109.06	Altura del suelo a la rodilla	45.23	52.63	60.02
Circunferencia de la cintura parado	62.92	84.41	105.90	Longitud del codo al dedo medio	40.18	46.27	52.37
Circunferencia de la cadera parado	81.923	97.05	112.19	Ancho de espalda de brazos extendidos al frente	38.25	43.58	48.91
Circunferencia de la cabeza	46.27	56.28	66.29	Ancho de la cadera sentado	31.95	38.343	44.73
Distancia de oído a oído sobre la cabeza	25.21	35.57	45.93	Ancho de muslos con rodilla juntas	29.58	36.77	43.96
Ancho de cara a la altura de las patillas	12.36	14.04	15.72	Largo del pie	22.46	25.50	28.53
Ancho de la cabeza	13.50	15.52	17.47	Ancho del pie	6.26	8.66	11.07
Altura de la barbilla a la parte superior de la Cabeza	19.43	22.74	26.05	Alto del empeine	4.81	6.57	8.34

Tabla 2. Análisis de medidas para hombres con rango de edades entre 17 a 20 años, se definen las 50 dimensiones con el cálculo del percentil 5%, 50% y 95%. El peso esta en kilogramos y las dimensiones en centímetros.

## CONCLUSIONES

La ergonomía es una herramienta indispensable, tanto en el proceso de diseño de un producto, como para medir los resultados de unas determinadas condiciones de trabajo en lo que a productividad y eficiencia se refiere. Esta disciplina, que surgió con el fin exclusivo de aumentar la productividad del trabajador, con el tiempo se ha convertido en multidisciplinaria, toda vez que busca hacer más funcionales las herramientas y el espacio habitable para mejorar aspectos como la seguridad, la comodidad y la salud.

Los sistemas de producción, puestos de trabajo, herramientas, maquinas y muebles deben diseñarse pensando en la actividad que, en ellos, realizarán las personas. Un mismo puesto de trabajo lo pueden ocupar varios trabajadores y su diseño debe de ser adaptable, por lo que es necesario en algunas ocasiones diseñar productos de varios tamaños de tal manera que se tenga la posibilidad de escoger el que mejor se adapte a las necesidades del usuario, el otro, sería crear productos que sean ajustables en un determinado rango de medidas, haciendo necesario conocer los costos-beneficios de tal manera que la toma de decisiones sea la correcta. Para el desarrollo de productos de varios tamaños y productos que sean adaptables es necesario utilizar una gran cantidad de datos antropométricos los cuales se encuentran en las tablas antropométricas.

El elaborar estas cartas antropométricas con las dimensiones de los estudiantes de la Universidad de Sonora contribuirá a la formación de cartas con datos de poblaciones mexicanas y resultando de gran beneficio en el logro de la armonía entre el ser humano y su entorno, para provocar así la eficacia productiva en ambientes de trabajo.

Las cartas antropométricas obtenidas se agregaran a los esfuerzos de estudios antropométricos anteriores del país. Las cartas antropométricas de los estudiantes de la Universidad de Sonora, Unidad regional Centro se elaboraron en los rangos de edad de 17 a 20, 21 a 23 y 24 a 27 años; así como la carta antropométrica de mujeres y hombres, los originarios de Hermosillo y los no originarios de Hermosillo. Estas cartas reflejan las medidas de la población teniendo un rango de edad de 17 a 27 años, dentro de los cuales el 60.87% son hombres y el 39.83% son mujeres, el 100 % son originarios de la Zona Pacífico Norte y 93.52% son originarios del estado de Sonora.

## RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se pueden hacer es invitar a aquellos investigadores, instituciones de educación y empresas, a desarrollar registros de datos de las dimensiones para elaborar cartas antropométricas de poblaciones mexicanas con el objetivo de diseñar sistemas de producción que cumplan sus objetivos de optimizar su eficacia, eficiencia, seguridad y confort y además que les permitan competir en el mundo global.



## BIBLIOGRAFÍA

1. McCormick, Ernest y Sanders, Mark. *Human Factors in Engineering and Design*. United States of America. McGraw-Hill Book Company, 1982
2. Niebel B, Freivalds A, *Métodos, estándares y diseño del Trabajo*. México: Alfaomega; 2004.
3. Clark TS, Corlett EN. *The ergonomics of workspaces and machines: a design manual*. London: Taylor and Francis; 1984.
4. Konz, Stephan. *Work Design*. Columbus, Unites States: Grid Publishing, Inc. 1997
5. Mondelo, Pedro, Gregori, Enrique y Barrau, Pedro. *Ergonomía*, Barcelona: Ediciones UPC; 1999.
6. México. Instituto Mexicano del Seguro Social. *Lecturas en Materia de Seguridad Social. Ergonomía*. México, 1982
7. Bailey, Robert W. *Human Performance Engineering*. New Jersey, United States, Prentice-Hall Inc. 1982
8. Unites States of America. NASA. *Anthropometric Source Book, Vol 2: A Handbook of Anthropometric Data*. 1987.
9. Paner J, Zelnik M. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores: estándares antropométricos*. Barcelona: Gustavo Gili; 1983.

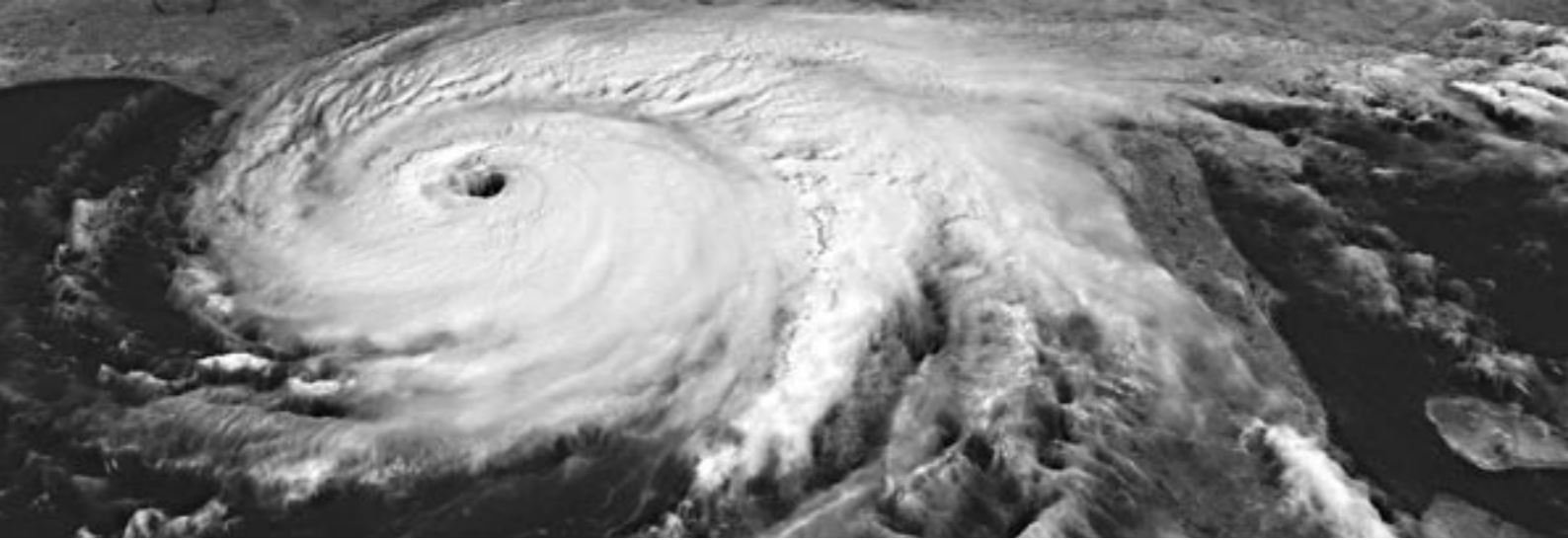


## EL CAMBIO CLIMÁTICO, UNA AMENAZA PARA EL BIENESTAR HUMANO

SALVADOR PONCE SERRANO.

Las actividades humanas están alterando la dinámica del planeta y han acelerado el ritmo del cambio climático, lo que provoca y provocará riesgos y daños a las especies vivas y por consiguiente al hombre. Ya afecta de forma directa e indirecta a la salud a millones de personas. Por el cambio climático están aumentando la incidencia de enfermedades infecciosas, de daños por desastres naturales y por severas olas de calor o frío. El cambio climático también es una amenaza para el desarrollo sostenible de los pueblos a nivel global. Algunas respuestas a este fenómeno ya están apareciendo y todos, desde el individuo a las grandes organizaciones deben practicarlas así como estar atentos a la búsqueda y generación de nuevos conocimientos para controlar este grave problema mundial.

DR. SALVADOR PONCE SERRANO.  
Médico Cirujano. Maestro en Salud Pública.  
Especialista en Medicina Familiar  
Profesor de Salud Pública y Metodología de la Investigación  
Correo : salponse@gmail.com  
Universidad de Sonora



## LAS CAUSAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

La causa del acelerado cambio climático actual es el desmesurado aumento de la producción de gases con efecto invernadero (GEI). Siempre ha habido emisiones naturales de GEI, solo que ahora se han añadido las originadas por las actividades humanas, en volúmenes tan altos que están descontrolado los ciclos del agua, carbono, etc. (1). Los gases con efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano, el vapor de agua, óxidos de nitrógeno, ozono en la zona inferior de la atmósfera. El ozono en la parte de la atmósfera superior, es protector pero se ha escaseado debido al uso de gases como los hidrofluorocarbonos, hexafluoroetano y triclorofluorometano, fumigantes y otros. Los GEI atrapan el calor solar sin devolverlo al espacio y otros dejan entrar la radiación solar más nociva (Imagen 1).

Imagen 1. Mecanismo del calentamiento del planeta por Gases con efecto invernadero



Fuente: US Environmental Protection Agency. Greenhouse effects schematic (2001)

Es evidente que el cambio climático actual es de origen antropogénico, es decir debido a la actividad humana. El ser humano depende de la energía del carbón, del petróleo y del gas que consumen sus industrias para que éstas,

satisfagan la demanda de una multitud de cosas, algunas de ellas superfluas, innecesarias y hasta nocivas. El uso de esta energía representa el 70% de las emisiones de dióxido de carbono de la humanidad. China, Estados Unidos, la Unión Europea, generan la mitad de esas emisiones, aunque todos contribuimos a esta situación.

La quema de combustibles fósiles ha llevado a un elevado índice de concentración de GEI, que está provocando la elevación de las temperaturas en el mundo anualmente en 0,74 grados centígrados por término medio (Imagen 2).

Imagen 2. Ejemplos de gases de efecto invernadero afectados por las actividades humanas

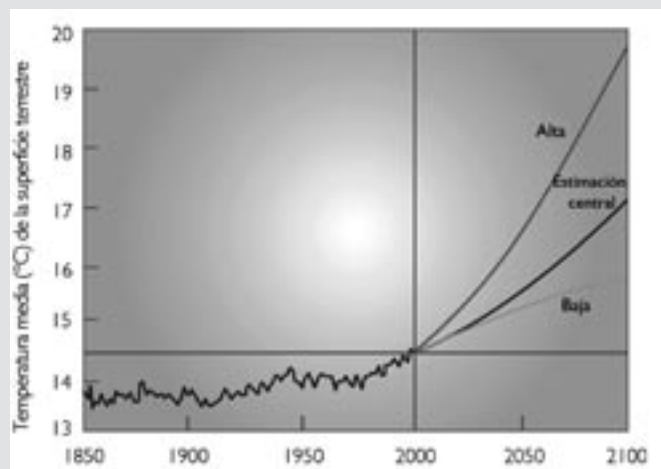
	CO <sub>2</sub> (Bióxido de carbono)	CH <sub>4</sub> (metano)	N <sub>2</sub> O (Óxido Nitroso)	CFC11 (cloro fluoró carburo 11)	HFC- 23 (Hidrofluoro carburo-23)	CF <sub>4</sub> (perfluoro metano)
Concentración preindustrial	~280 ppm	~700 ppmm	~270 ppmm	cero	cero	40 ppb
Concentración en 1998	365 ppm	1745 ppmm	314 ppmm	268 ppb	14 ppb	80 Ppb
Tasa de variación de la concentración/b	1.5 ppm/año	7.0 ppmm/año	0.8 ppmm -año	1.4 ppb/años	0.55 ppb/años	1 ppb/años
Tiempo de permanencia en la atmósfera	5-200 años/c	12 años/d	114 años/d	45 años	260 años	>50,000 años

Fuente: OMS/2003. Cambio climático y salud humana: riesgos y respuestas: Resumen.

- La tasa fluctuó entre 0,9 y 2,8 ppm/año para el CO<sub>2</sub> y entre 0 y 13 ppmm/año para el CH<sub>4</sub> durante el periodo 1990-1999.
- Tasa calculada durante el periodo 1990-1999.
- No se puede definir un tiempo fijo de permanencia para el CO<sub>2</sub>, porque las tasas de captación por los diversos procesos de eliminación son distintas.
- Este tiempo de permanencia se ha definido como un «tiempo de ajuste» que tiene en cuenta el efecto indirecto del gas en su propio tiempo de permanencia.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático ha vaticinado que dentro de veinte a treinta años el hielo del Polo Norte se derretirá por completo en la estación estival. El derretimiento de los glaciares provocará la subida del nivel de las aguas de los océanos afectando algunas regiones densamente pobladas y está alterando el funcionamiento de los ecosistemas. Si la temperatura sube más de tres grados a la actual, podrían multiplicarse las inundaciones, tormentas y las sequías, con serias repercusiones en lo que respecta al acceso al agua y los alimentos. Mayores aumentos de las temperaturas globales, podría desgarrar el tejido social de la sociedad humana y varias regiones habitables no podrían acoger al hombre, sobre todo teniendo en cuenta las condiciones demográficas previstas para los veinte o treinta años venideros (Imagen 3).

Imagen 3. Registro de la temperatura mundial desde el comienzo del registro instrumental en 1860, y proyección hasta 2100.



Fuente: IPCC. Climate Change 2001. Cambridge University Press, 2001.

- a: Estimación alta
- b: Estimación central
- c: Estimación baja

## ESTUDIANDO EL PROBLEMA

El Grupo intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático (IPCC por sus siglas en inglés) creado en 1988, tiene como misión evaluar la bibliografía científica publicada en el mundo sobre la influencia de las alteraciones antropogénicas en la atmósfera, debidas a la emisión de gases de efecto invernadero, los efectos en los patrones climáticos del mundo y en los sistemas y procesos importantes para las sociedades humanas así como las respuestas económicas y sociales de la que disponen los responsables de políticas para impedir el cambio climático y

atenuar sus repercusiones. El IPCC ha llegado a la conclusión, con un alto grado de confianza, de que el cambio climático incrementaría la mortalidad y la morbilidad asociadas al calor, aumentaría la frecuencia de epidemias después de inundaciones y tormentas, tendría efectos considerables sobre la salud tras los desplazamientos de poblaciones por la subida del nivel del mar y la mayor actividad generadora de tormentas, en grupos humanos especialmente vulnerables, ancianos, niños, comunidades pobres, personas no cubiertas por los servicios de salud, dependiendo de factores como la densidad demográfica, el grado de desarrollo económico, la disponibilidad de agua, alimentos, del estado previo de salud, de la atención sanitaria pública, la infraestructura y el saneamiento básico (Imagen 4)

Imagen 4. Ejemplos de la forma en que diversos cambios medioambientales afectan a la frecuencia de varias enfermedades infecciosas en el hombre

	1980s			1990s		
	Episodios	Defunciones	Damnificados	Episodios	Defunciones	Damnificados
	miles	millones		miles	millones	
África	243	417	137.8	247	10	104.3
Europa Oriental	66	2	0.1	150	5	12.4
Mediterráneo Oriental	94	162	17.8	139	14	36.1
América Latina y el Caribe	265	12	54.1	298	59	30.7
Asia Sudoriental	242	54	850.5	286	458	427.4
Pacífico Occidental	375	36	273.1	381	48	1,199.80
Países desarrollados	563	10	2.8	577	6	40.8
Total	1,848	692	1,336	2,078	601	1,851

Fuente: Cambio climático y salud humana: riesgos y respuestas: Resumen. OMS 2008

El informe del IPCC subraya también que nuestros conocimientos sobre las relaciones entre el clima, el cambio climático y la salud humana han aumentado considerablemente en los años, pero persisten muchas lagunas en el conocimiento de los probables patrones futuros de exposición a los cambios climático ambientales, así como de la vulnerabilidad y adaptabilidad de los sistemas físicos, ecológicos y sociales al cambio climático (2).

## PROBLEMAS DE SALUD ASOCIADOS AL ACTUAL CAMBIO CLIMÁTICO

Los efectos sobre la salud que actualmente se identifica asociados al cambio climático y que se presentarán consecutivas a este, son muy variados; enfermedades y defunciones relacionadas con temperaturas extremas, efectos sobre la salud relacionados con fenómenos meteorológicos que generan desastres, efectos relacionados con la contaminación atmosférica, aumento



de las enfermedades transmitidas por el agua, alimentos y las transmitidas por vectores y roedores, también la mal nutrición por falta de alimentos y agua e incluso efectos sobre la salud mental y otros efectos varios (3). El cambio climático, esta llevando a un incremento de enfermedades infecciosas y a un exceso de mortalidad relacionada con la modificación de la distribución de las enfermedades transmitidas por vectores, paludismo, dengue, fiebres por garrapata, etc. y la anticipación de las estaciones de polinización en las latitudes altas y medianas del hemisferio norte son indicios tempranos de las repercusiones del cambio climático en la salud humana (Imagen 5)

Imagen 5. Problemas de Salud y calentamiento global

Cambios medioambientales	Ejemplos de enfermedades	Mecanismo del efecto
Diques, canales, regadío	Esquistosomiasis	Hábitat de los caracoles* huéspedes, contacto humano
	Malaria	Sitios de reproducción de mosquitos*
	Helminthiasis	Contacto con larvas en suelos húmedos*
	Oncocercosis	Reproducción de simúlidos** enfermedad**
Intensificación de la agricultura	Paludismo	Insecticidas para cultivos y resistencia de vectores*
	Fiebre hemorrágica de Venezuela	Abundancia de roedores, contacto*
Urbanización, hacinamiento urbano	Cólera	Saneamiento, higiene; contaminación hídrica*
	Dengue	Desechos que acumulan agua, lugares de reproducción del mosquito <i>Aedes aegypti</i> *
	Leishmaniasis cutánea	Proximidad, simúlidos vectores*
Deforestación y nuevas viviendas	Paludismo	Lugares de reproducción y vectores, inmigración de personas susceptibles*
	Oropouche	Contacto, reproducción de vectores*
	Leishmaniasis visceral	Contacto con simúlidos vectores*
Reforestación	Enfermedad de Lyme	Garrapatas huéspedes, exposición en el exterior*
Calentamiento de los océanos	Marea roja	Proliferación súbita de algas tóxicas*
Precipitaciones abundantes	Fiebre del valle del Rift	Charcas para la reproducción de mosquitos*
	Síndrome respiratorio por hantavirus	Alimentos de roedores, hábitat, abundancia*
	aumento*	disminución**

Fuente: Cambio climático y salud humana: riesgos y respuestas: Resumen. OMS 2008

Se debe considerar además que ya existen altos niveles de contaminación que ocasionan daños y riesgos a la salud tales como enfermedades respiratorias (asma y otras)), digestivas (intoxicaciones alimentarias), neurológicas (saturnismo). Por ejemplo en México, casi 25 millones de habitantes de las tres zonas metropolitanas de nuestro país, Toluca, Nuevo León y Ciudad de México y cerca de 30 millones en las cinco principales, están expuestos a una mala calidad del aire. Por lo tanto, resulta indispensable instrumentar estrategias de control como: reducir el azufre en diesel y gasolina; revisar las normas de emisiones vehiculares; mejorar el desempeño ambiental de los vehículos en circulación, y emitir una norma de eficiencia vehicular.

Los peligros del cambio climático para la salud, son diversos, mundiales y difíciles de revertir en un plazo de tiempo a escala humana, ejemplo, de ellos son los fenómenos meteorológicos extremos; las repercusiones sanitarias de las condiciones climáticas extremas, olas de calor y frío, los fenómenos tormentosos, huracanes, tsunamis, están causando y pueden causar pérdida de vidas y enfermedades en ritmo epidémico.

Merece discutirse el incremento de daños a la salud por el agotamiento de ozono estratosférico con un aumento de las radiaciones ultravioleta solares nocivas. El ozono de la estratósfera se ha agotado por los gases refrigerantes, propelentes y otros producidos por el hombre y con ello la cantidad de radiación solar peligrosa ha aumentado de tal manera que los riesgos de cáncer de piel, melanoma, daños oculares, efectos sobre la inmunidad e infecciones se están incrementando y se prevé puedan aumentar (4).

El impacto sanitario, como es común, será desproporcionadamente mayor en las poblaciones vulnerables, niños, ancianos y enfermos; en las regiones de ingresos bajos, de educación deficiente y precariedad de las infraestructuras quienes tendrán las mayores dificultades para adaptarse al cambio climático y a los riesgos conexos para la salud. La vulnerabilidad también depende de la geografía y es mayor en las zonas de alta endemicidad de enfermedades sensibles al clima, estrés por escasez de agua, baja producción de alimentos y aislamiento de la población. Las poblaciones que corren más riesgo son las residentes de regiones en desarrollo, zonas con escasez de agua, megaciudades y regiones costeras de países en desarrollo, sobre todo en las grandes aglomeraciones urbanas de los deltas fluviales.

Es claro que el cambio climático no es la causa de todas las desgracias epidemiológicas pero el sector salud debe apoyar a la epidemiología ambiental para atender los temas sanitarios, que deriven de este problema ambiental, porque la inversión en estos rubros es muy bajo, por ejemplo solo un 2,9% del PIB del gasto social los países del latinoamericanos es en sanidad con el agravante que esta última tiene serios rezagos. Según la ONU, el 75% de la

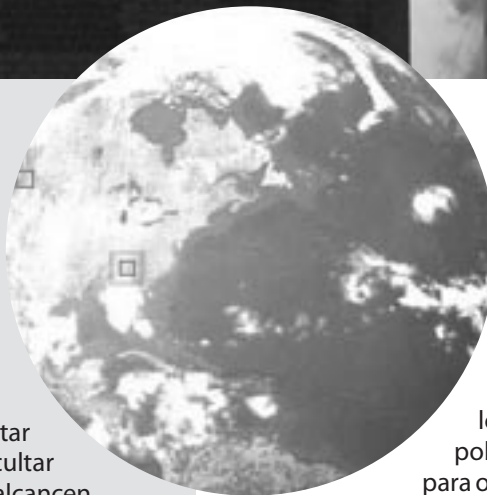


población vive en las ciudades de América Latina, donde solamente el 14% del total de aguas residuales y el 40% de la basura son tratados adecuadamente y donde la contaminación afecta “seriamente” a 80 millones de personas.

### **EL CAMBIO CLIMÁTICO: UNA AMENAZA AL DESARROLLO SUSTENTABLE**

El cambio climático además de estar ocasionando problemas de salud, va a dificultar grandemente que regiones y países alcancen un desarrollo para la adecuada sobrevivencia de sus comunidades y habitantes porque está afectando a los ecosistemas naturales que nos proporcionan muchos bienes y servicios importantes para el desarrollo sostenible, entre ellos los siguientes: alimentos, fibra, medicinas y energía; absorción y conservación de carbono y otros nutrientes; asimilación de desechos, purificación del agua, regulación de la escorrentía y control de las inundaciones, evitan la degradación del suelo, la erosión de las playas y proporcionan áreas adecuadas para las actividades de recreo y turismo (5). El cambio climático puede alterar la composición de muchos ecosistemas y reducir la diversidad biológica y los servicios que proporcionan los ecosistemas.

Para atender esta amenaza, debemos evaluar primero la situación de salud actual, en función de factores demográficos, de desarrollo económico y clima.



Posteriormente su vulnerabilidad a los efectos sanitarios del cambio climático, sus posibilidades de mitigación y adaptación. Ulteriormente, es preciso adaptar las políticas y actividades en materia de población, agricultura e industria a metas ecológicamente aceptables en lo que respecta al bienestar de la población y a los efectos económicos para otros países, y someterlas a rigurosos criterios de sostenibilidad. La evaluación del cambio climático “peligroso” es compleja y se tiene incertidumbre en lo que respecta a sus efectos en la salud, y cuales de sus efectos pueden ser bien caracterizados con indicadores de salud seleccionados, que además muestren que son una clara amenaza para el desarrollo sostenible, especialmente en comunidades pobres y con altos índices de crecimiento demográfico, para poder monitorear adecuadamente cuales son los efectos del cambio climático y cuales no.

### **RETOS DEL SISTEMA SANITARIO**

Es responsabilidad del sector salud la protección del bienestar público, mediante el aseguramiento de un ambiente físico y social saludable, que posibilite el mejoramiento de las condiciones materiales para responder

a las necesidades de la actual generación, sin comprometer la respuesta a las necesidades de generaciones futuras y que proteja a las personas más vulnerables de la sociedad. A esto se le conoce como “desarrollo humano sostenible”. Para tal fin, el sector salud necesita, en colaboración con los sectores públicos y privados, con las comunidades locales, monitorear y contrarrestar las muchas causas del deterioro ambiental y las inequidades que aumentan la susceptibilidad de las personas a los impactos ambientales negativos. Actualmente se estima que de una tercera a una cuarta parte de la carga mundial de morbilidad y 23 al 25% de todas las defunciones, pueden atribuirse a factores relacionados con el ambiente. En los países en desarrollo el porcentaje de mortalidad atribuible a causas ambientales es aún mayor, un 25% por lo cual los retos son mayores y debe cubrir los siguientes aspectos:

1. Establecer mediciones y relaciones basales entre el tiempo y la salud, para poder monitorear y comparar los efectos que se estén presentando y saber si son debido o no al cambio climático, con lo cual se acumulará evidencia sobre los efectos iniciales del cambio climático.

2. Establecer modelos predictivos basados en escenarios para distinguir los cambios climáticos “normales” y los debidos al cambio climático.

3. Evaluar las posibilidades de adaptación, tomando medidas para reducir los posibles efectos adversos del cambio ambiental, estimando los beneficios y costos concurrentes de la mitigación y la adaptación a las medidas orientadas.

Actualmente se utiliza el indicador “carga mundial de morbilidad” para el monitoreo de daños atribuibles al cambio climático, por la OMS. Estas mediciones nacieron de un proyecto cuyo objetivo es cuantificar las cargas de morbilidad atribuibles a 26 factores de riesgo ambiental, laboral, de comportamiento y de modos de vida en el año 2000 y en determinados momentos futuros, hasta 2030 (6). Las “cargas de morbilidad” son indicadores que comprenden la enfermedad, discapacidad y muerte prematura en la población. Ejemplo de ellos son los AVAD (años de vida ajustados en función de la discapacidad), que es la suma de los años de vida perdidos por muertes prematuras (AVP) más los años de vida vividos con discapacidad (AVD). Los

AVP se deducen de la edad en el momento del fallecimiento, los AVD tienen en cuenta la duración de la enfermedad, la edad de comienzo y una ponderación de la discapacidad que refleja la gravedad de la enfermedad.

## OPCIONES AL CAMBIO CLIMÁTICO

La solución global inmediata es adoptar nuevos métodos de producción y uso de energía basados en las fuentes renovables con una máxima eficacia (7). Las industrias y los hogares son los dos principales usuarios de la mayor parte de la energía producida. La lucha contra el cambio climático se debe llevar a cabo cuando menos en esos dos ámbitos. Una mayor eficacia energética reduce el volumen de las emisiones y el gasto de combustibles.

Medidas en pequeña escala adoptadas en cada hogar pueden ser útiles. Por ejemplo, la elección de aparatos y electrodomésticos de menor consumo pueden llegar a tener un impacto considerable en el ahorro de energía. Un buen ejemplo es la prohibición del uso de lámparas incandescentes en la Unión Europea, que generará un ahorro financiero de 5.000 a 10.000 millones de euros anuales y permitirá una economía de energía equivalente al consumo anual de electricidad de un país como Rumania. No se diga el menor uso del automóvil y caminar o usar bicicletas, que permitiría al mismo tiempo paliar la epidemia de sobrepeso, obesidad y enfermedades asociadas a la falta de actividad física.

Hay que eliminar ó modificar algunas prácticas como por ejemplo en los Estados Unidos, donde en varias regiones del país está prohibido secar la ropa al aire libre, que lleva al uso de aparatos eléctricos de secado. Se estima que la energía necesaria para hacerlos funcionar es equivalente a la producida por quince centrales nucleares. Otro ejemplo es en los países pobres donde se usan fogones que además de ineficientes, contaminan el interior de la casa dañando el aparato respiratorio de las mujeres y niños que viven en chozas y en las casas pobres, donde se usan con biomasa que además desforesta los bosques.

Las medidas adoptadas para reducir la demanda de energía eléctrica son manifiestamente esenciales, ya que tienen un efecto inmediato en las emisiones de gases con efecto de invernadero emanadas de las plantas de





producción de electricidad. Pero esto es tan sólo un aspecto del problema, porque se seguirá necesitando mucha energía, habida cuenta de que su demanda aumenta rápidamente en los países en desarrollo.

Se insiste entonces en que para responder a esa situación tendremos que abatir el uso de los carburantes fósiles y recurrir a las fuentes de energía renovables como la eólica y la solar, con ejemplos como el de Suecia donde más de un 40% de energía no fósil se está utilizando.

### **NO PERDER DE VISTA LOS COSTOS Y LOS BENEFICIOS**

La eficacia energética y el desarrollo de energías renovables son dos soluciones posibles para el cambio climático por los GEI, pero a las diversas posibilidades de reducción de las emisiones se debe evaluar si los beneficios reportados por algunas de ellas pueden verse anulados por la contaminación que provocan, o por sus repercusiones en los recursos hídricos. La modificación necesaria de nuestros modos de producción y explotación de energía exige una movilización de la sociedad en su conjunto.

Las decisiones que adopten los empresarios y los consumidores son las que pueden sellar, el destino del medio ambiente y los gobiernos tendrán que desempeñar un papel esencial, creando los estímulos e incentivos que los orienten. Un ejemplo fundamental a este respecto es la señal emitida por los precios. En esta economía de mercado, nuestras decisiones en materia de compras se orientan por los precios. Ahora bien, ocurre a menudo que los precios dan una imagen falsa de los costos de producción real, habida cuenta de que excluyen, por ejemplo, los costos actuales y los futuros inducidos por la contaminación y su contribución al cambio climático. Por ello se debe considerar "cobrar", por ejemplo de una vez los costos ambientales y los consumidores pagarlos. Corregir esas deficiencias mediante dispositivos como la "fiscalidad verde" incitaría a las empresas y las personas a invertir en energías eficaces y renovables.

### **EL CAMBIO CLIMÁTICO PROBLEMA EN MÉXICO**

Los escenarios del cambio climático para México son alarmantes. El país carece de recursos para enfrentar y mitigar los impactos de este fenómeno, además de poseer una elevada vulnerabilidad social, económica y política. Un alto porcentaje de la población vive en zonas de riesgo, en viviendas precarias, en áreas con escasez de agua, en zonas con graves problemas de contaminación o depende

de tierras de temporal; esta gente no cuenta con seguros, carece de suficiente alimento, de asistencia en salud y servicios. Las costas de México en ambos océanos son zonas de huracanes que cada vez son más destructivos. Lugar crítico en cuanto a emergencias por el frío y el calor extremo es la frontera norte del país, donde están ocurriendo crisis de agua por sequías. Estados como Sonora, donde ya de por sí tiene veranos de altísimas temperatura ambientales, podrían tenerlas aun más altas, sus desarrollos urbanos y turísticos se encuentran en costas vulnerables por estos fenómenos y por la elevación de los mares. (8)

Las proyecciones referidas se basan en diversos modelos, cada uno de los cuales ofrece variantes en el resultado. No obstante, son indicadores de los posibles efectos del cambio climático para México y, en conjunto, apuntan en una misma dirección: profundos trastornos económicos y sociales.

### **BIBLIOGRAFÍA**

1. Cambio Climático y sus efectos. McGlade J. Directora de la Agencia Europea del Medio Ambiente. Disponible en <http://portal.unesco.org/es/ev.php>
2. Cambio climático y Salud Pública. Organización Mundial de la Salud 2008 <http://www.who.int/world-health-day/toolkit/Toolkit%20SPANISH.pdf>
3. OMS. Informe sobre la salud en el mundo. 2002: Reducir los riesgos y promover una vida sana. OMS, Ginebra, 2002
4. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Secretaría del Ozono. Protocolo de Montreal relativa a las sustancias que agotan la capa de ozono. PNUMA; 2000.
5. W.J.M. Martens, R. Slooff y E.K. Jackson El cambio climático, la salud humana y el desarrollo sostenible 1 Rev. Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health 4(2), 1998
6. Cambio climático y salud humana - Riesgos y respuestas disponible en <http://whqlibdoc.who.int/publications/2003/9243590812.pdf>
7. Naciones Unidas. Protocolo de Kyoto de la Convención. Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Nueva York: NNUU; 1998. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
8. Bolado M E; Carvajal Ma ¿Cambio climático en Sonora? Revista de la Universidad de Sonora. num. 21. Abril-Junio 2008. Hermosillo, México.



## LOS TRANSGÉNICOS EN EL ESTADO DE SONORA: IMPLICACIONES

EDUARDO PABLO CANSECO VILCHIS

Los Transgénicos es el término para referirse a los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) entre los cuales se pueden encontrar bacterias, hongos, levaduras, animales y plantas. Desde la creación de los OGM se ha entrado en polémica acerca de los ventajas y desventajas de su uso y de los efectos positivos o negativos en los seres humanos y el medio ambiente. Para el estado de Sonora, en el año 2009 fueron solicitados tres permisos para establecer experimentos con maíces transgénicos, para evaluar sus características en siembras en terrenos de agricultores cooperantes en los municipios de Cajeme, San Ignacio Río Muerto y Bácum. El presente trabajo tiene la finalidad de dar a conocer que es un OGM, sus ventajas y sus desventajas, así como la posibilidades a futuro de la Biotecnología Agrícola en la alimentación, industria manufacturera y de salud.

M.C. EDUARDO PABLO CANSECO VILCHIS  
Departamento de Agricultura y Ganadería  
Forma parte del Grupo de Investigación en Biotecnología  
Agrícola del Departamento de Agricultura y Ganadería  
de la División de Ciencias Biológicas y  
de la Salud de la Universidad de Sonora  
Correo: [ecanseco@guaymas.uson.mx](mailto:ecanseco@guaymas.uson.mx)



## INTRODUCCIÓN

En abril de 2009 la compañía Monsanto Comercial S. A. de C. V. solicitó ante la CIBIOGEM la realización de tres pruebas experimentales en maíz transgénico en el estado de Sonora, para desarrollarse en los municipios de Cajeme, San Ignacio Río Muerto y Bácum.

A fines de octubre de 2009 se autorizaron las solicitudes para probar las siguientes maíces transgénicos: MON-89034-3 X MON-88017-3, MON-89034-3 X MON-00603-6 y MON-00603-6, en los cuales se encuentran características introducidas para la resistencia a glifosato y a insectos lepidópteros. Estos experimentos permitirán evaluar y validar la tecnología de estas variedades de maíz en condiciones de campo, bajo estrictas medidas de bioseguridad.

Como toda nueva tecnología, cabe la posibilidad de riesgos, para determinar el alcance de los riesgos es necesaria hacer las pruebas experimentales que permitan evaluarlos.

## ¿QUÉ ES UN TRANSGÉNICO?

La definición encontrada en el Diccionario de Biología (1) dice: Transgénico. Término que describe un organismo cuyo genoma incorpora y expresa genes de otras especies. Los individuos transgénicos se crean por ingeniería genética.

Los organismos obtenidos por esta metodología son conocidos como Organismos Genéticamente Modificados (OGM), entre los cuales encontramos a bacterias, hongos, animales y plantas.

## EL DEBATE DE LOS TRANSGÉNICOS

Los OGM desde que han salido a la luz pública han causado controversia entre sus partidarios y sus detractores, lo cual en Sonora no ha sido la excepción y se han manifestado a través de los medios de comunicación escritos y electrónicos.

Los partidarios argumentan, en el caso de OGM vegetales como es el maíz, ventajas novedosas para conferirles atributos y habilidades que no tenían en condiciones naturales y con ello aportar un beneficio a la agricultura.

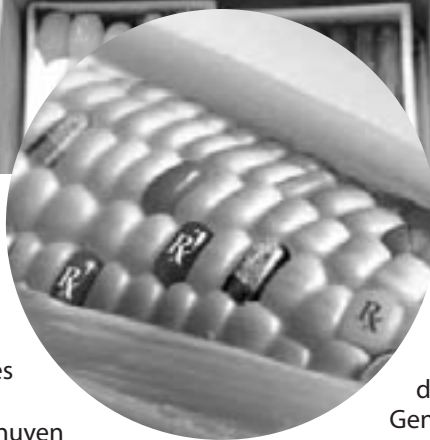
Es así que hay OGM resistentes al ataque de las larvas de lepidópteros por la introducción en su genoma del gene Bt que codifica la toxina obtenida del *Bacillus thuringiensis*. El caso del gene EPSP-Sintetasa (Enol-Piruvil-Shikimato-Phosphate-Synthetase), obtenido de *Escherichia coli*, que permite a las plantas ser tolerante al herbicida Glifosato y no ser afectadas.

Por su parte los detractores argumentan que tanto el gene Bt es dañino a los insectos nocivos sino también a otros insectos como los benéficos y hasta a la mariposa monarca. En el caso del gene EPSP-Sintetasa argumentan que puede ser transferido a las plantas silvestres con lo cual se crearía una supermaleza resistente al herbicida y las haría imposibles de erradicar.

La controversia sobre el mismo hecho, lo que resulta benéfico para unos la contraparte lo consideran nocivo. Esto sin mencionar otros aspectos como son la inocuidad alimentaria, de salud y hasta el impacto económico y social del uso de OGM en la agricultura.



Prueba en invernadero con plantas de tomate al ataque de larvas de lepidóptero *Manduca sexta*. A la izquierda planta control o testigo. A la derecha planta transgénica que contiene el gene Bt de *Bacillus thuringiensis*.



## ASPECTOS POSITIVOS DE LOS TRANSGÉNICOS

Los OGM de maíz con la presencia de los genes Bt y EPSP-sintetasa, se consideran como positivas las siguientes características:

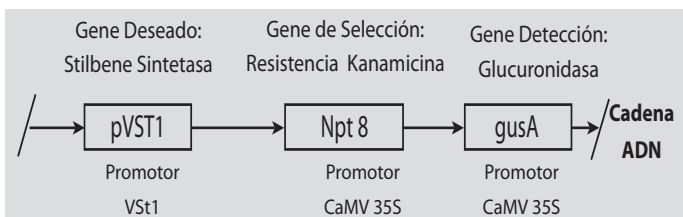
- Al estar presentes el gene Bt, se disminuyen las aplicaciones de *Bacillus thuringiensis*, logrando un mejor control de las larvas del lepidópteros.
- La presencia del gene EPSP-sintetasa permite que las aplicaciones del herbicida Glifosato no afecte al cultivo y pueda desarrollarse apropiadamente.
- Al estar uno o los dos genes presentes en el cultivo de maíz se disminuyen los costos de insumos adicionales y por lo tanto se incrementa la ganancia neta, siendo mayor para el productor agrícola.
- Al disminuir la aplicaciones externas, el medio ambiente se ve favorecido por la menor cantidad que se recibe en el agua, suelo y su efecto en la flora.

tanto en la Comunidad Europea como en los Estados Unidos de América, para proteger a los consumidores en su alimentación y salud.

En México se cuenta con la Ley de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (2) en vigor desde 18-abril-2005, en donde se establece la participación de diferentes sectores como son:

- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales,
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
- SSA. Secretaría de Salubridad y Asistencia.
- CIBIOGEM. Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados y
- CONACyT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Para la observancia de la leyes en materia de salud, alimentación y manejo de los OGM y salvaguardar a la población de los riesgos.



Ejemplo de la construcción del Gene Quimérico para usarse en la transferencia de genes en plantas.

pVSt1= Promotor del gene Stilbene Sintetasa;  
 CaMV 35S= Promotor del Virus del Mosaico de la Coliflor fracción 35S;  
 Npt 8= Gene de resistencia al antibiótico Kanamicina;  
 gusA= Gene para Glucuronidasa

## LOS TRANSGÉNICOS Y LA CRISIS ALIMENTARIA.

Dado que la demanda de alimentos, forrajes y fibras es cada vez mayor por el constante aumento de la población y el consecuente desarrollo económico, es urgente el incremento en la producción mundial, lo cual sólo puede lograrse, si y solo si, hacemos uso de todas las tecnologías que tenemos a nuestra disposición tanto la producción convencional de cultivos, el mejoramiento genético tradicional y la biotecnología agrícola.

Los productos como almidón, proteínas, plásticos biodegradables y otros pueden ser obtenidos de cultivos mejorados y jugarán un papel muy importante en el futuro cercano.

Claramente, la biotecnología agrícola ha recorrido un largo camino, de sólo enfocarse en los beneficios del sector agrícola, para satisfacer con nuevas aplicaciones benéficas para los consumidores.

Entre los nuevos productos estarán los aceites en el área de la nutrición, nuevas fibras de algodón que ofrecerán nuevas cualidades en la industria textil.

Otra importante área será la innovación en la

## LOS TRANSGÉNICOS Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

Otro importante aspecto en la controversia de los OGM es la seguridad alimentaria de los mismos y su posible efecto dañino en el consumo por animales o humanos.

En la actualidad hay el consenso generalizado en el medio científico de la inocuidad de los OGM, basado en las regulaciones aprobadas para asegurar las operaciones en los campos de cultivo y del procesado de alimentos,

producción de fármacos dentro de las plantas por poner unos ejemplos: terapia génica, proteínas de componentes sanguíneos, algunos factores sanguíneos, anticoagulantes, eritropoyetinas, interferones, interleucinas, hormonas como la insulina, factores de crecimiento, vacunas, cuerpos monoclonales, enzimas (terapéuticas, analíticas e industriales).

En cuanto al problema alimentario con la biotecnología agrícola se podrán llegar a producir mejora en la producción de las proteínas almacenadas en las plantas, su sabor, edulcorantes, azúcares, almidones, fibras, polímeros, bioplásticos, cristales líquidos, ácidos grasos, suplementos nutricionales, lubricantes, membranas, vitaminas, co-factores, complejos minerales, alcaloides (cafeína, nicotina, morfina), terpenos (tal como los aceites esenciales, resinas, látex, pigmentos, taxol), fenólicos (como taninos, flavonoides), glucosinolatos (compuestos insecticidas).

Clasificación Simplificada de las toxinas cristalinas usadas para control de insectos en plantas transgénicas (peso en kilo Dalton)

Genotipo	Acción de la toxina	Peso Molecular de la toxina (en kD)
Cry I A, B, C,	Lepidoptera	130
Cry II A, B,	Lepidoptera Diptera	70
Cry III A, B,	Coleoptera	73
Cry IV A, B,	Diptera	130
Cry IV C D	Diptera	75

Fuente: Hofte, H. and Whitely, H.R. 1989. Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiol. Rev.* 53:242-255

## CONCLUSIONES

Las nuevas tecnologías siempre tienen oposición para su aceptación, el caso de los OGM no es la excepción, por lo cual también en el estado de Sonora se ha presentado oposición al establecimiento de experimentos para evaluarlos.

Es necesaria la investigación para determinar si los OGM tienen los efectos nocivos que pregonan sus detractores, pero también para comprobar si los efectos positivos que arguyen sus creadores están en los límites que establecen las leyes aplicables.

La experimentación con los OGM es necesaria para determinar la validez de los supuestos efectos negativos como positivos que se han expresado y que en otros países ya han sido aprobados en el cultivo de maíz, empleándose comercialmente desde hace más de diez años.

Tal vez la cantidad de los experimentos no sea suficiente, pero marcarían la pauta para proseguir o no con los mismos. Esperemos que no sea tan tarde para que la Biotecnología

Agrícola (a través de los OGM) llegue a Sonora para establecerse para beneficio de todos los sectores.

Integrantes del Grupo de Investigación en Biotecnología Agrícola del Departamento de Agricultura y Ganadería de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México: José Cosme Guerrero Ruiz, Sergio Francisco Moreno Salazar, Andrés Ochoa Meza, María Eugenia Rentería Martínez, Julio Rodríguez Casas y Eduardo P. Canseco V.

Solicitudes de liberación presentadas entre los años 1988 y 2006 por cultivo.

Cultivo	Total de Solicitudes
Alfalfa	4
Algodón	234
Arabidopsis	2
Arroz	2
Bacillus	3
Calabacita	26
Colza	7
Cártamo	2
Chile	1
Clavel	1
Coco	1
Limón	1
Linaza	1
Maíz	72
Melón	8
Papa	11
Papaya	7
Piña	1
Plátano	7
Rhizobium	1
Soya	63
Tabaco	8
Tomate	30
Trigo	8
Total	501

Fuente SENASICA, SAGARPA, México.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Diccionario de Biología. 2004. Diccionarios Oxford-Complutense. Editorial Complutense. España.
2. Ley de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados. 2005. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de marzo de 2005. México.





## NUEVOS DESCUBRIMIENTOS DE DINOSAURIOS EN SONORA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, EDUCACIÓN, CULTURA Y DESARROLLO REGIONAL

ING. RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ, DR. CARLOS MANUEL  
GONZÁLEZ LEÓN, M.C. RENE HERNÁNDEZ RIVERA

Los importantes descubrimientos de dinosaurios encontrados en el Municipio de Fronteras, Sonora, colocan al Estado en una de las regiones más importantes a nivel nacional e internacional porque contienen evidencias del pasado de 70 millones de años de antigüedad aproximadamente. En este reporte se presentan los avances de los estudios iniciados a principios de 2010 que arrojan varios sitios con huellas y rastros de dinosaurios localizados en la Comisaría de Esqueda y una cantidad significativa de esqueletos parciales de dinosaurios en el poblado de Fronteras. La Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de Sonora, han elaborado un proyecto de investigación integral, en el que participan los diversos sectores de la sociedad de la región. Se expone la necesidad de que los distintos sectores apoyen la realización de este proyecto, principalmente el ejecutivo del Estado de Sonora.

RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ  
División de Ingeniería, Universidad de Sonora  
Correo: rpachecor2009@hotmail.com  
CARLOS MANUEL GONZÁLEZ LEÓN  
Instituto de Geología, ERNO- Universidad Nacional Autónoma de México  
Correo: cmgleon@servidor.unam.mx  
RENE HERNÁNDEZ RIVERA  
Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México  
Correo: renedinosaurio@gmail.com



## LA IMPORTANCIA DE LOS DINOSAURIOS

Los dinosaurios fueron los organismos más exitosos que han habitado el planeta Tierra, vivieron 165 millones de años, en la llamada Era Mesozoica o Era de los Dinosaurios. Actualmente conocemos su existencia gracias a los registros fósiles (evidencia de la vida en el pasado): huesos permineralizados, huellas de sus pisadas, impresiones de piel, nidos con huevos, y coprolitos (excremento). Un fósil es cualquier vestigio de la vida pasada con más de 10,000 años de antigüedad según los paleontólogos (científicos que estudian los fósiles). Se sabe que los dinosaurios se expandieron en todo el globo terráqueo porque se han encontrado sus restos en todo el mundo. Encontrarse un registro fósil requiere que se hayan dado ciertas condiciones muy especiales para su conservación o preservación. En el caso de los huesos, los organismos, después de muertos, tuvieron que haber sido enterrados inmediatamente de manera natural, para evitar su descomposición o fragmentación por fenómenos naturales como el agua, viento, entre otros. Posteriormente la materia orgánica original debió haber sido reemplazada por nuevos minerales y elementos para de esta manera garantizar su conservación a lo largo de millones de años. En el caso de las huellas es semejante, una vez que caminaron los dinosaurios por un suelo fangoso, húmedo, dejaron sus impresiones, éstas fueron inmediatamente sepultadas por una nueva corriente de agua y lodo. Posteriormente fueron cubiertos por otro tipo de rocas sedimentarias o volcánicas

y no es hasta millones de años después, cuando la naturaleza se encargó de ponerlos al descubierto, listos para ser investigados por los paleontólogos. Encontrarse un registro fósil es todo un acontecimiento.

## DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN

La zona de los dinosaurios de Sonora se encuentra en el municipio de Fronteras, localizado en el Noreste del estado, a 60 kilómetros al sur de la ciudad de Agua Prieta, la cual hace frontera con Estados Unidos de Norteamérica. Se ubica en el límite poniente de la Sierra Madre Occidental, conocida como Sierras y Valles Paralelos, la Púrica y Los Ajos al poniente, las cuales alcanzan más de 2,000 metros sobre el nivel del mar los cuales están constituidos fundamentalmente por rocas volcánicas y plutónicas. El valle está conformado por depósitos continentales de arenas, arcillas y gravas, con arroyos que solo llevan agua en épocas de lluvias o deshielo.

Las localidades de los dinosaurios se encuentran en un valle intermontano, en depósitos de arenas, gravas y arcillas o combinadas, del Periodo Cretácico Tardío con una edad aproximada de 70 millones de años. La fisiografía se caracteriza por lomeríos, cerros y cordilleras de moderada altura sobre el valle, redondeadas por la erosión. La forma característica de las formaciones que la componen son rocas sedimentarias estratificadas de mediana, fina a gruesa (areniscas y lutitas). El Dr. Carlos M. González León, ubica a las formaciones como parte del Grupo Cabullona. Estos depósitos son de origen continental, en ambientes

lagunares o lacustres. También se observan paleocanales en la región, lo que evidencia la existencia de un enorme delta que atravesó los depósitos sedimentarios, siendo un lugar ideal para la vida de los dinosaurios.

### **LOS REGISTROS FÓSILES: PÁGINAS DEL PASADO**

La investigación formal inició el mes de enero de 2010 en esta región, ante el aviso de que un grupo de Lajeros, que explotan la cantera (lajas para la construcción u ornamentación), en el Ejido de Esqueda, Sonora que presumían haber encontrado huellas de dinosaurios en una cantera. El grupo de investigación que había trabajado con anterioridad en esta región, compuesto por los autores de este trabajo, se dió a la tarea de verificar estos reportes por invitación del Ing. Ramón Clavero. El 22 de enero se visitó al Cerro del Carro Quebrado en el Ejido de Esqueda, Municipio de Fronteras Sonora. Los trabajadores habían descubierto 5 huellas a las que se les hizo el estudio correspondiente. El estado de preservación no era muy bueno. Al realizar la limpieza en la parte superior de la cantera se lograron descubrir 9 huellas en total y se constató que, efectivamente, se trata de huellas de dinosaurio del grupo de los Hadrosaurios (reptiles masivos), mejor conocidos como Pico de Pato, con una longitud aproximada de 8 metros.

Al continuar la limpieza del lugar, con el apoyo de Grupo México y el H. Ayuntamiento de Fronteras, se descubrió otro sendero de huellas, de un hadrosuario más grande de aproximadamente de 18 metros de longitud, con 3.5 metros de diferencia estratigráfica, hacia la parte superior, lo cual indica varios años de diferencia en edad con respecto al anterior. Los descubrimientos continuaron, intermedio a los dos hallazgos anteriores se encontraron otras huellas de un Terópodo (Pié de bestia), un bípedo carnívoro, con una longitud de 2 a 3 metros aproximadamente. Es decir, los tres organismos caminaron por esta zona, en diferente tiempo.

### **POTENCIAL DE LA REGIÓN: HUELLAS**

El área en estudio tiene enormes posibilidades de contener más huellas pues se presentan las mismas características geológicas y paleoambientales por más de 12 kilómetros cuadrados. Ya se tienen detectados por lo menos dos sitios más, los cuales serán objeto de estudios posteriores.

### **HUESOS DE DINOSAURIOS**

Estudios anteriores de la región se realizaron al Sur de Naco y Este de Cananea. Se encontraron registros fósiles de huesos de dinosaurios de varios grupos: fémures, húmeros, costillas, vértebras de hadrosauros y ceratópidos y dientes de carnívoros, entre otros. Las autoridades del municipio invitaron al grupo de trabajo a visitar un sitio en el que





según se tenían varios hallazgos de huesos. Se constató la existencia de huesos de dinosaurio en un ambiente más continental que el de las huellas. Posteriormente se inició la exploración en la región logrando ubicar un sitio con un esqueleto parcial de dinosaurio por lo que se procedió a la excavación sistemática para desenterrar los registros fósiles. Este ejemplar es importante porque su estado de preservación es bastante bueno e incluye el descubrimiento de la cintura pélvica, vertebras, fémures parciales costillas. Se trata de un hadrosauro Pico de Pato. Este descubrimiento y el de las huellas, ubican a la región como una de las más importantes del país y del mundo.

### OTROS HALLAZGOS DE FÓSILES

Además en otros estudios regionales se encontraron distintos tipos de registros fósiles como troncos petrificados de gran tamaño y también impresiones de plantas fósiles, bivalvos de carácter continental (lacustre), y en una área al oriente de Fronteras se encontraron rocas calcáreas de origen marino con una gran cantidad de bivalvos pelecípodos y gasterópodos del Cretácico Inferior.

### IMPORTANCIA DE LOS DESCUBRIMIENTOS Y SU IMPACTO EN LA REGIÓN

**a) Investigación.** Una primera interpretación del sitio de las pisadas proponen la existencia de un abrevadero paleontológico. Probablemente, este sendero de los dinosaurios del final del cretácico, duró varios cientos o miles de años sin que hubiera perturbación alguna en su paleoambiente. Por otra parte, la gran cantidad de huesos

de dinosaurios refuerzan la importancia paleontológica de la región y la convierten en una verdadera página de la historia de dinosaurios en el mundo. Los trabajos a futuro de prospección y excavación aportarán grandes conocimientos de estos organismos.

#### **b) Educación y cultura.**

Como una parte importante de este proyecto se pretende promover la educación y la cultura de la región. La investigación de los dinosaurios permitirá la vinculación directa con el sector educativo oficial de la región y las universidades. Se han impartido conferencias sobre la importancia de los descubrimientos en varias partes de la región, desde Esqueda hasta Nacozari. Este tema permite involucrarse en el conocimiento científico porque se integran varias disciplinas como: la física, la química, biología, geografía, paleontología, vulcanismo, tectónicas, entre otros. También se mantiene una relación estrecha con la comunidad explicándoles los avances de las investigaciones, se puede afirmar que casi todas las comunidades de la región conocen de la importancia de su localidad.

**c) Desarrollo regional.** Desde el inicio del proyecto el grupo de investigación de la UNISON y la UNAM, han mantenido una relación estrecha con los diversos sectores de la sociedad de la región, tienen entre sus objetivos buscar la vinculación con los diversos sectores de la sociedad y hacerlos partícipes de las acciones que se lleven a cabo en la región. Así se ha mantenido una relación estrecha con las autoridades del Municipio de Fronteras, y con ejidatarios



de Esqueda. Los hallazgos de los registros fósiles de dinosaurios podrían ser los detonantes de proyectos de desarrollo turístico sustentable, buscando sobre todo su preservación y su posible exhibición en un Museo de Sitio generando no sólo un centro de investigación sino también fuentes de trabajo alternas.

#### ACTIVIDADES FUTURAS POR REALIZAR

- 1.Excavación de dinosaurios.** Continuar los trabajos en la región oriente del poblado de Fronteras, con el objetivo de encontrar evidencias de dinosaurios y continuar con el rescate del esqueleto parcial del dinosaurio encontrado en la localidad conocida como Lito 1.
- 2.Exploración de huellas.** Continuar trabajando en la cantera del Cerro del Carro Quebrado del Ejido de Esqueda para descubrir mas huellas.
- 3.Estudios exploratorios de nuevas canteras con pisadas.**
- 4.Exploración de otros registros fósiles (No dinosaurios).** Plantas y troncos, organismos de ambientes marinos y continentales del mesozoico y cenozoico.
- 5.Otros estudios de investigación.** Realizar estudios para determinar las características geológicas de la región como: estratigrafía, tectónica, paleontológica, estructura, integrando un grupo de expertos en ciencias de la tierra.
- 6.Proyecto regional de educación y cultura.** La magnitud de la riqueza paleontológica de la región es de gran importancia y por esa razón impactarán a la educación y la cultura de la sociedad. Aunado a esto, la zona alberga una historia muy interesante por ejemplo: en minería por contener los yacimientos más importantes de cobre como lo demuestran las minas de Cananea, Nacozari, Bisbee, El Tigre. Por otra parte, la historia contemporánea e indígena de la región, se hace muy atractiva por que el Indio Gerónimo estuvo

en esa zona, así como personajes de la historia contemporánea.

#### 7.Proyecto de turismo regional.

Los hallazgos de dinosaurios por si solos representan una oportunidad para promover el turismo alternativo de la región. Existen experiencias exitosas en donde este tipo de proyectos además de fortalecer la investigación, son verdaderos detonantes del desarrollo económico de

la sociedad por lo que se propone elaborar varios tipos de propuestas: una tiene que ver con el acondicionamiento de los sitios de las huellas para que puedan ser visitadas y otra promover la construcción de un Museo de Sitio que albergue los registros fósiles de la región y promuevan la educación y la cultura.

#### PERSPECTIVAS FUTURAS DEL PROYECTO

El estudio de los dinosaurios apenas inicia, está por delante muchos meses y años de investigación por lo extenso de la región. Tanto la UNISON como la UNAM tienen especial interés en continuar los estudios, pues el potencial científico es enorme. La región debe ser considerada como estratégica tanto para el Gobierno del Estado de Sonora y el país mismo, porque alberga en su seno un enorme y significativo patrimonio paleontológico, testigo y evidencia de la historia de la vida. Sonora es un estado privilegiado, pues tiene en sus rocas una gran diversidad de registros fósiles de importancia mundial. Las instituciones están aportando los recursos humanos, los expertos en investigación, se requiere integrar esfuerzos de las autoridades gubernamentales de los tres niveles: federal, estatal y municipal, a través de sus diversos organismos.

Actualmente este proyecto ha contado con el apoyo de sectores empresariales como el Grupo México, Ingeniería Dibujo Geología, S.A. de C.V. ; la UNAM Y LA UNISON y la Asociación de Ingenieros de Minas y Metalurgistas y Geólogos de México AC, Distrito Sonora.

Para mayor información para los interesados en apoyar el proyecto comunicarse con: Rafael Pacheco R. pacheco@correom.uson.mx, teléfono. 2592157, O bien con Carlos M González L. cmgleon@servidor.unam.mx.

## ¿ES POSIBLE UN UNIVERSO DE DOS TIEMPOS Y DOS ESPACIOS?

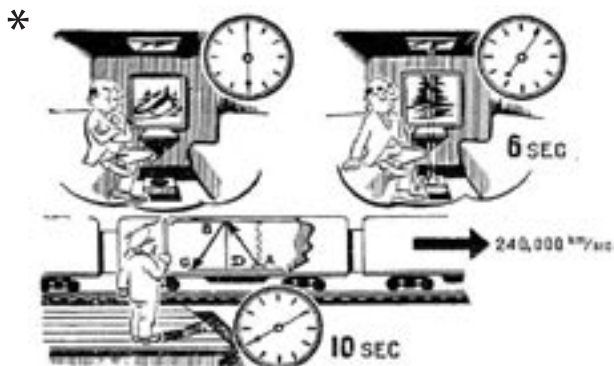
JUAN ANTONIO NIETO GARCÍA

En este artículo tratamos de contestar la pregunta del título conjeturando la necesidad de contar con una teoría unificada a partir de la cual se pudieran predecir la estructura dimensional de nuestro Universo. Desafortunadamente (o afortunadamente), todavía no se tiene dicha teoría y por lo tanto la pregunta de ¿por qué nuestro Universo actual es de 1+3 dimensiones? continúa abierta. Ciertamente hay esfuerzos importantes en esta dirección como es el caso de la teoría de supercuerdas o la llamada teoría-M, pero el panorama se presenta todavía como incompleto.

DR. JUAN ANTONIO NIETO GARCÍA  
Departamento de Investigación en Física de la  
Universidad de Sonora, Facultad de Ciencias Físico- Matemáticas  
de la Universidad Autónoma de Sinaloa  
Correo: nieto@uas.uasnet.mx

## EL UNIVERSO

Hasta donde se sabe, los eventos físicos en nuestro Universo se presentan en 1+3 dimensiones, es decir, en una dimensión temporal y tres dimensiones espaciales. Por eso se dice que vivimos en un Universo de 1+3 dimensiones. Es natural preguntarse: ¿por qué tiene que ser así? ¿por qué nuestro Universo no es de 1+4 dimensiones o de 2+10 dimensiones? Analizando el tema muy superficialmente uno nota que en un Universo de 1+3 dimensiones se tienen más dimensiones espaciales que temporales. Sin embargo, ¿No sería más natural pensar en un Universo imaginario de 1+1 dimensiones o de 2+2 dimensiones? En tales casos se tendría una igualdad entre dimensiones temporales y espaciales y consecuentemente tal Universo imaginario se nos presentaría con más simetría espacio-temporal que un Universo en 1+3 dimensiones. La búsqueda de un Universo con estas características tendría que imaginarse en uno de los siguientes dos escenarios: o muy en el pasado; o muy en el futuro. Esto tendría que ser así porque hasta donde sabemos en las épocas inmediatas los experimentos nos confirman que para describir el movimiento de un objeto necesitamos 3 coordenadas espaciales y solamente una coordenada temporal. No obstante, uno puede imaginar un escenario en el que originalmente, en el pasado distante, el Universo era de 2+2 dimensiones y que en algún momento de su evolución cambió de esas 2+2 a 1+3 dimensiones. Es decir estamos pensando que en algún momento en la evolución del Universo una dimensión temporal se transformó en una dimensión espacial.



Desde nuestra perspectiva, el problema anterior es más matemático que físico. Podemos aclarar este comentario considerando el llamado teorema de Bott-Milnor-Kervaire del álgebra lineal. Según este teorema, álgebras (sobre los reales) con división pueden existir solo en 1, 2, 4 u 8 dimensiones espaciales. Una simple hipótesis de división determina sólo cuatro posibilidades. La idea sería, entonces, proponer un teorema que partiera de la "hipótesis apropiada" (o las "hipótesis apropiadas") para nuestro Universo y se pudiera demostrar, rigurosamente, que la única respuesta para la dimensión de nuestro Universo es 1+3 dimensiones. En el caso del teorema de Bott-Milnor-Kervaire, la división se puede entender como la operación dual a la multiplicación. De tal suerte que en nuestro caso

podemos decir que no es exactamente la división sino la dualidad la que determina tales cuatro posibles dimensiones. Así, si tomamos seriamente estas ideas podemos proponer un principio de dualidad para nuestro Universo y con esta simple hipótesis determinar la dimensionalidad del mismo. Sorprendentemente, la teoría de supercuerdas apunta hacia un principio de dualidad de este tipo. De hecho diferentes dualidades en la teoría de supercuerdas sugieren la existencia de una teoría más amplia: la teoría-M.



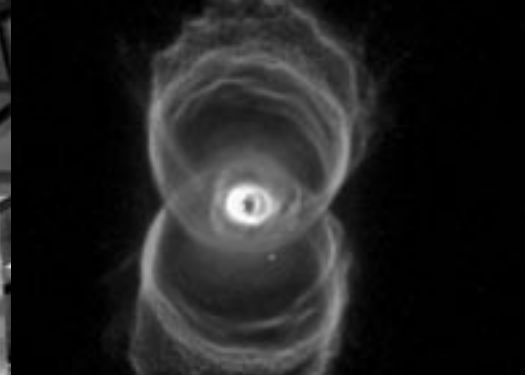
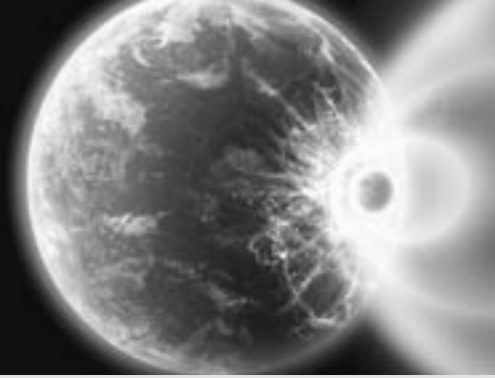
Nuestra participación en el escenario descrito anteriormente, contempla dos estructuras matemáticas: (1) la teoría de matroides orientados [2] y (2) la teoría de 2+2 dimensiones. En ambos casos la idea es considerar un principio de dualidad para construir la teoría-M y eventualmente determinar la dimensionalidad de nuestro Universo.

## LA TEORÍA DE LOS METROIDES

A continuación exponemos algunos de las contribuciones más relevantes de nuestro enfoque. Pero antes conviene mencionar brevemente la idea esencial detrás de nuestras investigaciones. La teoría de matroides orientados es una estructura matemática de combinatoria que tiene entre sus fundamentos el concepto de la dualidad. De hecho la dualidad es tan importante que en lugar de llamarse teoría de matroides debería de llamarse teoría de la dualidad. Nuestra intuición investigadora nos indica que esta teoría podría ser la clave para determinar la dimensionalidad del espacio-tiempo en forma similar a como el teorema de Bott-Milnor-Kervaire determina las dimensiones 1, 2, 4 u 8. Hemos considerado esta posibilidad desde diferentes frentes:

1) En primer lugar nos propusimos establecer una relación entre la teoría de matroides y la teoría-M. La tarea no fue fácil porque esencialmente el tema de matroides sólo lo han desarrollado en su mayor parte los matemáticos. De cualquier forma, poco a poco y con mucha perseverancia logramos tener una visión del tema suficientemente amplia para poder proponer la teoría de matroides como el marco matemático para la teoría-M ( ver referencia [7]). En el camino encontramos muchas conexiones con otros temas importantes de la física de altas energías, tales como supercuerdas, supergravedad, teoría de Chern-Simons,

\* Foto del libro Landau, Levy, Rumer, Yuri ¿Qué es la teoría de la relatividad?



p-branes ente otras (ver las referencias citadas en [7]). Aunque esto representa logros importantes, nuestra meta final de determinar las dimensiones del espacio tiempo sigue, sin embargo, como una meta prioritaria.

2) En segundo lugar, en colaboración con Dr. Jorge Téllez y el MC. Alejandro León del Departamento de Investigación en Física de la Universidad de Sonora, estamos investigando la posibilidad de considerar la dinámica de un Universo con dos tiempos. En este escenario logramos obtener una solución que apunta a considerar el segundo tiempo como cíclico, es decir compacto. De aquí se desprende, que vía una transformación de dualidad, a este segundo tiempo cíclico le corresponde una coordenada dual tipo espacio. Por lo tanto descubrimos que podemos asociar con un Universo de 2+2 con un segundo tiempo compacto un Universo en 1+3 dimensiones con una dimensión espacial compacta. Las implicaciones de este escenario están actualmente en estudio y esperamos reportar nuestros resultados en el futuro cercano.

3) Por último, recientemente, en colaboración con los Doctores, Rubén Flores del Departamento de Matemáticas de la Universidad de Sonora y Dr. Jorge Téllez estamos investigando la posibilidad de establecer la estructura geométrica subyacente en un espacio fase de dos tiempos. Esperamos que esto nos permita establecer las bases matemáticas necesarias para estudiar la física cuántica de teorías con dos tiempos.

Dados estos tres escenarios, resulta importante subrayar que ha sido probado que la signatura de 2+2 dimensiones [5] es excepcional. Surge de nuevo la pregunta ¿Por qué entonces vivimos en un Universo de 1+3 dimensiones? Esta dimensionalidad no parece ser excepcional. Para entender esta diferencia consideramos un objeto físico excepcional: un hoyo negro. Este concepto se refiere normalmente a 1+3 dimensiones y nuestra pregunta fue ver si es posible tener hoyos negros en 2+2 dimensiones. Consultamos la literatura y notamos que el tema de hoyos negros en 1+1 dimensiones ha sido ampliamente estudiado. ¿Por qué no entonces considera hoyos negros en 2+2 dimensiones? Este problema parece no haberse considerado antes. Así, recientemente logramos encontrar soluciones de hoyos negros en 2+2 dimensiones (ver referencia [3]) en el contexto de la relatividad general de la gravitación. Nuestro resultado es significativo y puede ayudar a entender porque 1+3 dimensiones y no 2+2 dimensiones; en ello continuamos trabajando.

## COMENTARIOS FINALES

La determinación de la dimensionalidad del espacio-tiempo de nuestro Universo es un tema fascinante. Nuestro esfuerzo por comprender el problema nos ha llevado a escenarios tan diversos como supercuerdas, teoría de nudos, y teoría de matroides orientados. No solo tenemos contribuciones importantes dentro de la teoría M; también, hemos explorado, en colaboración con mis estudiantes MC Lorena Ruiz y Lic. Javier Silvas, la dualidad en el caso de las constantes fundamentales [6] y algunos trabajos en 2+10 dimensiones [4]. Estos últimos desde la perspectiva de gravedad cuántica según Ashtekar.

Nuestra percepción final, hasta ahora, es de que la dimensionalidad de 2+2 dimensiones de nuestro Universo no se manifiesta directamente a una escala macroscópica sino a una escala microscópica (del orden de 10 a la menos 33 centímetros) o en el pasado lejano. De tal suerte que nos parece que el problema de conectar 2+2 con 1+3 dimensiones es similar a la búsqueda de una teoría de gravedad cuántica; uno de los retos de la física teórica más fascinantes de los últimos tiempos.


## AGRADECIMIENTO:

Mi gratitud al Departamento de Investigación en Física de la Universidad de Sonora donde parte de este trabajo fue desarrollado.

## BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.slac.stanford.edu/spires/find/hep/www?rawcmd=f+a+j.+a.+nieto>
2. "Oriented Matroid Theory", A. Björner, M. Las Vergnas, B. Sturmfels, N. White, G. M. Ziegler, "Oriented matroids, (Cambridge University Press, Cambridge, 1999).
3. "On 2 + 2 dimensional space-times, Strings and Black Holes," C. Castro y J. A. Nieto, *Int. J. Mod. Phys. A* 22, 2021 (2007).
4. "Towards an Ashtekar formalism in 12 dimensions," J. A. Nieto, *Gen. Rel. Grav.* 39, 1109 (2007).
5. "Are 1+1 and 2+2 exceptional signatures?" J. A. Nieto, *Nuovo Cim. B* 120, 135 (2005); e-Print: hep-th/0410003.
6. "Thoughts on duality and fundamental constants," J. A. Nieto, L. Ruiz y J. Silvas, *Rev. Mex. Fis.* 53, 25 (2007); e-Print: hep-th/0512256.
7. "Oriented Matroid theory as a mathematical framework for the M-theory," J. A. Nieto, *Adv. Theor. Math. Phys.* 10, 747 (2006); e-Print: hep-th/0506106.





Santa Rosa de Corodehuachi  
Real Presidio  
de Fronteras de los Apaches  
Fronteras Sonora  
antes del sismo de 1887  
de 8.1°

## SISMOS EN EL ESTADO DE SONORA

### BREVE HISTORIA DE TEMBLORES EN SONORA, EL TERREMOTO DE 1887

¿Sabía usted que el Estado de Sonora esta en zona sísmica?, ¿que en diferentes escalas tiembla continuamente?. Epistemus retoma una parte del trabajo histórico elaborado por Carlos Lucero Aja. Se menciona la necesidad de promover una cultura de riesgos para saber la manera de cómo enfrentar este fenómeno natural. Seguramente uno de los fenómenos naturales más impactantes por sus efectos en la sociedad son los sismos, los terremotos.

Integración de la información  
ING. RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ  
Correo: pacheco@correom.uson.mx.

Al decir que la tierra es un planeta vivo es porque está en continuo movimiento y así ha sido la historia del planeta desde su formación, hace 4,600 millones de años. En los últimos meses, la humanidad ha sido testigo de grandes catástrofes producidas por los terremotos o temblores, por citar algunos, el producido en el mes de enero en Haití, que con 7.2 grados en la escala de Richter el cual cobro más de 250,000 víctimas y a las pocas semanas en el país del cono sur de América, Chile, sucedió otro sismo con una intensidad de 8.1 cobrando más de 1,500 víctimas tanto por los fenómenos telúricos como por el tsunami que produjo olas por el movimiento tectónico del fondo oceánico.

En México se recuerda con terror el sismo de 1985 con un intensidad de 7.5 grados, los desastres crearon una gran cicatriz en la vida de la capital del país, pues ocasionó que millares de personas salieran a otras ciudades del país huyendo de esta zona de riesgo. Es cotidiano que tiemble en el sur del país porque es una zona sísmica de alto riesgo. No olvidemos que una muestra de la inestabilidad de la corteza terrestre son los volcanes, en el sur del país es cotidiano observarlos por su forma cónica, son tan altos que algunos están cubiertos de nieve

## LA REGIÓN NOROESTE Y EL ESTADO DE SONORA

Recientemente se suscitó un temblor en la ciudad de Mexicali con una intensidad de 7.1 grados en la escala de Richter, lo cual trajo serias desgracias en viviendas y en vidas de la población. La región noroeste se vio consternada porque, aunque se sabe que se presentan ligeros temblores, éstos nunca han sido de alarma, por lo menos así lo dicen los pobladores. Sin embargo, Sonora está en una zona sísmica y qué decir del noroeste del Estado, pues se encuentra la zona de la falla de San Andrés en el vecino país del norte. Geológicamente hablando Baja California estuvo pegado a Sonora hace más de 30 millones de años. Por estudios geofísicos se sabe que ésta se separa de 4 a 6 cm anualmente pues en el Mar de Cortés se tiene una serie de fallas transformers, (de expansión) producidas por el movimiento de las placas tectónicas las cuales se mueven por las corrientes de convección en el interior de la tierra.

## SÍ TIEMBLA EN SONORA

En Sonora siempre ha temblado, lo que pasa es que muchas veces son sismos de baja intensidad y no son perceptibles para la población. Aunque usted no lo crea en Sonora se ha presentado uno de los sismos más intensos de la historia del planeta. En 1867 se registró un terremoto con una intensidad de 8.2 grados en la escala de Richter, mucho más intenso de el de Mexicali y el de Haití. En este artículo vamos a rescatar una parte de la historia, de la crónica sísmica que se tiene registrada, a lo mejor no con el rigor científico pero nos dará una idea de la percepción y la frecuencia de los fenómenos telúricos (sismos) en nuestro estado. Es evidente que vivimos en una zona de riesgo, en una zona sísmica y que debemos de tomar las consideraciones

necesarias para tomar las providencias y prevenir riesgos en nuestras casas y en general de los edificios que habitamos en el trabajo en el hogar.

## HISTORIA SÍSMICA EN SONORA

El Sr. Carlos Lucero Aja ha integrado alguna información respecto a la historia sísmica en Sonora, nos permitimos poner parte de ella:

“Es probable que los antiguos indígenas de Sonora hayan sentido uno que otro temblor y lo dejaran consignado en alguna pintura o grabado rupestre. El periódico oficial “La Constitución”, impreso en Hermosillo, publicó el 6 de mayo de 1887 que se tenía noticia de temblores sentidos en Sonora en los años 1826, 1830, 1866, 1875 y 1876, los tres últimos en Guaymas, aunque ligeros. Los periódicos “El Monitor Republicano” y “El Siglo Diez y Nueve” de la ciudad de México, dieron noticias de otros temblores leves ocurridos en Sonora el 9 de septiembre de 1880, el 22 y 25 de febrero de 1881 en Álamos, en marzo en Agiabampo, causando daños a las cosechas y el 19 de agosto del mismo año en Guaymas”.



Casas en ruinas en Bavispe por el temblor de 1877

## EL TERREMOTO MAS INTENSO, 3 DE MAYO DE 1887

El fatídico 3 de mayo de 1887, se sufrió aquí uno de los terremotos más grandes que ha registrado la historia, aunque poco conocido. Dicho movimiento telúrico fue causado por movimiento de placas y no porque algún volcán intentara brotar. Ese día, a las tres de la tarde, los poblados de Bavispe, Bacerac y Óputo (hoy Villa Hidalgo), junto con los de Huásabas, Granados, Bacadéhuachi y Nácori quedaron en ruinas, especialmente los tres primeros, pues sus casas construidas con adobe quedaron en el suelo, afortunadamente con pocas víctimas por lo escaso de su población: 42 fallecidos en Bavispe (según otros 60), 9 muertos en Óputo y 1 en Fronteras, sin contar los heridos. El capitán Emilio Kosterlisky, jefe de la Gendarmería Fiscal en Bavispe, auxilió primeramente a dicho pueblo, distribuyendo los víveres de sus empleados e hizo venir otros de Janos.



Bavispe después del temblor de 1887

Con 8.1 grados en la escala de Richter y XI en la de Mercalli (que va de I a XII), los 30 segundos que duró bastaron para sembrar el terror de los habitantes de la sierra sonoreense por lo violento del sacudimiento, al parecer tanto trepidatorio como oscilatorio, que derribaron las torres de sus iglesias, destruyendo por completo las de Bavispe, Óputo y Nácori. Registros en Arizona señalan que en algunas partes de ese estado duró tres minutos. Los templos de Sahuaripa, Cumpas, Bacoachi, entre otros, quedaron muy dañados. En Fronteras se derrumbó la escuela, dos edificios públicos y 17 casas. En Arizpe se cuarteó la iglesia y otros edificios; algunos se tuvieron que tirar después por el peligro que ofrecían. En Moctezuma solamente se registraron cuarteaduras en las casas, pero la torre de su iglesia sufrió daños y fue demolida después. Total de propiedades destruidas según el periódico "La Constitución" del 17 de junio: 130 en Oputo, 96 en Huásabas, 17 en Granados, 7 en Bacadéhuachi y 33 en Nácori. Dañadas 188 más, mayormente en Huásabas (75) y Granados (64).



Iglesia de Bacadéhuachi después del temblor de 1887

## EL EPICENTRO EN BATEPITO

Con el epicentro en Batepito [ver mapas], la tierra se abrió en profundas grietas, algunas de cien metros de largo por uno o dos metros de ancho, pero únicamente en Óputo ocurrieron en medio del poblado. La abertura más grande se ubicó en la falda de la sierra de La Cabellera, en la región del río Bavispe, midiendo 28 kilómetros de largo y quince metros de ancho. Además se hundieron porciones de terrenos, grandes rocas de los cerros se derrumbaron, brotó agua salitrosa por doquier, los arroyos aumentaron su nivel, algunos pozos y lagunas se secaron en un instante y se produjeron muchos incendios en pastos y bosques que hicieron creer que había hecho erupción un volcán, todo esto acompañado de grandes ruidos y detonaciones subterráneas.



Mapa ubicación del temblor por E. Fay Bennett en 1977

El macrosismo se sintió también en Hermosillo "ocasionando más perjuicios que algunas cuarteadoras más o menos importantes en las casas más sólidas", Guaymas, Ures y Magdalena con ligeras cuarteadoras en las casas y derrumbes de piedras en los cerros aledaños, sufriendo graves deterioros la "Casa de Corrección" en la ciudad de Ures. En Tombstone, Tucson, Charleston (en el condado de Cochise) y otros pueblos de Arizona, cercanos a la frontera, causó también estragos pero de menor cantidad por el material de madera de sus construcciones, igualmente muchas tuvieron que ser derruidas. También llegaron noticias de que se sintió en lugares tan lejanos como Mazatlán, Sinaloa, la ciudad de México, Santa Fe, Nuevo México, El Paso, Texas o Los Ángeles y San Francisco, California.



Curvas Isosísmicas por José Aguilera en 1887

Una serie de pequeños sismos se siguieron manifestando, unos fuertes y otros más leves, contándose 71 hasta el 7 de mayo. Todavía el 11 de septiembre se siguieron sintiendo, acompañados de ruidos que mantenían en zozobra a la población de esos pueblos. Pronto llegó la ayuda de varias partes del estado, del país y del extranjero y se formaron varias comisiones científicas para estudiar el fenómeno terrestre, como las del duranguense Ing. José Guadalupe Aguilera Serrano (1857-1941) o la del Dr. George Goodfellow, de Tombstone, a quien por sus servicios el presidente Porfirio Díaz le regaló un hermoso caballo; en julio por el científico F. L Clark que hizo viaje especial desde Honolulu, Hawaii. El Sr. Liborio Vázquez fue comisionado por el gobierno del estado para investigar los sucesos e informar de ello al gobernador. Incapaz de describir la difícil situación de sus pobladores se lamentaba: -“¡Pobre frontera! no sé qué fatalidad la persigue de 60 años a esta parte, en cuyo largo período sólo desgracias se registran”.



Iglesia de Bavispe en ruinas después del temblor de 1887

El Ingeniero Aguilera en su informe publicado en los Anales del Ministerio de Fomento, en 1888, asienta en el capítulo “Velocidad de Propagación”, lo siguiente: “De Batepito a Guaymas hay una distancia de 384 kilómetros, se tardó la onda en llegar 3’ (minutos), lo cual da una

velocidad de 1,993 metros. A Nogales hay 174 kilómetros; tiempo empleado, 1’; velocidad, 2,900m.... Hermosillo, 240 kilómetros; tiempo, 2’; velocidad, 2,000m....”.



Grietas producidas por el temblor de 1887

### MAYO DE 1889

Dos años después, el 8 de mayo de 1889, el Prefecto de Moctezuma contaba al Secretario de Gobierno que el día 31 de abril, a la una y media de la tarde se había sentido en Bavispe “un fuerte temblor de tierra, pero que viviendo aún en jacales no ocasionó otro mal”, que también “se derrumbaron algunos cerros y se incendió el campo en algunas partes pero se logró cortar el fuego con oportunidad”.



Otras grietas producidas por temblor en Sonora

## AGOSTO DE 1891

Los periódicos antes mencionados registran leves movimientos en Guaymas el 5 de noviembre de ese año y en agosto de 1891. En el Catálogo de Temblores del Instituto Geológico de México aparecen los siguientes en Sonora, también leves: 16 de diciembre de 1905 en Huatabampo; 26 de marzo de 1907 en Arizpe, Agua Prieta y Fronteras; 16 de octubre de 1907 en Guaymas, Hermosillo, Ortiz y Ures; el 7 de abril de 1908 en Fronteras, Moctezuma, Banámichi y Arizpe; el 7 de junio de 1910 y 25 de noviembre de 1911 en Guaymas.



Vista aérea de grietas producidas por temblores

## MAYO DE 1913

No es sino hasta el 17 de mayo de 1913, a las dos de la tarde, que se sintió otro temblor más o menos fuerte en el pueblo de Huásabas, sin víctimas que lamentar. La Casa Municipal (conteniendo escuela y cárcel) "fue de las que en más peor estado quedó", como escribió el presidente municipal, Eduardo Leyva, al solicitar ayuda al gobierno estatal, notificando además que las personas que habían perdido sus hogares se encontraban "expuestos a la intemperie sin hogar ni alimento, siendo estos como una tercera parte de la población". Al igual que en 1887 se organizaron en todo el estado diferentes actividades para recabar fondos para auxiliar a las víctimas, como corridas de toros, funciones teatrales, rifas y colectas de asociaciones filantrópicas.



Destrucción producida por el temblor de 1877 en Bavisp

Diez años después, el 18 de diciembre de 1923 a las cinco de la madrugada, otra vez el presidente municipal de Huásabas, Francisco D. Ríos, comunicaba por carta al gobernador Alejo Bay que "un gran movimiento sísmico ha destruido la mayor parte de la población, digo destruido por razón de que los edificios que permanecen de pie, quedan inhabitables; pues los muros, siendo de adobe, se observan hechos pedazos en su totalidad". Granados y Óputo lo sintieron en menor intensidad; produciéndose otro sismo al día siguiente. A través del diputado Jesús E. Rivera, el gobierno mandó lo colectado (incluyendo fuerte suma de la colonia china), consistente principalmente en alimentos, carpas de lona y frazadas por ser temporada invernal

## ENERO DE 1924

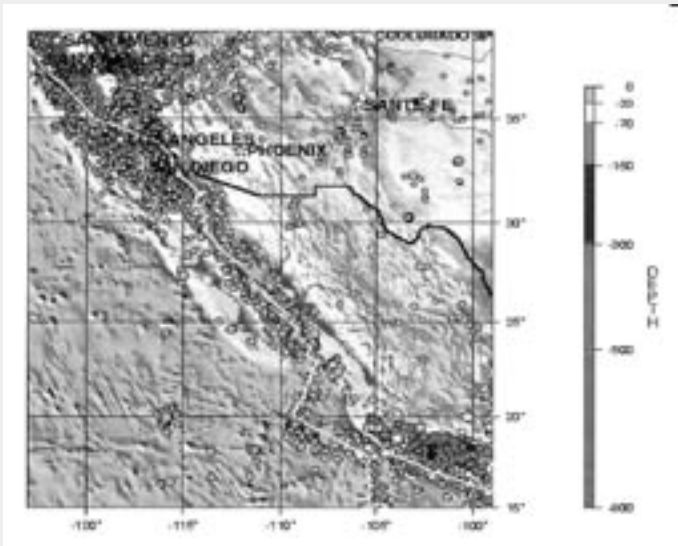
En enero de 1924 se producen otros movimientos telúricos en el mismo lugar, efectuándose el día 17 cuatro, "entre estos uno de consideración que puso en alarma a los vecinos". El 10 de febrero, a las diez de la noche, otro "que fue de tomarse en cuenta porque se sintió moverse fuerte los techos de las casas y con fecha 12, como a las ocho horas, se sintió otro muy lento". El señor Ríos notificó también después, que el 7 de marzo a las 13:00 y a las 18:00 se habían sentido otros y que el 22 de abril, "de las nueve horas de ayer a las seis de hoy, ha habido 18 temblores" pero que no habían causado tampoco ninguna víctima. Igual noticia daba el alcalde de Granados, Felipe J. Durazo, de que se habían verificado "25 oscilaciones, cosa que ha sembrado el pánico general de la población por la demolición que han hecho en las casas".

Al parecer esos fueron los últimos movimientos terrestres fuertes en Sonora y la gente olvidó esos sucesos, creyendo muchos en la actualidad que aquí no tiembla. América Molina del Villar, del CIESAS Tlalpan, en ponencia presentada en el XV Simposio de Historia y Antropología de Sonora, en 1990, escribe que los sismos por movimientos de placas "se generan cada mil o dos mil años, por lo que este sismo estudiado [el de 1887] constituyó un verdadero acontecimiento". Esperemos que así sea.

En tiempos más modernos se han sentido leves y algunos casi imperceptibles sismos con epicentro en las profundidades del mar de Cortés o golfo de California, frente al puerto de Guaymas, donde científicos franceses descubrieron hace ya algunos años que está saliendo lava, pero que se solidifica prontamente por la presión y frío del agua. Algunos de estos se han sentido el 20 de noviembre de 1977, 10 de febrero de 1984, 5 de septiembre de 1986, 2, 3 y 11 de octubre de 1992. El 7 y 8 de octubre de 1993 se sintieron movimientos terrestres en los municipios de Granados y Huásabas que pusieron en alerta a la población. Entre junio y julio del 2001 se registraron algunos sismos en Granados, descartándose que hayan sido causados por la falla de Bavispe.

### EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

A la fecha de hoy ha habido unos tres o cuatro movimientos que la gente ha sentido y cientos más sólo perceptibles por los pocos aparatos sismógrafos que existen en la entidad. Uno de los últimos el lunes 3 de agosto del 2009 con cuatro sismos, el primero a las 10:55 de la mañana, con una magnitud de 5.8 grados en escala de Richter, a una profundidad de 10.3 kilómetros y con epicentro a 104 kilómetros al Oeste-Noroeste de Bahía de Kino; el segundo a las 10:59, que fue el más fuerte, con 6.9 grados, alarmando a los habitantes del poblado Miguel Alemán, Bahía de Kino, a los indígenas seris de Punta Chueca y El Desemboque, y a los de Puerto Libertad, sintiéndose menos en Puerto Peñasco; el tercero a las 11:33 horas con 5 grados; y el último a las 11:40 con 5.9 grados.



### SONORA ES ZONA SÍSMICA

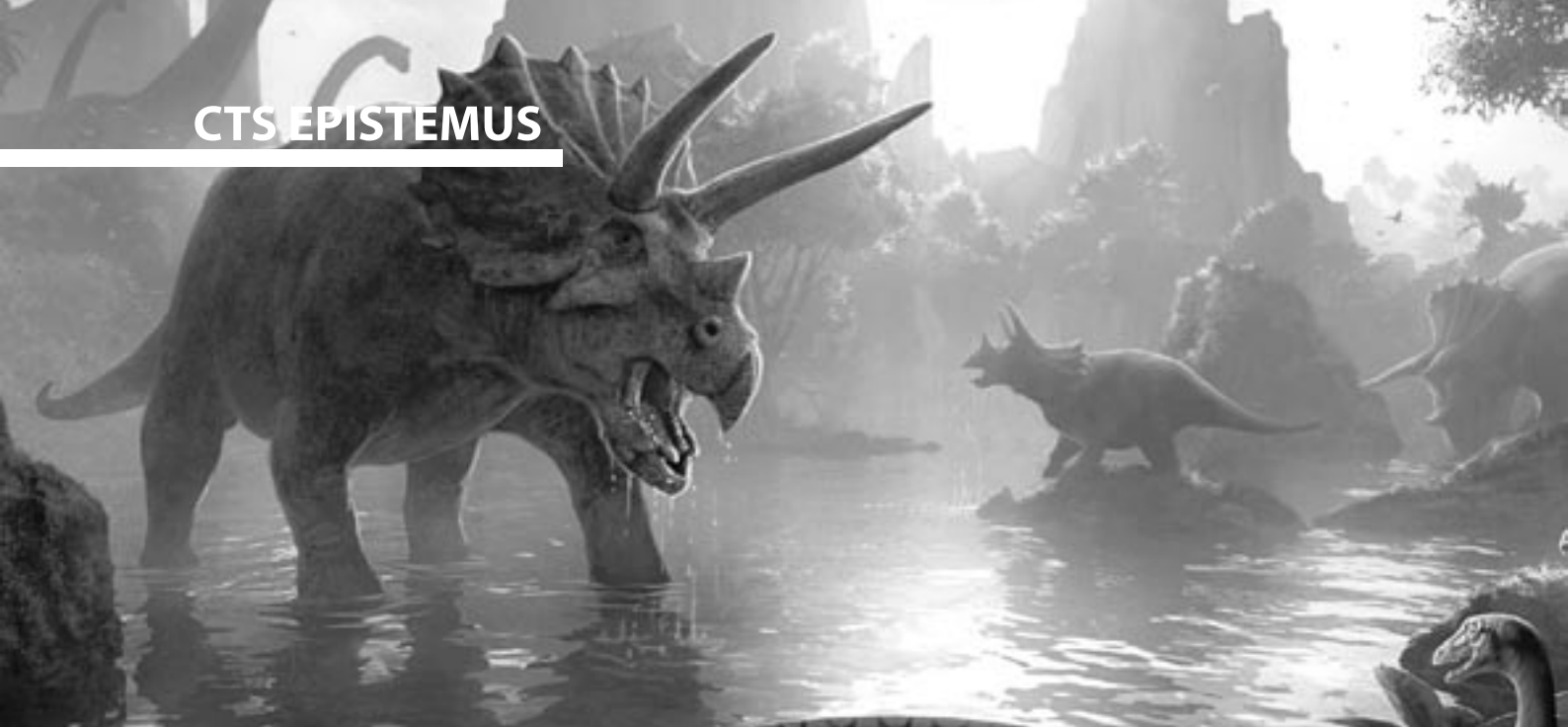
El Sr. Laja expresa su preocupación de que desafortunadamente en Sonora no hay, creo yo, ninguna ley que reglamente la construcción de casas y edificios que prevengan resultados desastrosos si volviera a ocurrir un

terremoto de la magnitud de aquel de 1887, en poblaciones que cuentan actualmente con cientos o miles de habitantes más. Desde noviembre del 2000, la Asociación de Pequeños y Medianos Mineros del Distrito de Sahuaripa, A.C., a través del Lic. Manuel de Jesús Gracia Apodaca, han pedido infructuosamente al gobierno del estado y a la SEMARNAP que se investigue e informe a la población “referente al alarmante fallamiento (sic) sísmico en dicha zona, de cuya presencia existen inobjetable evidencias”... “Con el único fin de contribuir para que la población serrana en lo particular y la estatal en lo general, con toda la objetividad posible, adquieran mayor consciencia sobre este tipo de fenómenos naturales que, por ser impredecibles, ningún ser humano en el mundo globalizado está exento de afrontarlos cuando se presentan”.

### CONCLUSIONES

La cultura de un pueblo es la historia, conocerla permite a la humanidad no cometer los mismos errores, conocer las zonas sísmicas del estado permiten prevenir riesgos, catástrofes y pérdidas materiales y vidas humanas. Es necesario establecer en el Estado una Red Sísmica ligada a la red regional e internacional para monitorear los movimientos sísmicos, investigarlos y impulsar una cultura de riesgos sísmicos de las regiones históricamente ms susceptibles de temblores.





## LOS DINOSAURIOS, UN MAGNÍFICO PRETEXTO PARA HABLAR DE CIENCIA

### LA EVOLUCIÓN DE LA TIERRA, LA VIDA Y EL MEDIO AMBIENTE

RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ

Desde el big-bang hace 15,000 millones de años da inicio un largo proceso de evolución que dio lugar a la formación de nuestra galaxia, la vía láctea, en donde se encuentra nuestro sistema solar. Tuvieron que pasar 10,400 millones de años para que se formara el planeta tierra. Desde su formación se inicia el experimento natural que da lugar a las primitivas formas de la vida. Los cuatro elementos fundamentales de la vida: oxígeno, luz, alimento y agua son los que dan origen a la vida en la tierra. Sabemos a través de las investigaciones, que nuestro planeta ha sufrido una gran cantidad de cambios, en periodos de tiempo bien definidos, llamados Eras Geológicas, cada una de ellas esta marcada por grandes catástrofes naturales que han motivado grandes extinciones de organismos a nivel global, pero también sabemos, por la ciencia, que han surgido nuevos organismos más fuertes, con un mayor grado de desarrollo. La aparición del hombre es una muestra de ello.

ING. RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ  
Coordinador de Difusión y Divulgación Científica y  
Tecnológica de la División de Ingeniería  
Correo: pacheco@correom.uson.mx



## LOS DINOSAURIOS Y LA HISTORIA DE LA VIDA

Hablar de los dinosaurios es hablar de uno de los seres vivos más exitosos que han habitado la tierra pues la poblaron por más de 160 millones de años. Se distribuyeron en prácticamente todo el mundo, lo que se constata con el hallazgo de registros fósiles desde los polos hasta en el Ecuador. Los había hasta cerca de 40 metros como el Titanosaurio, pero también muy pequeños del tamaño de una gallina. Los había carnívoros, omnívoros, unos convertidos en unos verdaderos depredadores y otros sumamente tranquilos y apacibles. La naturaleza les brindó la oportunidad de distribuirse ampliamente en la biosfera, otorgándoles un ambiente rico en nutrientes, oxígeno, agua y energía, cuatro elementos fundamentales para la vida.

Los medios masivos de comunicación, las grandes producciones cinematográficas, se han encargado de hablar ampliamente de los dinosaurios a través de películas, revistas, libros, internet. Rodeados de más ciencia ficción que de verdad, no hay una persona en el mundo que no haya oído hablar de los dinosaurios. Verdades a medias se ha dicho de sus características, exageraciones a veces, pero de que fueron sorprendentes, sin lugar a dudas. Pero que hay atrás de los dinosaurios, pues además de conocer sus características, el medio ambiente y su sorprendente



extinción, representan una magnífica oportunidad para promover la educación y la cultura científica y tecnológica, de nuestro mundo y el medio ambiente, pues por ellos hemos logrado reconstruir su historia.

## LAS MARAVILLAS EL MUNDO QUE NOS RODEA

El planeta tierra, por sus características, es único en el universo hasta donde conocemos.

El que haya vida en la tierra fue un proceso natural, seguramente existen millones de sistemas solares y estrellas como en nuestra galaxia. Todos provenimos de un solo origen, somos universo, pero hasta ahora no se ha podido conocer si hay vida en otros planetas o sistemas, al parecer somos únicos.

## LOS CAMBIOS DE LA TIERRA Y LA EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS VAN DE LA MANO

La formación y evolución de la tierra es compleja, intervinieron muchos factores: reacciones químicas, movimientos continentales, fuerzas internas de la tierra, cambios climáticos, etcétera. A través de la ciencia conocemos su pasado, los primeros pasos de la evolución, cómo y cuándo comenzó la vida y qué factores intervinieron para la evolución. Para el origen de la vida coincidieron muchos



factores: radiación solar, el tipo de materiales que debieron llegar a nuestro planeta, el comportamiento interno, reacciones nucleares y movimiento de los continentes, vulcanismo, impacto de meteoritos, agua, una atmósfera con oxígeno necesario para la vida, rotación y traslación de la tierra, entre otros. La tierra es un planeta vivo, no nada más por los seres que habitan en su superficie, sino porque desde su formación ha estado en constante movimiento por las fuerzas internas que originan la formación de montañas, corrientes de convección, vulcanismo de dimensiones continentales, formación de depresiones en los océanos, pero también en la formación de montañas. El paisaje del mundo actual para nada es el mismo de hace 100 millones de años, mucho menos hace 1,000 o 4,000. Para entenderlo tenemos que auxiliarnos de la ciencia: la física, química, biología, paleontología, geología, astronomía, entre muchas otras especialidades.

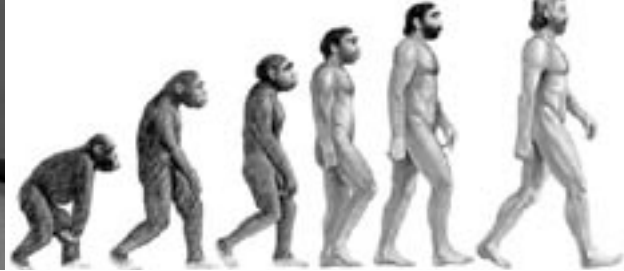
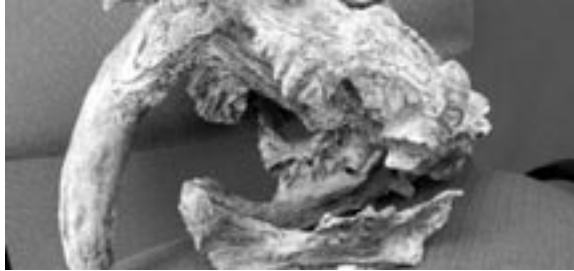
### LA ERA DE LOS DINOSAURIOS

En la Era Paleozoica, aparece la vida antigua, un tanto organizada, en este tiempo se crea un ambiente favorable para su diversificación. Así, aparecen los trilobites, fósiles índice en éste periodo. Hacen su aparición los primeros peces, corales, medusas en los océanos. A mediados de la era aparecen las primeras plantas en los continentes de hecho son los primeros organismos que invaden la tierra. Lo sorprendente para la humanidad es constatar que en épocas pasadas vivieron organismos sobre la tierra que servirían de base para motivar el estudio de la evolución y de las ciencias de la tierra. Los dinosaurios fueron tan importantes en la Era Mesozoica, o de la vida media, que ésta es llamada la Era de los Dinosaurios, los cuales habitaron por más de 160 millones de años el planeta, distribuyéndose ampliamente en todo el mundo. Lo mismo se han encontrado grandes huesos fósiles, cráneos, vertebras, huellas de pisadas, impresión de la piel. Seres extraordinarios en los que se sigue debatiendo si fueron de sangre caliente o fría como los reptiles. Por estudios recientes se sabe que fueron los organismos más exitosos que han habitado la tierra, sobresaliendo sobre otras especies de reptiles como el cocodrilo y la tortuga. El ambiente global fue benigno, nos imaginamos un clima y agua y alimento propio para permitir el desarrollo de organismos. Mucho hay que estudiar todavía sobre este tema pues en el mar también hubo un florecimiento de la vida con las amonitas (parientes de los actuales pulpos), los reptiles acuáticos, los peces, algas, y en la tierra una gran diversidad de plantas, helechos gigantes, lo que permitió una gran proliferación de la vida.

### ¿SE EXTINGUIERON O EVOLUCIONARON EN AVES?

Hace 65 millones de años algo pasó en nuestro planeta, fue tan impresionante que causó la extinción de todos los dinosaurios y más de 65% de las especies que habitaban sobre la tierra. De repente, hablando geológicamente





(cientos y miles de años), la mayoría de los organismos que habitaban la tierra perecieron, dando lugar a otras especies. Los dinosaurios, que habían habitado la tierra en forma exitosa, dejan su lugar a otros organismos. Actualmente se han formulado una serie de teorías para explicarnos, a través de la ciencia, la posible extinción de los dinosaurios. La más impactante y la de mayor número de adeptos es la teoría catastrofista, la que habla del impacto de un meteorito sobre nuestro planeta. Sin embargo, no es el meteorito el que causó la muerte directa, sino los efectos que ocasionó su impacto en el medio ambiente lo cual afectó a las organismos que lo habitaban. Según estudios el meteorito media cerca de 15 km. de diámetro produjo un cráter de 200 km de diámetro y cerca de 1 km de profundidad, la localización de esta estructura la realizó Petróleos Mexicanos al explorar la península de Yucatán en la búsqueda de petróleo. Por métodos geofísicos y perforación, detectaron una estructura en forma anular como la que dejan los impactos de un meteorito. Lo que sea que haya sido lo que es cierto es que el medio ambiente cambió: alimentación, energía, agua, oxígeno. Otras teorías dicen que en éste tiempo se registró en todo el mundo una actividad volcánica sin precedentes, alterando significativamente la atmósfera por las cenizas expelidas, impidiendo el paso de los rayos solares, otros lo atañen a la aparición de flores venenosas, otras más curiosas son que los mamíferos antiguos como los roedores se comieron los huevos de los dinosaurios.

Sin embargo, para el M.C. René Hernández Rivera, investigador del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México por cerca de 30 años, los dinosaurios no se extinguieron sino que algunas especies evolucionaron en aves. Nos comenta que cuando vemos en el cielo volar a una de ellas, o bien cuando nos sirven en nuestro plato un pavo, posiblemente se tratará de un dinosaurio. Apoya sus argumentos en la gran similitud que tienen los huesos de algunos dinosaurios con las aves actuales. Fascinante la información que nos aporta la ciencia.

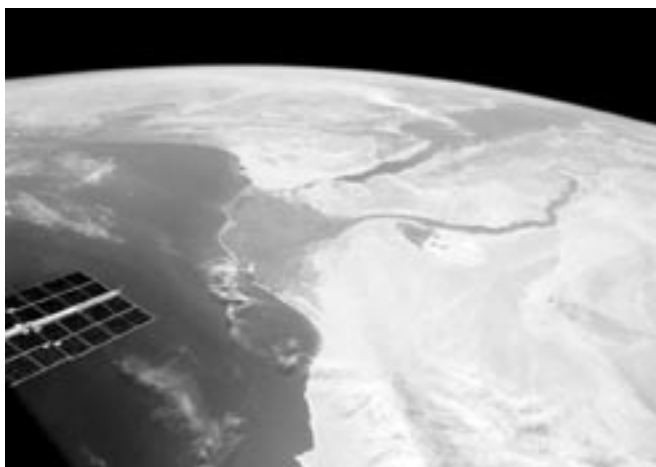
## REFLEXIONES: USO RACIONAL DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Después de casi 4,600 millones de años apareció como resultado de la evolución, el hombre sobre la tierra, un ser privilegiado por poseer un cerebro que le permite razonar y generar conocimiento nuevo. Este conocimiento en los tiempos actuales lo ha convertido en el ser que tiene un dominio absoluto sobre la vida, sobre el medio ambiente. Gracias al conocimiento científico y tecnológico acumulado le ha permitido construir grandes ciudades, ha creado sistemas de información inimaginables como internet y los

celulares, ha dominado la mayoría de las enfermedades de la humanidad, y el envío de naves no tripuladas al espacio para conocer otros mundos. Los avances no tienen precedentes. En la historia de la vida nunca se había gestado este tipo de desarrollo.

Sin embargo, debemos de reflexionar sobre el uso racional del conocimiento científico y tecnológico pues, según datos oficiales, el calentamiento global de nuestro planeta va en aumento debido a la acción del hombre, al llamado progreso, cada vez tenemos un mundo más contaminado, más desechos y uso irracional de nuestros recursos naturales, se tiene una crisis alimentaria lo que provoca una mayor desnutrición de la población mundial, mayor pobreza, bajos índices en educación y cultura de la sociedad, cada vez hay pocos países más ricos y muchos países más pobres. Estamos acabando con los bosques, la desertificación va en aumento, cerca de un millón de personas no tienen acceso al agua potable en el mundo, muchos organismos están en peligro de extinción. En pocas palabras, estamos acabando con la vida en nuestro planeta, cuando con el conocimiento y el avance de la ciencia debiera ser al contrario. El reto es que el conocimiento científico y tecnológico debe servir para tener un mundo mejor, en el que prevalezca la equidad, la armonía y el bienestar social de todos los habitantes del planeta.

Si los dinosaurios se extinguieron hace 65 millones de años en forma natural, pareciera que la humanidad ha iniciado su propia extinción, provocada por ella misma. Una reflexión sobre la evolución de la vida en nuestro planeta es tomar conciencia y medidas urgentes para tener un mundo mejor, que los gobernantes del mundo, los empresarios, las universidades, centros de investigación, comunidades, etcétera, cerremos filas para que el conocimiento científico y tecnológico tenga un impacto positivo en los seres vivos que habitamos el planeta tierra, nuestra casa.



## **SOCIALIZAR EL CONOCIMIENTO, LA UTOPIA INDISPENSABLE** ¿COMO TRANSFORMAR EL CONOCIMIENTO EN VALOR ECONÓMICO Y SOCIAL?

CARLOS VOGT

Uno de los grandes desafíos del mundo contemporáneo es, junto con el llamado “desarrollo sustentable”, la transformación del conocimiento en riqueza. ¿Cómo establecer patrones de producción y de consumo que tengan en cuenta las demandas de poblaciones en aumento en todos los rincones de la Tierra, preservando la calidad de vida y el equilibrio del medio ambiente en el planeta? Esta es, en resumen, la pregunta que nos plantea el así llamado “desafío ecológico”. ¿Cómo transformar conocimiento en valor económico y social, o, en una de las jergas comunes a nuestro tiempo, cómo agregar valor al conocimiento? Responder a esa pregunta es aceptar un segundo desafío, al que podríamos llamar “desafío tecnológico”.

Por considerar un tema de análisis y reflexión, Epistemus incluye parte de la colaboración del Foro de debate de la Revista Iberoamericana de Ciencia y Tecnología y Sociedad que presentó Carlos Vogt, Secretario de Ensino Superior do Estado de São Paulo e Coordenador do Labjor (Universidade Estadual de Campinas - Unicamp)



## CREAR CONOCIMIENTO EN RIQUEZA Y RIQUEZA EN CONOCIMIENTO

Para enfrentar estas tareas, propias de lo que también se ha convenido en llamar economía o sociedad del conocimiento, deberíamos estar preparados, entre otras cosas, para cumplir todo un ciclo de evoluciones y de transformaciones del conocimiento. Ello va desde la investigación básica, producida en las universidades y las instituciones afines, pasa por la investigación aplicada y resulta en innovación tecnológica capaz de agregar valor comercial, esto es, resulta en producto de mercado.

La otra cara de ese mismo desafío es, pues, transformar riqueza en conocimiento, creando, así, la dinámica de un círculo virtuoso en el cual el conocimiento genera riqueza y ésta, con la gestión adecuada, propicia, a través de la práctica de buenas políticas públicas de ciencia y tecnología, las condiciones de fomento para la generación, la difusión y la divulgación de nuevos conocimientos.

## EL PAPEL DE LAS EMPRESAS

Los actores principales de ese momento del proceso del conocimiento ya no son solamente las universidades, sino también las empresas. Entre tanto, para que la actuación de las empresas sea eficaz, es necesario que tengan en su interior, como parte de su política de desarrollo, centros de investigación propios o en consorcio con otras empresas y con laboratorios de universidades. Lo importante es que la política de investigación y desarrollo sea de la empresa y apunte a las finalidades comercialmente competitivas de ésta. Sin eso no existe el desafío del mercado, no hay avance tecnológico y no hay, por último, innovación en el producto.

## SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

Uno de los presupuestos esenciales de la llamada sociedad o economía del conocimiento es, pues, mucho más allá de la capacidad de producción y reproducción industriales, la capacidad de generar conocimiento tecnológico y, por medio de él, innovar constantemente para un mercado ávido de novedades y vigoroso ante las exigencias del consumo.



En la economía típicamente industrial, la lógica de producción era multiplicar el mismo producto, masificándolo para un número cada vez mayor de consumidores. Se acostumbra a decir que en la sociedad del conocimiento esa lógica de producción tiene un signo invertido: multiplicar cada vez más el producto, en un proceso de constante diferenciación, para el mismo segmento y el mismo número de consumidores. De ahí, entre otras cosas, la importancia para ese mercado de la investigación y la innovación tecnológicas.

## SOCIALIZAR LOS BENEFICIOS DEL CONOCIMIENTO

De ser verdad ese cambio de signo, la lógica de producción del mundo contemporáneo sería no sólo inversa, sino también perversa, ya que resultaría en un proceso sistemático de exclusión social, tanto por el lado de la participación en la riqueza producida, dada su concentración –inevitable para unos e insoportable para muchos-, como por el lado del acceso a los bienes, servicios y facilidades generados por ella, esto es, el acceso al consumo de los productos del conocimiento tecnológico e innovador.

De ese modo, a los desafíos enunciados al inicio, es preciso sumar otro, tan urgente de necesidad como los otros dos: el de que, en el afán del utilitarismo práctico de convertir todo en valor económico, tal como un rey Midas que en la leyenda todo lo transformaba en oro con un simple toque, no perdamos de vista los fundamentos éticos, estéticos y sociales sobre los cuales se asienta la propia posibilidad del conocimiento y de sus avances. Verdad, belleza y bondad, como mínimo, dan al hombre, como ya se escribió, la ilusión de que, por ellas, se escapa de la propia esclavitud humana.

Dividir la riqueza, fruto del conocimiento, y socializar el acceso a sus beneficios, frutos de la tecnología y de la innovación, es, entonces, el tercer gran desafío que debemos enfrentar y su formulación se podría dar, pues, dentro de una perspectiva cuya tónica fuese la de un pragmatismo ético y social. Quién sabe, pueda ello constituir la utopía indispensable al tejido del sueño de solidaridad de las sociedades contemporáneas.



# SONORA

## ESTADO MINERO DE MÉXICO

VÍCTOR M. CALLES MONTIJO

Sonora es el segundo estado en extensión territorial en el país en donde se ha forjado una gran tradición minera desde que se fundó con los primeros pobladores y cobró un gran impulso con la llegada de los españoles, quienes establecieron los reales de minas, centros de gran desarrollo y actividad. Dotado de un territorio privilegiado por su notoria abundancia y variedad de sustancias minerales, le ha permitido al estado de Sonora constituirse como el estado minero líder nacional.

M.A. VÍCTOR M. CALLES MONTIJO  
Departamento de Ingeniería Civil y Minas,  
Universidad de Sonora.  
Correo: vmcalles@dicym.uson.mx



### LA IMPORTANCIA DE LA MINERÍA

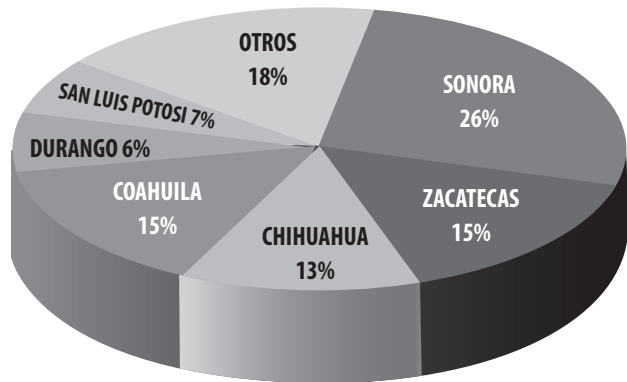
La minería ha sido y sigue siendo un motor esencial en el desarrollo económico del estado. Existen cerca de 3,900 concesiones mineras ubicadas a lo largo y ancho de la geografía, que amparan una superficie cercana al 23% del total del territorio estatal. En el año 2009, Sonora con el 29.88 % en el valor de la producción nacional de oro, ocupó el primer lugar, casi la tercera parte más que el estado de Chihuahua, que estuvo en el segundo lugar. En este mismo año, se invirtieron en el sector minero 304.3 millones de dólares y el valor de la producción fue superior a los 1,760 millones de dólares, conservando así, el primer lugar a nivel nacional.

México, en el 2008 ocupó los lugares 4º en Wollastonita, el 6º en Molibdeno, el 7º en Grafito, en la producción mundial, cuando Sonora ocupó el 1er. lugar en la producción Nacional de estos minerales, incluyendo el Oro, Cobre y Carbón Antracítico; además, es un importante productor de plata y hierro, perlitita, yeso y cal.

		2	Bismuto, Fluoruta, Plata								
			3	Celestita							
				4	Wollastonita						
					5	Diatomita, Plomo					
						6	Cadmio, Molibdeno				
							7	Arsénico, Zinc, Sal, Grafito			
								8	Manganeso		
									9	Yeso	
										10	Feldespatos

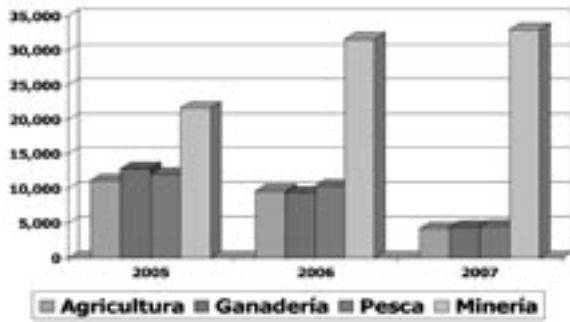
### IMPACTO DE LA MINERÍA EN LA ECONOMÍA ESTATAL

En el 2008, Sonora con el 26 % en el valor de la producción minera nacional, ocupó el primer lugar, casi el doble del estado de Zacatecas, que estuvo en el segundo lugar y actualmente, sigue ocupando el mismo primer lugar nacional en el valor de productos minero-metalúrgicos.

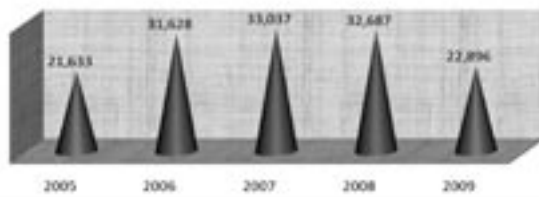


En el 2008, el sector minero contribuyó a la conservación y generación de más de 13, 500 empleos directos, sin embargo, es una industria que genera mucha riqueza que impacta positivamente en el desarrollo regional, de tal manera que se generan 5 o 6 empleos indirectos por cada uno de los anteriores. En el 2007, el valor de la producción minera fue de 31,361 millones de pesos, superando al valor de la producción de la agricultura, ganadería y pesca juntas. En el 2009, el valor de la producción fue de 22,896 millones de pesos, conservando esta misma tendencia con respecto a los otros sectores económicos, sin considerar el valor de la producción de Cananea, por estar en huelga. Asimismo, las inversiones en el sector minero alcanzaron la cifra de 304 millones de dólares

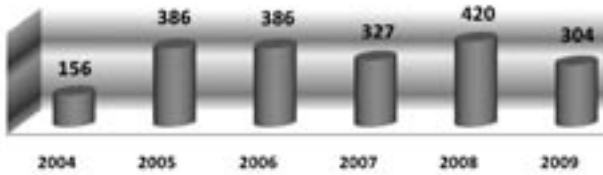
**Valor de las actividades primarias en Sonora**  
(Millones de pesos)



**Valor de la producción minera en Sonora**  
■ miles de pesos



**Inversiones en el sector minero sonorense**  
■ millones de dólares



## ASPECTOS JURÍDICOS Y EDUCATIVOS

Sonora es el único estado que ha legislado en materia minera, logrando que la Cámara de Diputados haya aprobado una ley de promoción y regulación de la minería. Se da facultades para que jueces estatales, tengan jurisdicción para la solución de problemas en materia minera.

Además, es el estado donde se concentran más de 650 geocientíficos y es el único que cuenta con licenciaturas, maestrías y doctorados en minería, geología y metalurgia, todas con excelencia académica. Los egresados de estos programas académicos, impartidos en la Universidad de Sonora, Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES) y Estación Regional Noroeste ERNO-UNAM, se colocan en compañías mineras de exploración y extracción, empresas de servicios e instituciones de investigación, académicas o paraestatales.





## PERSPECTIVAS PARA EL 2010

Durante 2009, la industria minera mantuvo un dinamismo que le permitió conservar la mayoría de las plazas laborales y las inversiones comprometidas. Esto fue posible por el hecho de que las tendencias de las cotizaciones de los principales metales ha sido creciente prácticamente a lo largo de los 12 meses; esto después de que en 2008 llegara a su fin un auge de varios años. Los precios de los metales han tenido variaciones significativas. El oro registró récords alcistas al llegar a su máximo histórico de 1,214.80 dólares por onza, mientras que otros metales como el cobre, plata, zinc y plomo empiezan a recuperar su valor después de haber descendido en 60 por ciento.

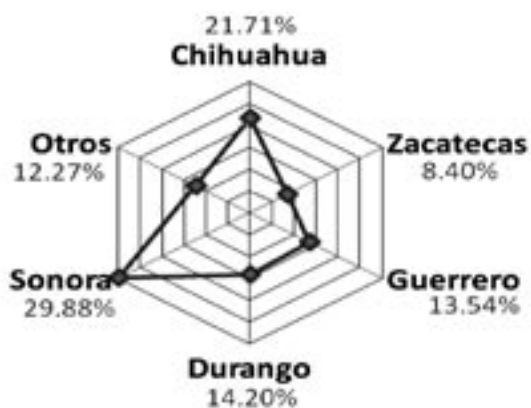
Cabe destacar que esto ha sido posible por el hecho de que los patrones de consumo han cambiado de forma importante. El acelerado crecimiento de algunos países emergentes los convirtió en consumidores intensivos de algunos metales. Asimismo, otro hecho fundamental es que el epicentro de la crisis se ubicó en Estados Unidos y otros países desarrollados, afectando de menor manera a estos países emergentes, principalmente asiáticos.

Para este año, el Fondo Monetario Internacional estima que la economía mundial caerá 1.1%, mientras que las economías emergentes crecerán 1.7%. Pero las economías emergentes de Asia lo harán en alrededor de 6.2%, con China y la India a la cabeza, la primera con un crecimiento de 8.5% y la segunda con 5.4%.

Es precisamente el dinamismo de estas dos economías lo que ha jugado un rol fundamental en el fortalecimiento de la demanda industrial de metales y minerales. Y este dinamismo no tiene en lo inmediato señales de agotamiento, por lo que se espera que al mantenerse en 2010 se conjunte con una mayor recuperación de las economías desarrolladas, lo cual pudiera impulsar otra fase de auge en las cotizaciones para los próximos años, dependiendo de la superación real de la recesión global.

En Sonora, la industria minera ha mantenido su dinamismo con las operaciones de las minas La Caridad en Nacozari (cobre), Milpillás y María en Cananea (cobre), Pilares en Hermosillo (wollastonita), La Herradura en Caborca (oro),

◆ Participación de las principales entidades en la producción nacional de oro 2009





Cerro Colorado y El Boludo en Trincheras (oro), Mulatos (oro), Álamo Dorado en Álamos (plata) y El Chanate en Altar (oro). En el segundo semestre de 2009, mostró una cierta recuperación, al reiniciar operaciones las minas de San Francisco en Estación Llano (oro), Piedras Verdes en Álamos (cobre) y el Volcán en Cedros (hierro).

**Volúmen de la producción minera de Sonora (Ton.)**

PRODUCTO MINERAL	2007	2008	2009
oro	11.868	14.235	16.59
plata	208.808	297.996	243.288
cobre	287,624	178,983	162,757
molibdeno	14,564	13,308	17,536
Fierro	156,387	176,000	72,000
Grafito	18,300	11,020	5,661
Carbón antracítico	133,000	153,750	211,300
wollastonita	51,000	41,602	34,257
otros	844,796	1,057,132	661,800

Para 2010, se estima que inicien operaciones las minas de Santa Elena en Banámichi (oro y plata), Lluvia de Oro-La Jojoba en Magdalena (oro), Luz del Cobre en San Antonio de la Huerta (cobre, oro) y el tajo Dipolo-Soledad en Caborca (oro). Otros proyectos que están en una etapa de desarrollo avanzado, son: El Pilar en Santa Cruz (cobre), El Crestón en Opodepe (molibdeno y cobre), Las Mercedes en Cucurpe (oro y plata), Los Verdes en Santa Rosa (cobre y molibdeno), Nochebuena en Caborca (oro) y se inicie la extracción coordinada de carbón antracítico en el área de San Marcial-La Colorada-San Javier.

En Octubre de este año, el distrito Sonora de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C. realizará el IX Seminario Minero Internacional SONORA 2010, evento que se caracteriza como el principal, en su género, en el estado y el segundo en importancia en el país. Se espera contar con la asistencia de 2300 participantes y 290 stands en su exposición de equipo y maquinaria. Se realizarán más de 80 conferencias técnicas y visitas a minas en el estado, Chihuahua y Arizona, un desfile minero por céntricas calles de Hermosillo, eventos culturales y deportivos y el segundo concurso estatal de dibujo infantil relacionado con temas mineros.



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

## BREVIARIOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

En nuestro medio ambiente estamos rodeados de moléculas de aire, sin las cuales no podríamos vivir. Ese aire que nos rodea ejerce una presión sobre todas las cosas a nuestro alrededor y sobre nosotros mismos, la que llamamos presión atmosférica que a medida que nos alejamos de la superficie terrestre va disminuyendo como resultado de la disminución de la densidad del aire debido a que en los primeros 5.6 km de altura se concentra el 50% del total de la atmósfera, a los 11 km se tiene el 75%, a los 17.7 km el 90% y a los 30 km se encuentra casi el total de la atmósfera (99%).

Otros números nos indican que a nivel del mar el aire tiene una densidad de  $1.23 \text{ kg/m}^3$ , la presión es de  $101.3 \text{ kPa}$  ( $1 \text{ kilopascal kPa} = 1000 \text{ N/m}^2$ ); a los 12 km de altura (donde termina la troposfera y comienza la estratosfera) la densidad se reduce a  $0.36 \text{ kg/m}^3$  y la presión baja a  $22.5 \text{ kPa}$ ; a los 50 km (termina la estratosfera y empieza la mesosfera) la densidad es de  $0.0014 \text{ kg/m}^3$  y la presión  $0.1 \text{ kPa}$ . Si los aviones comerciales vuelan a alrededor de los 10 km de altura tienen que presurizarse para confort de los pasajeros; por esta diferencia de presiones si se hace un boquete en el fuselaje salen disparadas las cosas y aun los pasajeros que no estén anclados suficientemente.

En cuanto a la química del aire se ha

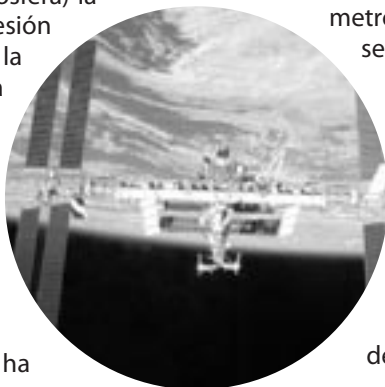
determinado que está compuesto de moléculas de nitrógeno  $\text{N}_2$  (dos átomos por molécula) en un 78 %, de moléculas de oxígeno  $\text{O}_2$  (dos átomos por molécula) en un 21 % y por algunos otros gases en un 1 %.

### La presión atmosférica.

La capa de aire que rodea a la tierra funciona igual como lo hace una masa de agua (una alberca, un lago, el océano), en tanto fluidos ambos ejercen presión sobre los cuerpos inmersos en ellos.

En el siglo XVII el discípulo de Galileo, Evangelista Torricelli estableció una manera de medir la presión atmosférica por medio del así llamado barómetro de mercurio que consiste de un tubo de vidrio de un metro de largo que se llena de mercurio e invertido se introduce en un recipiente abierto que contenga también mercurio, observándose que la columna de mercurio se mantiene a una altura de 760 mm de altura (no se vacía el tubo).

La explicación que Torricelli dio a esta situación es que había algo que impedía que el mercurio del tubo se vacíe completamente, este algo era la presión atmosférica al actuar sobre la superficie libre del mercurio contenido en el recipiente y que



se transmite por el mercurio y desde luego hacia arriba en la boca del tubo invertido, de acuerdo al principio de Pascal; esto lo observamos cuando tomamos un líquido con un popote: al aspirar disminuimos la presión dentro del popote y la presión atmosférica hace que el líquido suba.

Fue así que a la presión atmosférica se le asigna el valor de 760 mmHg o 760 torricelli (Torr) conocida también como una atmósfera (1 atm), a nivel del mar.

El sistema internacional de unidades (SI) establece el pascal (Pa) como la unidad de presión que se define como la fuerza, en newton (N), ejercida sobre la unidad de área en m<sup>2</sup>. Así que la equivalencia de 1 atm es 101 325 Pa = 101.325 kPa.

## Vacío

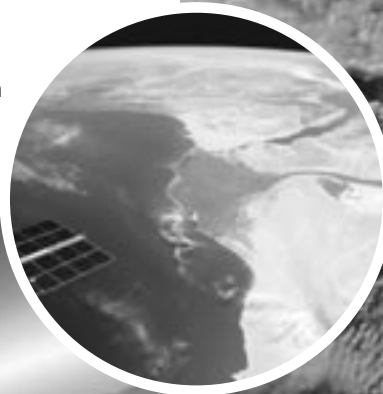
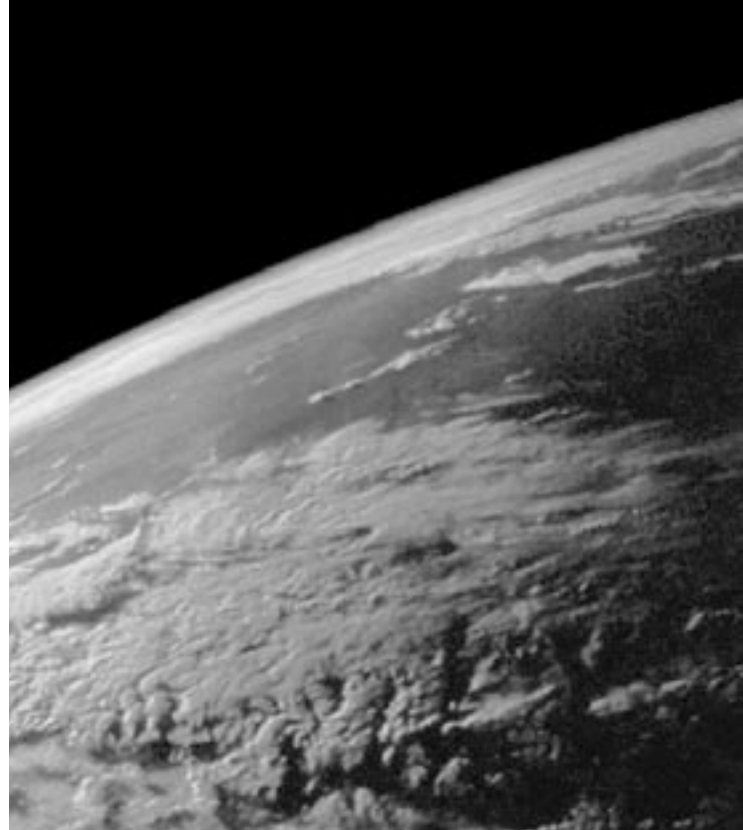
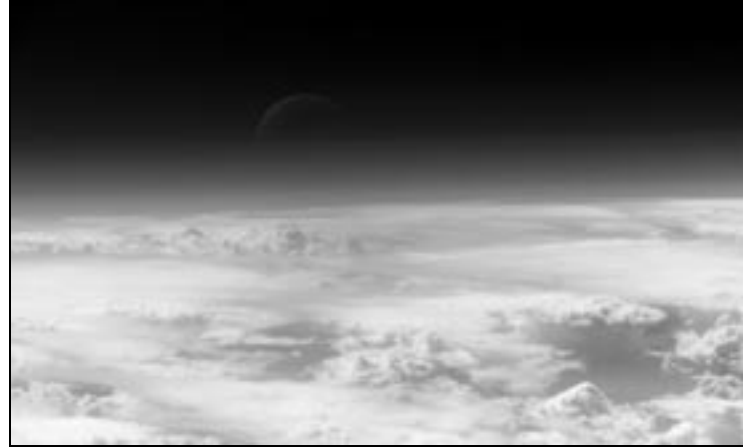
Si profundizar en lo que en física se entiende por vacío como el estado de mínima energía, es decir, sin partícula alguna (vacío verdadero que se convierte en falso vacío cuando en el mismo se producen una partícula y su antipartícula), vamos a considerar, para fines prácticos, que el vacío empieza cuando la presión es de una fracción de 1 atmósfera.

Como sabemos, naturalmente la presión y la densidad (masa por unidad de volumen) del aire disminuyen a medida que nos alejamos de la superficie de la tierra, hasta llegar al vacío en el espacio exterior.

Para ciertas aplicaciones, hay mecanismos que nos permiten, en la tierra, eliminar el aire de un recipiente cerrado, logrando obtener un vacío (vacío de moléculas de aire), para lo cual se utilizan bombas de vacío que funcionan aprovechando la tendencia de los gases de llenar el recipiente que los contiene: si se tiene un espacio con una presión menor el gas fluirá de la región de alta presión a la de baja presión.

## Algunas aplicaciones:

- En empaquetado de alimentos
- En las paredes de termos.
- En cámaras de vacío para investigación científica.



### FORO UNIVERSITARIO DEL AGUA 2010



Preocupados por el cuidado y uso racional del recurso más importante del planeta, y en el marco del Día Mundial del Agua, las divisiones Ingeniería, Ciencias Biológicas y de la Salud, Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Económicas y Administrativas y Ciencias Sociales de la Universidad de Sonora organizaron el 22 de marzo el Foro Universitario del Agua 2010 en el Centro de las Artes en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

#### El aporte del Foro

Al iniciar esta actividad, el rector de la alma máter, Heriberto Grijalva Monteverde, reconoció que en los últimos 20 años, investigadores de la institución han generado una gran cantidad de conocimientos que pueden ayudar a tener una solución integral a esta delicada situación. Para atender el problema del desabasto de agua se requiere una solución integral, apuntó, que además de datos técnicos también contemple aspectos relacionados con la cultura

del ahorro del vital líquido, tratamiento de aguas residuales y hacer más eficientes los sistemas de riego agrícola, sólo por mencionar algunos.

#### Cumplió las expectativas

Para Rafael Pacheco Rodríguez, uno de los organizadores del encuentro, las expectativas que se tenían con este primer Foro Universitario del Agua se cumplieron, "Lo más relevante es que miembros de las diferentes divisiones de la Universidad nos integramos en un esfuerzo común. Los ejes temáticos fueron coordinados por expertos, gente que sabe trabajar en equipo", dijo.

#### Temática

Panel: Escasez, sequía y mercado del agua.

Mesas de trabajo: Aspectos técnicos del agua en Sonora, Aspectos económico-financieros, Medio ambiente, contaminación y salud, Educación y cultura sustentable,



El agua, el desarrollo regional y planeación, Conferencia: Presentación del Plan "Sonora SI"

Este foro –señaló– ayudó a encontrar más oportunidades para fortalecer la investigación sobre el tema y buscar soluciones a cuestiones concretas. "Se aportaron elementos para generar estrategias más integrales. Se resalta la importancia de trabajar simultáneamente con las instituciones de educación superior y centros de investigación del estado para diseñar eventos y proyectos conjuntos así como capacitar gente, porque de esta manera se aprovechará el capital humano y se establecerá un vínculo con las instituciones gubernamentales y con el desarrollo

de la entidad. "La Universidad es reconocida a nivel nacional e internacional por las redes que ha construido, y hay que destacar que detrás de cada ponente hay una red académica mundial; este foro es una magnífica oportunidad para resaltar las capacidades que se tienen y aportar elementos para concretar un proyecto de beneficio social"; comentó el coordinador del programa de Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica de la División de Ingeniería.

Para los interesados en conocer las memorias las pueden escuchar en el Blog. <http://divulgacionciencia.blogspot.com>.

Fuente: Gaceta universitaria

## ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDAS RURALES DE BÁCUM, SONORA

En el mes de septiembre de 2009, personal de TxTec y estudiantes de servicio social de la Universidad de Sonora y el Instituto Tecnológico de Hermosillo, realizaron los trabajos de instalación de equipos solares en más de 100 viviendas. Guiados y apoyados por los habitantes locales, quienes a su vez fueron entrenados para el cuidado y mantenimiento de sus equipos, hicieron posible la instalación en 3 semanas de trabajo. El proyecto fue coordinado por el M.C. Rodolfo Peón A. y Dr. Luis Efraín Regalado, de la Universidad de Sonora,

Con una inversión total de casi un millón trescientos mil pesos aportados por SEDESOL, cada vivienda fue provista de un panel fotovoltaico de 40W, una batería recargable de ciclo profundo, un controlador de carga y lámparas de diodos emisores de luz; actualmente la más alta tecnología en iluminación. Dichos equipos permiten la operación de 5 lámparas por 5 horas, un televisor por 2 horas y media, y un

radio receptor por 8 horas; además de contar con capacidad de alimentar alguna carga de 300W por 5 minutos.

El uso de diodos emisores de luz, que son virtualmente indestructibles y tienen una vida superior a las 50,000 horas, (aproximadamente 25 años), facilita que este proyecto sea una solución de largo plazo; siendo las baterías el único elemento a ser reemplazado cada tres años, lo que representa un costo de un peso diario, de lo cual tiene conocimiento cada usuario.

En visitas posteriores, se ha observado que absolutamente todas las familias beneficiadas con energía solar han eliminado por completo el uso de iluminación combustible y no desean volver a ella. Esta solución de alta tecnología, pero a la vez simple generará ahorro familiar y un ambiente más saludable para los usuarios.

Esta primera instalación solar a gran escala de la

Universidad de Sonora (de 4KW) eliminará la emisión de aproximadamente 50 toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera cada año; el equivalente a plantar 8471 árboles, o proteger 2292 existentes de 10 años o más. Para mayores informes: +52 (662) 2592277, [www.txtec.uson.mx](http://www.txtec.uson.mx).



Vivienda electrificada – Rancho Las Chivas (Bácum)



Demostración de lámparas de diodos emisores de luz en primera visita a comunidades



## EL XLII CONCURSO REGIONAL DE FÍSICA Y MATEMÁTICAS “JOSÉ LUIS MARÍN FLORES”

El pasado 7 de mayo de 2010, fueron clausurados los trabajos del XLII Concurso Regional de Física y Matemáticas que este año tuvo el honor de estar dedicado al Dr. José Luis Marín Flores. A diario nos inundan dispositivos, instrumentos, accesorios y materiales nuevos e innovadores; resultados de la alta tecnología están presentes en nuestra vida cotidiana. La mayoría de ellos tienen sus raíces en descubrimientos en los que la física y las matemáticas juegan un papel fundamental. Es así como uno de los objetivos del concurso es difundir la física y la matemática como ciencias vivas pues para su práctica se requieren, además de una buena información, de la creatividad y la participación activa por parte de los Estudiantes.

Participaron en esta edición 250 estudiantes de nivel bachilleratos de Baja California y Sonora (un participante de Chihuahua); de ellos, 193 fueron en el Regional de Matemáticas, mientras que 93, lo hicieron en el Regional de Física. En el preselectivo para la Olimpiada Nacional de Física participaron 40 estudiantes.

Por cuatro días se realizaron diversas actividades entre las que destacan: una Conferencia Magistral intitulada “José Luis Marín, Un Hombre de Ciencia” a cargo del Dr. Rodrigo Arturo Rosas Burgos; 2 pláticas de divulgación; y, visitas a 9 laboratorios de investigación. También se montaron exposiciones de física, matemáticas, juegos didácticos e ilusiones ópticas y actividades artísticas.

En el terreno de los exámenes del concurso se aplicaron más de 280 exámenes en la primera etapa; de la que resultaron seleccionados: 27 de matemáticas, 38 de física y 18 del preselectivo

para la Olimpiada Nacional de Física. De ellos, pasaron a la Final 11 a los que se otorgaron los premios correspondientes. Quince estudiantes forman ya la preselección de Sonora a la Olimpiada Nacional de Física los cuales recibirán entrenamiento a partir del mes de junio; de entre ellos se seleccionarán a los cuatro integrantes de la Delegación Sonora a la XXI Olimpiada Nacional de Física a celebrarse en noviembre próximo.

### Los Estudiantes ganadores de los tres primeros lugares son:

1. Concurso Regional de Matemáticas: Luis Alberto Trujillo Ortega del COBACH Villa de Seris; José Ricardo Carranza Rodríguez del Plantel Primer Ayuntamiento Playas de Rosarito, Baja California; y, Ana Sofía Ulloa Enríquez del Colegio Americano de San Carlos;
2. Concurso Regional de Física: Enrique Vizcarra Carrasco del COBACH San Luis Río Colorado; Jorge Alberto Valenzuela Caycedo; y, Karla Josefina Peña Rodríguez del ITESM.

La lista completa de ganadores y de la Preselección Sonora a la Olimpiada Nacional de Física se pueden ver en la página del XLII Concurso Regional de Física y Matemáticas: <http://paginas.fisica.uson.mx/concurso.regional/2010>.

Mención especial merecen las Delegaciones de Baja California y del Sistema Muñoz de Caborca, quienes participaron ampliamente en todas las actividades del Concurso. Felicidades a todos ellos y a los maestros asesores que los apoyaron para obtener estos logros.

# CIENTIGRAMA

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

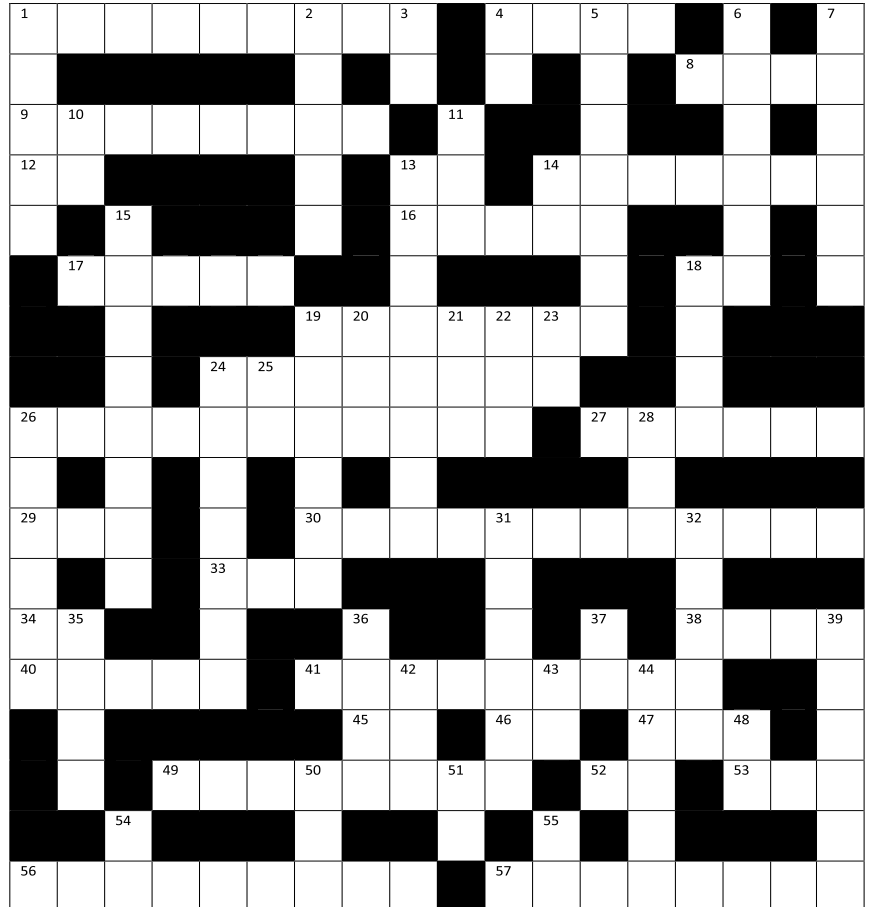
EMILIANO SALINAS COVARRUBIAS  
Departamento de Física  
esalinas@fisica.uson.mx

## HORIZONTALES

- 1) Físico que descubrió en 1896 la radiactividad en compuestos de uranio.
- 4) Punto donde convergen los rayos de luz reflejados en un espejo cóncavo.
- 8) Se usa para navegar con ayuda del viento.
- 9) La rama de la física y de la ingeniería que trata de las ondas sonoras.
- 12) Símbolo químico del germanio.
- 13) Símbolo químico del aluminio.
- 14) Descubrió en 1923 que la longitud de onda de rayos X dispersados por un blanco es mayor que aquella de los rayos incidentes.
- 16) Energía térmica que fluye de un cuerpo de una cierta temperatura a otro de menor temperatura.
- 17) Descubrió en 1888 las ondas electromagnéticas.
- 18) Símbolo químico del argón.
- 19) Coordenada X de un punto en un sistema cartesiano de coordenadas.
- 24) Arteria ubicada a lo largo del cuello que irriga al cerebro y a la cara.
- 26) Material aislante eléctrico usado en capacitores.
- 27) Estableció en 1885 una ecuación empírica que da las longitudes de onda de las líneas espectrales del hidrógeno.
- 29) Masa de agua fluyendo.
- 30) Se tiene cuando una variable como la energía toma solamente ciertos valores.
- 33) Iniciales en inglés de Organización Internacional para la Estandarización.
- 34) Símbolo químico del iridio.
- 38) Estableció que la dirección de una corriente inducida debe ser tal que su propio campo magnético se oponga a los cambios en el flujo que lo está produciendo.
- 40) Estrellas que explotan aumentando repentinamente su brillantez.
- 41) Estableció con cálculos matemáticos la teoría heliocéntrica del sistema solar.
- 45) Símbolo químico del lantano.
- 46) Símbolo químico del radio.
- 47) Elemento químico cuyo símbolo es Au.
- 49) Un efecto especular en formas geométricas.
- 52) Símbolo químico del platino.
- 53) Símbolo de adición (invertido).
- 56) Estableció una constante fundamental en el estudio de la termodinámica.
- 57) Estableció la relación entre la masa y la energía.

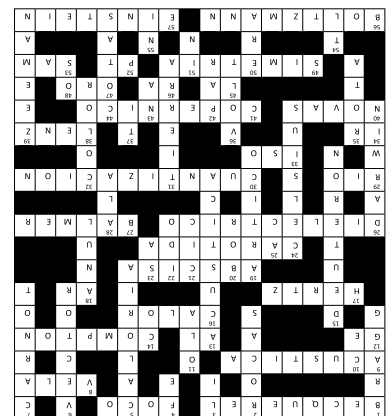
## VERTICALES

- 1) Estableció una ley que permite predecir los ángulos de difracción de los rayos X por un material cristalino.
- 2) Material compuesto por uno o varios minerales (plural).
- 3) Símbolo químico del litio.
- 4) Símbolo químico del hierro.
- 5) Cantidad de energía que eleva la temperatura de un gramo de agua un grado Celcius.
- 6) Magnitud física que se define con un módulo y una dirección.
- 7) Pionero del estudio de la termodinámica. Su primer apellido, Sadi.
- 10) Símbolo químico del cerio.
- 11) Onda que se desplaza sobre una superficie de agua.
- 13) Parte de la física que estudia las ondas sonoras.
- 14) Símbolo químico del cobalto.
- 15) Partícula que consiste de un protón y un neutrón, ión del deuterio.
- 18) Satélite natural de la tierra (invertido).
- 19) Nombre de la masa de hielo del polo norte.
- 20) Personaje de la mitología nórdica.



- 21) Coordinación de Investigación Científica (iniciales).
- 22) Versión reformada del idioma esperanto.
- 23) Sidney Altman (iniciales), premio nobel de química (1989)
- 24) Creó una escala de temperatura dividida en 100 partes.
- 25) Símbolo químico del actinio.
- 26) Planteó el concepto de selección natural en la teoría evolucionista de las especies.
- 28) Elemento de sustentación de los aviones.
- 31) Tercer planeta desde nuestro sol.
- 32) Consecuencia del arreglo de los electrones dentro de una molécula.
- 35) Gira alrededor de su propio eje.
- 36) Unidad derivada del Sistema Internacional para el potencial eléctrico.
- 37) Símbolo químico del titanio.
- 39) Recibió en 1902 el premio nobel por su descubrimiento de la influencia de un campo magnético en la radiación electromagnética.
- 42) Número divisible exactamente entre dos.
- 43) Símbolo químico del sodio.
- 44) Alturas sobre el nivel del mar de puntos sobre la superficie de la tierra.
- 48) Símbolo químico del osmio.
- 50) Unidad cronogeológica en que se dividen los tiempos geológicos.
- 51) Símbolo químico del indio.
- 54) Símbolo químico del talio.
- 55) Símbolo químico del níquel.

## SOLUCIÓN CIENTIGRAMA



Programa de Radio de la División de Ingeniería

# INGENIO

*La Manera Inteligente de Transformar*



**Objetivo:** Contar con un programa radiológico que permita establecer un puente de comunicación entre los programas de la División de Ingeniería y los diversos sectores de la sociedad, educativo y productivo, con la finalidad de promover una cultura Científica y tecnológica de la población.

- Ingeniería Ambiental
- Ingeniería Química
- Ingeniería Civil

#### EJES TEMÁTICOS QUE ABORDAN:

Innovación Tecnológica  
Medio Ambiente y Sociedad  
Tecnología Apropriada  
Desarrollo Urbano  
Desarrollo Comunitario  
Biotecnología  
Energía  
Desarrollo Sustentable  
Recursos Minerales  
Metalurgia  
Recursos Hídricos  
Contaminación  
Sistemas de Producción  
Desarrollo de Proyectos  
Asesorías y servicios  
Transporte  
Educación Continua  
Servicio Social, entre otros.

#### DIRIGIDO A:

*Al exterior de la Universidad:*

- Al sector productivo
- A la sociedad en general
- Al sector educativo de nivel Medio superior y superior
- A la comunidad académica
- A la comunidad estudiantil

#### FORMATO DEL PROGRAMA:

- Noticia de la semana en el mundo
- La noticia de la semana en el país
- Entrevista con un invitado especial
- Eventos académicos en puerta
- Convocatorias
- Reportajes
- Revista
- Proyectos en desarrollo
- Oferta de servicios
- Educación continua, programa de capacitación

#### PRESENTACIÓN

Uno de los compromisos de las universidades es hacer llegar el conocimiento que se crea y genera a amplias capas de la sociedad, con la finalidad de incidir en la educación y la cultura. Los medios de comunicación de la Universidad de Sonora representan un excelente instrumento para lograr este objetivo. Es así como surge el proyecto radiológico de la División de Ingeniería, INGENIO: La manera Inteligente de transformar. Por su carácter masivo, la radio es ideal para hacer llegar los avances en la ciencia, la tecnología y analizar el impacto en el desarrollo de la sociedad.

#### QUIENES PARTICIPAN:

La División de Ingeniería cuenta con una estructura académica con varias disciplinas del conocimiento las cuales están integradas en licenciaturas y posgrados.

#### Licenciaturas:

- Ingeniería Civil
- Ingeniero Minero
- Ingeniería Química y Metalurgia
- Ingeniería de Sistemas de Información
- Ingeniería Industrial y de Sistemas
- Ingeniería Macatrónica

#### Posgrados:

- En Ciencias de Materiales
- Desarrollo Sustentable



## 107.7 FM RADIO UNIVERSIDAD

Miércoles de 09:30 horas

por internet en: [www.radio.uson.mx](http://www.radio.uson.mx)

**Para mayores informes y comentarios escribir a:**

[pacheco@correom.uson.mx](mailto:pacheco@correom.uson.mx) Al teléfono (662) 259 21 57 en la División de Ingeniería

**Ing. Rafael Pacheco Rodríguez**

Coordinador General





# UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

## BUFETE DE INGENIERÍA CIVIL

SERVICIOS A LA COMUNIDAD



### OBJETIVO

Proporcionar servicios profesionales de ingeniería civil a la sociedad, ya sean particulares, organismos gubernamentales, comunidades, empresarios. Al interior de la Universidad de Sonora vincularse con los grupos académicos en actividades y proyectos de investigación científica e innovación tecnológica.



### INFRAESTRUCTURA

#### EDIFICIO

El Bufete de Ingeniería Civil se ubica en la Planta Baja del Edificio 12 A. En su interior los espacios se distribuyen en una sala de recepción, una oficina de coordinación y una sala de cómputo.



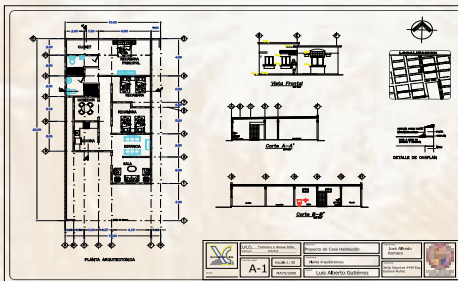
### SERVICIOS QUE OFRECE

#### LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Para iniciar cualquier proyecto de construcción de obra civil, se requiere conocer las características del terreno. Se realiza primeramente un levantamiento topográfico de la propiedad, definiendo sus vértices, sus dimensiones, así como sus ángulos interiores y exteriores; se obtiene la poligonal, curvas de nivel, entre otros.

#### PROYECTO DE AMPLIACIONES Y CÁLCULO DE VIVIENDAS

Se hace un levantamiento de la construcción actual y del terreno. Se dibuja lo actual y se hacen las propuestas necesarias para las ampliaciones. Se calculan los elementos constructivos y estructurales de viviendas.



#### EQUIPO

- Equipo de topografía estación total, GPS dinámico y 2 GPS navegadores
- Siete Computadoras
- Dos plotter de 36"
- Un plotter de 18"
- Una impresora doble carta
- Dos impresoras laser
- Scanner con alimentador
- Cámara fotográfica, distanciómetro y equipo de medición
- Licencias de Autocad Civil 3D, CivilCad, Opus AEC10, CypeCad e Iris 4.1



### ALGUNOS TRABAJOS REALIZADOS

- Proyecto de pie de casa para la comunidad Triqui.
- Polígono y curvas de nivel en Bacanora.
- Estudio topográfico, hidrológico y dictamen de viviendas en la Colonia Misión del Sol, en Guaymas.
- Levantamiento de terreno para proyecto de vivienda en La Manga.
- Explosión de insumos, Programa de obra y Calendario de Obra, así como especificaciones constructivas para remodelación del Museo de Sonora.
- Levantamiento topográfico de toda la ciudad de Empalme.
- Levantamiento de los Pueblos del municipio de La Colorada.
- Levantamiento de 3 ejidos en Santa Ana:
- Ejido Estación El Llano, Ejido El Claro Santa Ana Nuevo
- Cálculo Estructural del Faro en San Carlos, Guaymas.
- Curvas de nivel para Mexicana de Carbones.
- Levantamiento topográfico y desarrollo de Plano urbanístico en La Manga.
- Levantamiento topográfico Harmon Hall.



#### SERVICIO DE IMPRESIÓN Y ESCANEADO.

Este servicio se le proporciona a los alumnos y cualquier persona que lo solicite.

#### ASESORÍAS

En el uso de Software: AutoCAD, Civil CAD, Opus, CypeCAD

#### CÁLCULO DEL VALOR APROXIMADO DE INMUEBLES

Se ofrece a petición de personas que requieran saber el valor aproximado de su vivienda. Estos trabajos se combinan entre el levantamiento del inmueble para conocer las características de la construcción y las superficies del terreno y lo construido

#### DIBUJO DE PLANOS

#### DICTÁMENES

Relacionados con siniestros, errores en la construcción y construcciones con fallas.



### REQUISITOS PARA FORMAR PARTE DEL BUFETE

Haber cubierto como mínimo el 70% de los créditos académicos del plan de estudios correspondiente.

Haber cursado mínimo las materias de:  
Comunicación Gráfica.  
Topografía I y II  
Construcción I



### INFORMES

Edificio 12A Planta Baja Campus Universitario Teléfono: (662) 259 21 83 y (662) 259 21 84 Ext. 32  
Responsable: M.C. Gema Karina Ibarra Torúa Correo: gkibarra@dicym.uson.mx

# IX Seminario Minero Internacional Sonora 2010

*La minería en el desarrollo de la sociedad*

EDICIÓN: DR. GUILLERMO A. SALAS PIZÁ



- EXPO-MINERA
- EXCURSIONES A PROYECTOS MINEROS
- CONFERENCIAS TÉCNICAS
- PLAN DE NEGOCIOS
- EVENTOS DEPORTIVOS



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



HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO, CENTRO DE CONVENCIONES EXPO-FORUM DEL 26 AL 30 DE OCTUBRE DE 2010