

EPISTEMUS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD

ISSN: 2007- 4530



UNIVERSIDAD DE SONORA, DICIEMBRE DE 2012, NÚMERO 13

"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Energía en Sonora Hacia la Sustentabilidad Energética

INVESTIGACIÓN

Intrusión salina en el acuífero del Valle de Guaymas
Nanotubos de Carbono y Nitruro de Boro
Estudio petrológico de los paleo-volcanes
Comportamiento térmico en viviendas
Actividad antibacteriana de propóleos

DESDE LA ACADEMIA

¿Cómo se fabrican los nano-materiales?
Lenguaje natural de cualquier dominio
Centenario de la Difracción de Rayos X

POLÍTICAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Balace estatal de energía en Sonora
Producción de biocombustibles en Sonora
Energía en centrales hidroeléctricas en Sonora
Energía solar en Sonora

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

El cambio climático global
La fuerza del metabolismo
Redes sociales
La partícula de Dios

<http://www.epistemus.uson.mx>

Indexada en:

Systema Regional de Información
de Ciencia para Revistas Científicas
de América Latina, el Caribe, España y Portugal

latindex

ÍNDICE DE REVISTAS LATINOAMERICANAS EN CIENCIAS PERIÓDICA



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DICTUS, LEGADO DE GRANDEZA CINCUENTA AÑOS LO ILUMINAN (1963-2013) FUNDACIÓN

El Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS) fue constituido en Sesión Ordinaria del entonces Consejo Universitario el 16 de Enero de 1963, en la Ciudad de Hermosillo, Sonora. Se fundó con el propósito de impulsar la transformación de los recursos naturales y de implementar nuevas tecnologías dentro del sector productivo del estado de Sonora. Sus inicios en materia de Ciencia y Tecnología fueron mediante la aprobación de una propuesta para el Instituto Nacional de Investigación Científica (INIC) antecesor del CONACyT. Fué entonces el primer centro de investigación de la región noroeste del país. En noviembre de 1991, con la promulgación de la ley 4, es cuando adquiere su actual nombre: Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICTUS).

PRIMEROS PROYECTOS

1. El primer proyecto propuesto fue el de aislamiento de microorganismos de suelos en la Costa de Hermosillo, tendiente a hidrolizar la paja de trigo. Ese mismo año, 1963, participa junto con el Laboratorio de Ciencias de la Atmosfera de la Universidad de Arizona, en un proyecto para la desalación de agua de mar mediante energía solar para cultivo de hortalizas, investigación que se llevó a cabo en Puerto Peñasco, Sonora.
2. La puesta en marcha del primer proyecto sobre el uso de los recursos marinos fue entre 1973 y 1974 cuando se fundó la Unidad Experimental Peñasco (UEP) para iniciar la investigación tecnológica sobre el cultivo del camarón azul *Penaeus stylirostris* en ambiente controlado.

PLANTA ACADÉMICA ACTUAL

El DICTUS cuenta con 24 doctores (50%), 15 maestros en Ciencias (31.3%), 6 licenciados (12.5%) y 3 técnicos Académicos (6.25%).



LOS PROGRAMAS DOCENTES

- Especialidad en Camaronicultura, Primera oferta educativa (1989 – 1991).
- Maestría en ciencias en acuicultura.
- 1993, Programa Regional Maestría en Ciencias en Acuicultura.
- 1997, El programa se ofrece en su totalidad en el DICTUS.
- 2009, El programa forma parte del posgrado en Biociencias.
- 2011: Último egresado.

POSGRADO EN BIOCIENCIAS: MAESTRÍA Y DOCTORADO (2007)

El Posgrado en Biociencias, está adscrito a la División de Ciencias Biológicas y de la Salud con sede en DICTUS y ligado fuertemente a la carrera de Biología. Los egresados cuentan en este programa con una salida natural para su formación a nivel de maestría y doctorado y como una opción el doctorado continuo.

CUERPOS ACADÉMICOS

Biotecnología de Recursos Bióticos: Consolidado
 Biomoléculas: Consolidado
 Nutrición y Biotecnología Acuícolas: Consolidado
 Biología, Genética y Evolución: En consolidación
 Ecología y Sustentabilidad de Zonas Áridas. En consolidación
 Ecología y Manejo de Ecosistemas Marinos. En formación

ACADEMIAS

El DICTUS cuenta con: Nutrición, Desarrollo y Utilización de Recursos Acuáticos.
 EL DICTUS ha preparado una serie de actividades en el 2013 para conmemora el 50° aniversario de su fundación. Las actividades serán publicadas en la página Web. www.dictus.uson.mx



CONTENIDO

DIRECTORIO 2

EDITORIAL 3

BASES 4

INVESTIGACIÓN



SIMULACIÓN MATEMÁTICA DE LA INTRUSIÓN SALINA EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE GUAYMAS, SONORA, MÉXICO 5

EVA LOURDES VEGA GRANILLO, DELIA GUADALUPE MANJARREZ GUERRERO, SOCORRO HERRERA CARBAJAL, ALYSSA DAUSMAN



PROPIEDADES ELECTRÓNICAS DE NANOTUBOS DE CARBONO Y NITRURO DE BORO 11

ROGELIO GÁMEZ CORRALES, R.A. SILVA MOLINA, A.B. LÓPEZ OYAMA, R.A. GUIRADO LÓPEZ



SATISFACCIÓN DEL USUARIO EN UN SERVICIO DE PLANIFICACIÓN FAMILIAR COMO INDICADOR DE LA CALIDAD 16

MARIBEL VILLEGAS CASTRO, LETICIA NAVARRO TORRES, BLANCA ESCOBAR CASTELLANOS



EL ESTUDIO PETROLÓGICO DE LOS PALEO-VOLCANES HIPERALCALINOS DE SONORA, MÉXICO 21

JESÚS ROBERTO VIDAL SOLANO



COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN CLIMA CÁLIDO SECO Y SU RELACIÓN CON EL CONFORT 27

ANA CECILIA BORBÓN ALMADA, JESÚS BENITO PÉREZVALENZUELA, ISRAEL MIRANDA PASOS, RAFAEL ENRIQUE CABANILLAS LÓPEZ



ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL METIL-JASMONATO EN PROPIEDADES FÍSICAS, BIOMECÁNICAS Y FISIOLÓGICAS DE FRUTOS DE TOMATE 33

ISIDRO RAMOS TORRES, GUSTAVO OZUNA HUERTA, CARLOS ANAYA HEREDIAS



ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE EXTRACTOS DE PROPÓLEOS EN AISLADOS CLÍNICOS DE *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus faecalis* 39

RAMÓN EFRAÍN LUGO SEPÚLVEDA, MARÍA DEL CARMEN GARCÍA MORAGA, MOISÉS NAVARRO NAVARRO, CARLOS ARTURO VELÁZQUEZ CONTRERAS, RAMÓN ENRIQUE ROBLES ZEPEDA

DESDE LA ACADEMIA



UNA HERRAMIENTA QUE EMPLEA EL PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL APLICADO A LA EXTRACCIÓN DE CONOCIMIENTO EN CUALQUIER DOMINIO 44

JOSÉ LUIS OCHOA HERNÁNDEZ, GERARDO SÁNCHEZ SCHMITZ, ALONSO PÉREZ SOLTERO, RAFAEL VALENCIA GARCÍA



¿CÓMO SE FABRICAN LOS NANO-MATERIALES? 51
ALEJANDRO CÉSAR DURÁN HERNÁNDEZ, EDUARDO VERDÍN LÓPEZ



CENTENARIO DE LA DIFRACCIÓN DE RAYOS X VIGÉSIMO QUINTO EN LA UNISON 56
RICARDO RODRÍGUEZ MIJANGOS

POLÍTICAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



BALANCE ESTATAL DE ENERGÍA: PRIMER PASO PARA AVANZAR HACIA LA SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA 60

JORGE LUIS TADDEI BRINGAS, RAFAEL ENRIQUE CABANILLAS LÓPEZ, CARLOS MIGUEL LUNA ZAVALA, PABLO DANIEL TADDEI ARRIOLA



VIABILIDAD Y POTENCIAL DE FUENTES ALTERNATIVAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES AVANZADOS EN SONORA 66

JUAN MANUEL VARGAS LÓPEZ, ARTURO SOQUI LEÓN, JUAN MANUE VARGAS RAMÍREZ, RAFAEL CANETT ROMERO



ASPECTOS GENERALES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE SONORA 71

MARTÍN RENÉ SORTILLÓN VALENZUELA



ENERGIA SOLAR EN SONORA: CENTRO MEXICANO DE INNOVACIÓN EN ENERGÍA SOLAR 77

RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ

CTS-EPISTEMUS



EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL: SU IMPACTO EN LA SEGURIDAD, LA HIGIENE Y EL MEDIO AMBIENTE 79

JOSE (PEPE) LONGORIA, PH.D.



LA FUERZA DEL METABOLISMO: SOBREPESO Y OBESIDAD 87

SANDRA MIREYA GÓMEZ CUADRAS



EL USO DE LAS TECNOLOGÍAS WEB DE RED SOCIAL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR 91

JESÚS ANTONIO ZEPEDA LLAMAS



LA PARTÍCULA DE DIOS 96

RICARDO RODRÍGUEZ MIJANGOS

NOTI-INGENIO 99

EPISTEMUS

UNIVERSIDAD DE SONORA

EPISTEMUS. Año 6, No. 13, julio-diciembre 2012, es una publicación semestral arbitrada y es editada por la Universidad de Sonora a través de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud. Blvd. Luis Encinas y Blvd. Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo Sonora; Tel. (662)2592157, (662) 2592253, www.uson.mx, www.epistemus.uson.mx, pacheco@correom.uson.mx. Editor responsable: Rafael Pacheco Rodríguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No.04-2012-101210334800-102. ISSN: 2007-4530 otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido: 15747, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Color Express de México, S. A. de C. V., 12 de octubre No. 130, Col. San Benito, C.P. 83190, Hermosillo, Sonora; este número se terminó de imprimir el 15 de diciembre de 2012, con un tiraje de 1000 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la presente publicación siempre y cuando se cite plenamente la fuente.

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

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

REVISTA EPISTEMUS

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



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 Gpe. García de León Peñúñuri
Vicerrectora de la Unidad Regional Centro
M.D.O. Manuel Ignacio Guerra Robles
Director de Vinculación y Difusión

DIRECCIÓN GENERAL

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

DIRECCIÓN EJECUTIVA

Ing. Rafael Pacheco Rodríguez

DIRECCIÓN EDITORIAL

M.C. Sandra M. Gómez Cuadras
M.I. Eva Lourdes Vega Granillo

CORRECCIÓN DE ESTILO

Sandra M. Gómez Cuadras
Fermín González Gaxiola

DISEÑO

LDG Benito Montaña

IMPRESIÓN

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

PAGINA WEB

<http://www.epistemus.uson.mx>

La Secretaría de Educación Pública (SEP) entregó a la Universidad de Sonora por séptimo año consecutivo, un reconocimiento a la calidad de los programas de nivel licenciatura de su oferta educativa. El rector Dr. Heriberto Grijalva Monteverde recibió el distintivo de manos del titular de la SEP, José Ángel Córdova Villalobos, quien acentuó el esfuerzo y el compromiso con México de un selecto grupo de casas de estudios, a quien se le entregó tal distinción. El funcionario federal detalló que las universidades destacaron por los resultados en las evaluaciones y acreditaciones, además de alcanzar un alto porcentaje de alumnos regulares inscritos en programas reconocidos por su buena calidad. Al respecto, el rector declaró que este reconocimiento es resultado del esfuerzo que diariamente realiza el cuerpo académico y la comunidad universitaria en su conjunto. En esas mismas fechas también fue reconocida por el premio de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES). Ambas distinciones fueron recibidas con beneplácito por la comunidad universitaria.

En el 2012 la máxima casa de estudios del noroeste cumplió 70 años de su fundación, por lo que la universidad refrenda su compromiso de formar recursos humanos competitivos, en realizar investigación de frontera y vincularse con los diversos sectores de la sociedad: público, privado y social. También en este año, la revista EPISTEMUS cumplió 6 años, en este tiempo ha sido un puente entre la universidad y la sociedad, así como un medio de comunicación del quehacer científico y tecnológico.

Contenido

En esta edición como siempre, se abordan temas a través de sus secciones que tiene que ver con la *Investigación, Desde la academia, Políticas de ciencia y tecnología y Ciencia Tecnología y Sociedad*.

La sección de *Investigación* inicia con un tema álgido en Sonora, el avance de la salinización del acuífero de Guaymas, Sonora por lo que se expone un modelo matemático para su manejo. En materia de nanotecnología, se presenta un estudio de la estructura electrónica de nanotubos de carbono y de nitruro de boro utilizando teoría de funcionales de la densidad. En lo que se refiere a las ciencias de la tierra, se presenta el estado actual del conocimiento geológico sobre un volcanismo peculiar en Sonora. Un problema en

la ciudad en Hermosillo es el clima extremo, por lo cual se da a conocer una investigación sobre el comportamiento térmico de una vivienda de interés social. En alimentación, el área de ingeniería industrial da a conocer el estudio del comportamiento de propiedades biomecánicas y físicas de frutos de tomate en post cosecha. El propóleo es una sustancia resinosa recolectada por las abejas de las secreciones de diversas plantas, está formado por una mezcla de compuestos y presenta diversa actividad biológica, entre la que se incluye la actividad antibacteriana.

En la sección *Desde la academia* se describen dos tendencias utilizadas en la construcción de los materiales nanométricos. En este año 2012, se cumplieron 100 años del descubrimiento de la difracción de Rayos X y su uso para determinar la estructura de la materia.

En *Políticas de ciencia y tecnología* se aborda un tema central: La Energía en el Estado de Sonora y ya que la energía es fundamental para el desarrollo de las sociedades se describen los elementos que componen el sistema energético en esta región para avanzar en la sustentabilidad energética, además se incluyen temas sobre las fuentes principales generadoras de energía: combustibles fósiles, hidroelectricidad y la energía solar.

En la sección de *Ciencia, tecnología y sociedad (CTS)*, tenemos un invitado especial que nos describe uno de los temas más debatidos del planeta: El Cambio climático global, cuya finalidad es aportar elementos para un mayor conocimiento de este fenómeno mundial. El problema de nuestro siglo en materia de salud es el sobrepeso y la obesidad, el estado de Sonora es la entidad federativa del país y de la zona fronteriza cuya población registra más sobrepeso y obesidad por lo que se transmite un mensaje que de la pauta para despertar la inquietud por regular el balance energético de nuestro cuerpo y controlar el metabolismo. En otra colaboración, se debate si las redes sociales deben utilizarse como apoyo al proceso educativo. Finalmente una de las noticias más importantes del 2012 fué el descubrimiento de la llamada Partícula de dios por lo que se exponen algunos datos históricos y su significado.

Esperamos que esta edición sea de su interés y les recordamos que puede consultar la versión electrónica de la revista en la página web: <http://www.epistemus.uson.mx>.

Comité editorial

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

OBJETIVO

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

ÁREAS GENERALES DE CONOCIMIENTO

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

DIRIGIDA A

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

CONTENIDO DE LA REVISTA

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

ENFOQUE DE LOS ARTÍCULOS

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

ARBITRAJE

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

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

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

CARACTERÍSTICAS DE LOS ARTÍCULOS

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

FECHAS DE RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS

- Fecha límite de recepción de artículos: 12 de Marzo del 2013.
- Impresión y distribución: Junio de 2013.

Mayores informes:

Página Web: www.ingenierias.uson.mx
o al correo: revista.epistemus@correom.uson.mx
Rafael Pacheco R.

SIMULACIÓN MATEMÁTICA DE LA INTRUSIÓN SALINA EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE GUAYMAS, SONORA, MÉXICO

EVA LOURDES VEGA GRANILLO, DELIA GUADALUPE MANJARREZ GUERRERO, SOCORRO HERRERA CARBAJAL, ALYSSA DAUSMAN

En el presente estudio se aplica el modelo matemático SEAWAT al acuífero del Valle de Guaymas, Sonora, México, para conocer el avance de la intrusión salina, proceso por el cual los acuíferos costeros están conectados con el agua de mar. En la costa del estado de Sonora se ha desarrollado agricultura intensiva que utiliza el agua subterránea extraída por pozos, pero cuando se extraen grandes volúmenes, se liberan espacios y se acelera la entrada de agua de mar hacia el continente. Esto provoca la contaminación del agua, utilizada mayormente en la agricultura y en el consumo humano. El problema de la intrusión salina ocurre actualmente en la mayoría de los acuíferos costeros de Sonora, específicamente en el del Valle de Guaymas, por ello es necesario cuantificarla y tratar de detenerla. El uso de los modelos matemáticos es una herramienta para ello.

M.I. EVA LOURDES VEGA-GRANILLO
Departamento de Geología, Universidad de Sonora
Correo: eva.vega@ciencias.uson.mx
M.C. DELIA GUADALUPE MANJARREZ-GUERRERO
Ausenco Vector, Hermosillo, Sonora
Correo: geol_deliang@hotmail.com
M.C. SOCORRO HERRERA-CARBAJAL
Departamento de Ciencias Químico-Biológicas,
Universidad de Sonora
Correo: sherrera@guayacan.uson.mx
DRA. ALYSSA DAUSMAN
Florida Water Science Center, U.S.G.S.

*Autor para correspondencia: M.I. Eva Lourdes Vega Granillo
Correo electrónico: eva.vega@ciencias.uson.mx
Recibido: 10 de septiembre 2012
Aceptado: 25 de octubre de 2012





INTRODUCCIÓN

El acuífero del Valle de Guaymas se ubica en la parte baja de la cuenca del río Mátape (Figura 1), perteneciente a la región hidrológica No. 9 Sonora Sur. Los materiales aluviales, fluviales, lacustres y basálticos producto de la erosión tectónica, fueron acarreados y depositados por el río Mátape en la cuenca de Guaymas adquiriendo las características hidráulicas necesarias de un acuífero para almacenar y transmitir el agua del escurrimiento superficial y de la infiltración del agua de lluvia (1).

De los 60 acuíferos de Sonora, 14 están sobre explotados, como el del Valle de Guaymas, con una recarga media de 100.00 millones de metros cúbicos al año ($Mm^3/año$), un volumen concesionado de extracción de 104.29 $Mm^3/año$, lo que da un déficit de $-4.29 Mm^3/año$ (1). La piezometría o líneas de igual elevación de nivel estático (e.n.e.) del año 2010 muestran un cono de abatimiento profundo con valores menores a -40 metros bajo el nivel del mar (m.b.n.m.) alrededor del poblado de Maytoarena, que provoca la inversión del gradiente hidráulico y la consecuente intrusión de agua de mar hacia el acuífero (Figura 1).

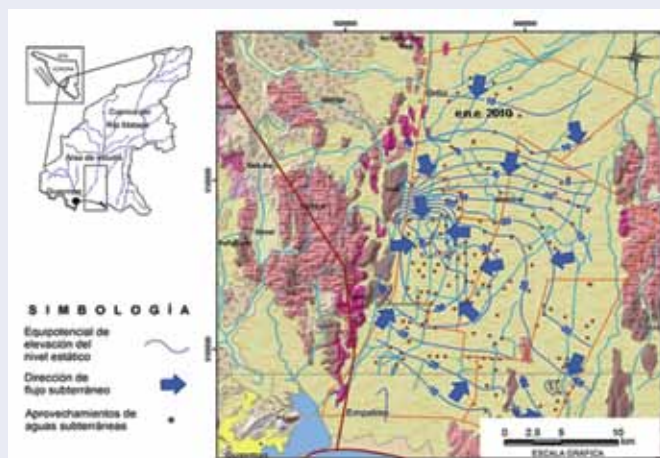


Figura 1. Localización y piezometría del área de estudio.

Las aguas subterráneas extraídas se usan para desarrollar la agricultura del Distrito de Riego No. 084, seguido del uso doméstico, y en menor escala del pecuario e industrial; con las aguas se riega una superficie cosechada total de 26,114 ha, y se abastece a una población de alrededor de 167,000 habitantes de las ciudades de Guaymas y Empalme, Sonora (2).

En las últimas décadas se han aplicado diversos modelos matemáticos al Valle de Guaymas como una herramienta útil para optimizar el manejo y control de sus aguas subterráneas. En el presente trabajo se aplicó el modelo matemático SEAWAT, el cual fue calibrado con el programa PEST, a la porción occidental del Valle de Guaymas, entre las sierras de Santa Úrsula y la San Francisquito (Figura 2).

HIDROGEOLOGÍA

El acuífero del Valle de Guaymas, se ubica en el llamado "Graben de Empalme" limitado al oeste por la sierra de Santa Úrsula, al este por la del Bacatete y al sur por el Golfo de California. Al centro del valle se encuentra la sierra de San Francisquito que separa al acuífero del Valle de Guaymas del de Boca Abierta.

De acuerdo a Roldán et. al. (3), el graben se considera una estructura asociada a la apertura del Golfo de California, y está constituido por sedimentos producto de la denudación tectónica de las unidades orográficas aledañas, se considera más joven que 8.5 millones de años (Ma). La mayor parte del graben está cubierta por aluvión y suelos residuales, que constituyen terrenos de cultivo altamente productivos.

Los mismos autores (3) citan que las sierras de Santa Úrsula y del Bacatete, están delimitadas por fallas normales de rumbo general N-S y son los límites del graben; contienen rocas volcánicas de composición félsica a intermedia (dacitas, tobas) del Mioceno (11-23 Ma), que descansan en forma discordante sobre rocas intrusivas del Cretácico tardío (63 Ma), cubiertas por coladas de basaltos (8.5 Ma). Las rocas más antiguas en la costa de Guaymas-Empalme son hornfels calcosilicatados de posible edad Mesozoica

que descansan como techos colgantes (*roofpendants*) sobre rocas del Batolito Granítico de Sonora del Cretácico tardío-Eoceno.

Los primeros estudios del subsuelo de Guaymas (4, 5), determinaron la existencia de tres cuerpos acuíferos, pero estudios más recientes y el análisis de datos de perforación profunda, describen sólo dos acuíferos: el superior (y único en explotación) alojado en un medio granular de alta permeabilidad con un espesor promedio de 160 m, y el inferior (que puede ser un acuitardo), en un medio de materiales aluviales de regular permeabilidad, con un espesor promedio de 180 m. El estudio de Herrera et. al. (6) considera que aunque los estratos profundos tienen alguna permeabilidad y agua de buena calidad, son de poca extensión y se localizan en bloques semiaislados difícilmente predecibles. Ambos acuíferos están separados por la formación Arcilla Azul, consistente, semipermeable, de origen marino, más ancha hacia la línea de costa y más delgada hacia aguas arriba (4, 5).

El basamento del acuífero inferior son rocas intrusivas y coladas de basaltos, producto de la tectónica regional de bloques desplazados verticalmente, que a más de 200 m forma cuencas y canales aislados, detectándose una fosa al suroeste del valle que forma un canal de flujo de 600 a 900 m de profundidad conectada a la costa (6).

Respecto a la intrusión salina, el estudio geoelectrónico de Castillo et al. (7) muestran el frente de intrusión con una distribución irregular en forma de lenguas hasta una distancia de 8.5 km de la línea de costa, siendo mayor a la base del acuífero. Por su parte, los sondeos electromagnéticos transitorios aplicados por Martínez (8), confirman la existencia de dos acuíferos y detectan que en el acuífero superior la isolínea de los 1,000 ppm de STD (sólidos totales disueltos), considerada como el límite de la contaminación, se halla alrededor de 19 km hacia el norte de la línea de costa en la porción occidental del valle, y como a 12 km en la porción oriental. En el acuífero inferior se realizaron sondeos a 13 km aguas arriba de la costa, pero no se pudo detectar si existe intrusión salina.



ECUACIÓN GOBERNANTE DEL MODELO MATEMÁTICO

Un modelo matemático simula el flujo de agua subterránea indirectamente por medio de una ecuación de gobierno, que se basa en el principio de conservación de masa de los líquidos y solutos, en la cual la tasa de acumulación de la masa almacenada en un volumen elemental representativo es igual a la suma algebraica de los flujos de masa a través de las caras del elemento y el intercambio de masa debido a las fuentes o sumideros. La expresión matemática para la conservación de la masa es (Ecuación 1):

$$-\nabla \cdot (\rho \vec{q}) + \rho_s q_s = \frac{\partial(\rho \theta)}{\partial t} \quad (1)$$

Dónde ρ es la densidad (MV^{-1}), t el tiempo (T) y q_s la velocidad del fluido (LT^{-1}).

Si a esta expresión se le suman las variables presión del fluido, P ($ML^{-1}T^{-2}$), almacenamiento específico en términos de la presión, S_p ($M^{-1}LT^{-2}$), y concentración de solutos, C (ML^{-3}), se convertirá en la forma general de la ecuación diferencial parcial para el flujo de agua subterránea con densidad variable en un medio poroso (Ecuación 2):

$$-\nabla \cdot (\rho \vec{q}) + \bar{\rho} q_s = \rho S_p \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial \rho \partial C}{\partial C \partial t} \quad (2)$$

DISCRETIZACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL

La discretización se efectuó mediante la superposición de una malla de diferencias finitas, uniforme y rectangular de 82 renglones, 38 columnas y 5 capas. Cada celda mide 500 m de lado y tiene espesor variable en función de la profundidad estimada de cada capa.

El modelo está constituido por 15,580 celdas: 2,200 inactivas, 12,677 activas cuyo potencial es variable, y 703 de carga constante que el Golfo de California aporta al acuífero. El modelo simuló un período de tiempo de enero de 1900 hasta diciembre de 2007. Se utilizó un período de estrés inicial en estado estacionario de 28,685 días (1900-1978), seguido por 60 períodos de estrés transitorios, en los que los números par representan los 10 días del año en los que la CONAGUA realiza paros de bombeo. Las corridas que se hicieron de 2007 en adelante se consideran predicciones.

CONDICIONES DE FRONTERA

Se consideraron como fronteras laterales impermeables a las sierras de Santa Úrsula (W) y parte de la San Francisquito (E); como frontera de nivel piezométrico constante a la línea de costa (S); y como frontera de carga variable, de acuerdo a la piezometría registrada, a una porción al norte del área. La frontera superior se compone de la recarga

(precipitación 20%, infiltración de aguas de retorno agrícola 27% y entrada horizontal de agua subterránea 53%), aclarando que no existen lagunas de aguas residuales en la zona; y de la descarga (extracción de agua subterránea y evapotranspiración). De alrededor de 500 pozos inscritos en el Registro Público de Derechos del Agua, se contó con datos históricos y completos de 90 de ellos, siendo el valor ajustado de extracción total de 100.37 Mm³ para los años 2001 y 2002, y de 105.25 Mm³ para los otros años.

Con base en las características y dinámica del medio físico se propuso en este trabajo, un modelo hidrogeológico conceptual de 5 capas: 2 capas de relleno sedimentario en el acuífero superior de tipo libre, 1 capa semiconfinante de la Arcilla Azul, y 2 capas granulares en el acuífero inferior de tipo confinado. Los detalles litológicos de cada capa no se muestran en este trabajo (Figura 2).

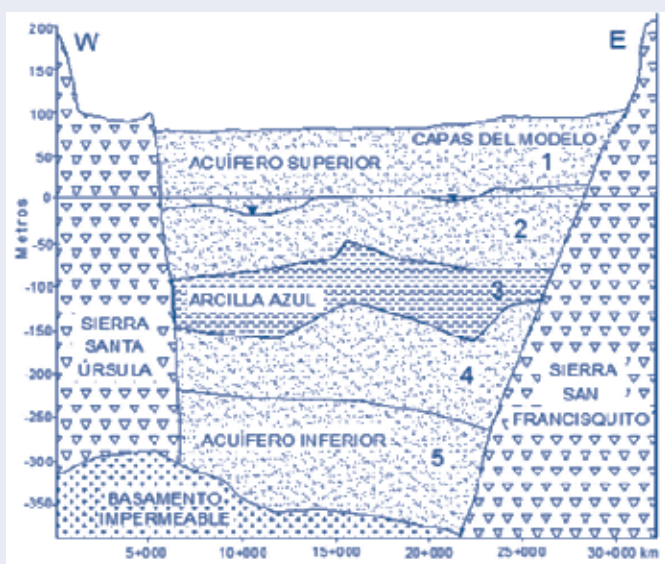


Figura 2. Modelo conceptual transversal E-W del Valle de Guaymas.

De acuerdo a experiencias previas de modelación en otros acuíferos costeros, se decidió asignar los valores iniciales de conductividad hidráulica (k) para las capas 1 y 2 (acuífero superior libre) de $k_x=k_y=1,000$ m/día, y $k_z=100$ m/día; a la capa 3 se le asignó una $k=0.001$ m/día, que es muy baja debido a que se considera una capa semipermeable; y para las capas 4 y 5 (acuífero inferior confinado), se tomaron valores de $k_x=k_y=5,000$ m/día, y $k_z=500$ m/día, que aunque inicialmente fueron valores altos se ajustaron en la calibración. La conductividad hidráulica de todas las capas del modelo, así como la porosidad y el almacenamiento, se supusieron espacialmente uniformes por lo que están representados por un solo valor, que en el caso de la porosidad es de 0.35, y del almacenamiento específico de 0.08 (acuífero superior) y de 1×10^{-5} (acuífero inferior).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se seleccionó el programa SEAWAT porque se considera uno de los más aptos para modelar la intrusión salina en acuíferos costeros; simula en tres dimensiones la densidad variable y el flujo transitorio de agua subterránea en medios porosos.

Se hicieron varias corridas del modelo tomándose como salidas las isolíneas de las 1,000 y 10,000 ppm STD (Tabla 1). Como aislínea de las 1,000 ppm STD es el límite máximo permisible para agua potable, en este trabajo se acordó que una concentración mayor de salinidad representa agua de mala calidad o contaminada por intrusión salina.

Tabla 1. Avance de la intrusión salina en el acuífero de Guaymas.

Acuífero	Capa	Año	Ubicación de STD de la línea de costa (km)	
			Isolínea 1,000 ppm STD	Isolínea 10,000 ppm STD
Superior	1	1978	4.0	1.2
		2007	12.2	8.2
		2010	12.1	8.1
		2050	11.1	7.0
	2	1978	5.9	3.3
		2007	18.7	16.1
		2010	18.9	16.2
		2050	20.3	16.6
Inferior	4	1978	14.6	9.0
		2007	14.6	9.0
		2010	14.7	9.0
		2050	14.9	13.1
	5	1978	14.9	13.1
		2007	15.0	13.1
		2010	15.0	13.1
		2050	15.0	13.1

El primer período de estrés o simulación en estado estacionario fue de 1900 a 1978; en ese año se encontró que la intrusión salina era mayor en el acuífero inferior que en el superior, con concentraciones de sales extremadamente grandes en el acuífero inferior. Que la cuña salina sea mayor en la base del acuífero es lo que se esperaría de un modelo de interfase agua dulce-salada, ya que el agua de



mar es más densa y tiende a ir al fondo del acuífero.

Sin embargo, para los años 2007, 2010 y 2050, que se consideran predicciones, el comportamiento de la intrusión salina cambió, siendo más grande en el acuífero superior que en el inferior. Esto se debe a la extrema explotación de agua de los pozos ubicados en ese acuífero en esos años. El máximo avance de la cuña salina se tuvo en la capa 2, siendo en el año 2007 de 18.7 km, en el 2010 de 18.9 km y en el 2050 de 20.3 km, respecto a la línea de costa (Tabla 1).

La figura 3 muestra el avance de la intrusión salina en el 2010 mediante las isólinas 1,000 y 10,000 ppm STD en las 4 capas acuíferas. Como se dijo antes, se puede comprobar que existe mayor intrusión salina en la capa 2 o base del acuífero superior.

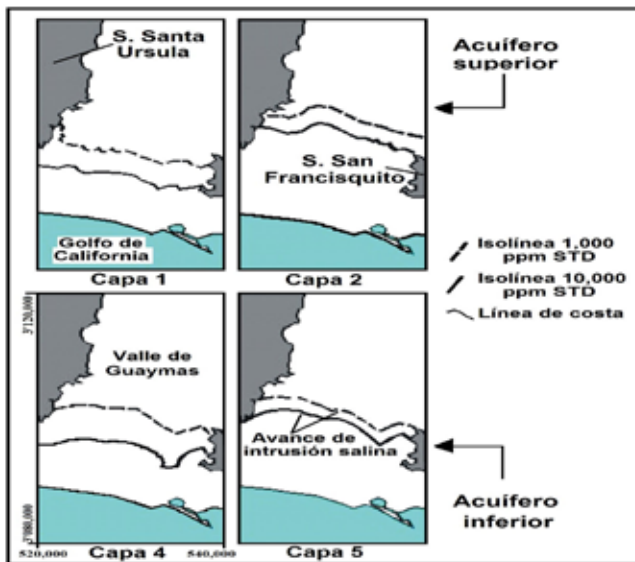


Figura 3. Avance de la intrusión salina (2010).

La proyección para el año 2050 resulta en el movimiento de la isólinea 1,000 ppm STD hasta los 20.3 km de la línea de costa en la capa 2 del acuífero superior, llegando sólo a los 15.0 km en la capa 5 del acuífero inferior (Tabla 1).

Para la calibración del modelo se usó el programa PEST tomando en cuenta las mediciones de campo de cargas hidráulicas y concentraciones de cloruros con respecto al

total de sólidos totales disueltos (Cl g/L STD) de muestras de agua de pozos tomadas por la CONAGUA, durante los años de 1978 a 2007.

Se estimaron los valores de extracción anual asignados a cada pozo, y estos valores también fueron utilizados como parámetros a calibrar. En total se realizaron 13 corridas de calibración; se compararon los valores observados en el campo (medidos) contra los calculados por el modelo(modelados) para obtener los valores residuales; se decidió detener las corridas de calibración cuando se descubrió que dicho residual ya no tuvo ningún cambio considerable. También se tomaron en cuenta las sensibilidades desde los diferentes parámetros así como los pesos ponderados que se le asignaron a las observaciones y parámetros más confiables.

Con los resultados de la calibración se elaboraron gráficas, como la del pozo 24, en la que se aprecia una buena correlación entre los valores medidos y modelados tanto de los niveles de agua como de la concentración de salinidad STD (Figura 4).

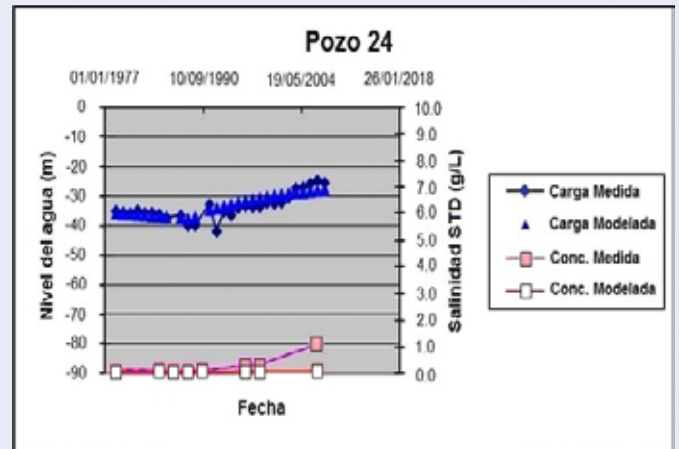


Figura 4. Valores medidos y modelados de nivel de agua y salinidad en un pozo del Valle de Guaymas.

De manera general, se observa que el comportamiento de la isólinea 1,000 ppm STD en todos los casos, tuvo un mayor avance en el fondo que en la cima de cada acuífero, lo cual coincide con los modelos generales previamente propuestos de interfase agua dulce-salada.

Tanto el acuífero superior como el inferior presentan

intrusión salina en el año 1978, siendo mayor en el acuífero inferior, observándose en éste que la concentración de sales es extremadamente grande.

Se considera que el presente modelo tiene un cierto grado de incertidumbre en los datos de entrada, la estructura del modelo, y los parámetros hidrogeológicos, por lo que antes de aplicarlo se deberán realizar nuevas corridas.

Los valores que mostraron mayor diferencia en este estudio fueron la conductividad hidráulica horizontal y vertical, y los cálculos de recarga por infiltración de agua de lluvia, los que deberán ser recalculados.

Los resultados arrojados por esta simulación, se ajustan en un principio a las conclusiones obtenidas en los trabajos de modelación, geofísicos e hidrogeoquímicos previos. Sin embargo, la simulación del acuífero inferior de los años 2007 a 2050 no presenta cambio alguno, ubicándose la isolínea de los 1,000 ppm STD a 15 km de la costa, esto puede deberse a las condiciones hidráulicas del acuífero o a una falla del modelo. Si fuera esto último, se recomienda que en futuras simulaciones, se introduzcan nuevos datos de campo para tener mayor certidumbre del modelo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Usando el modelo matemático SEAWAT y de calibración PEST, se simuló una porción del acuífero del Valle de Guaymas para conocer el avance de la intrusión salina. La simulación en estado estacionario fue de 1900 a 1978, y en estado transitorio de 1978 a 2007. Se hicieron predicciones para los años de 2007, 2010 y 2050. Se realizaron varias corridas de calibración y se observó que el comportamiento de la isolínea 1,000 ppm STD en todos los casos, tuvo más avance en el fondo que en la cima de cada acuífero, lo cual coincide con los modelos propuestos de interfase agua dulce-salada.

Los resultados de la modelación muestran que el acuífero del Valle de Guaymas se encuentra severamente afectado por la intrusión marina; sólo para el año de 1978 el avance de la contaminación fue mayor en el acuífero inferior, posiblemente porque no se introdujo bombeo en ese año. Del año 2007 en adelante la isolínea de los 1,000 ppm STD se halla a más de 18 km de la línea de costa en el acuífero superior, por lo que es posible que toda el agua subterránea de esa franja costera esté inutilizada para diversos usos, principalmente para el agrícola.

Las corridas proyectadas para los años 2010 y 2050 muestran que la isolínea 1,000 ppm STD avanzó cerca de 19 y 20 km respectivamente en la base del acuífero superior, permaneciendo constante desde el año 2007 en el fondo del acuífero inferior (15 km).

Aun cuando los resultados del modelo se ajustan en un principio a las conclusiones de trabajos geofísicos e hidrogeoquímicos previos, se considera que en este nivel, el modelo no funciona adecuadamente para predecir el comportamiento hidrodinámico del acuífero.

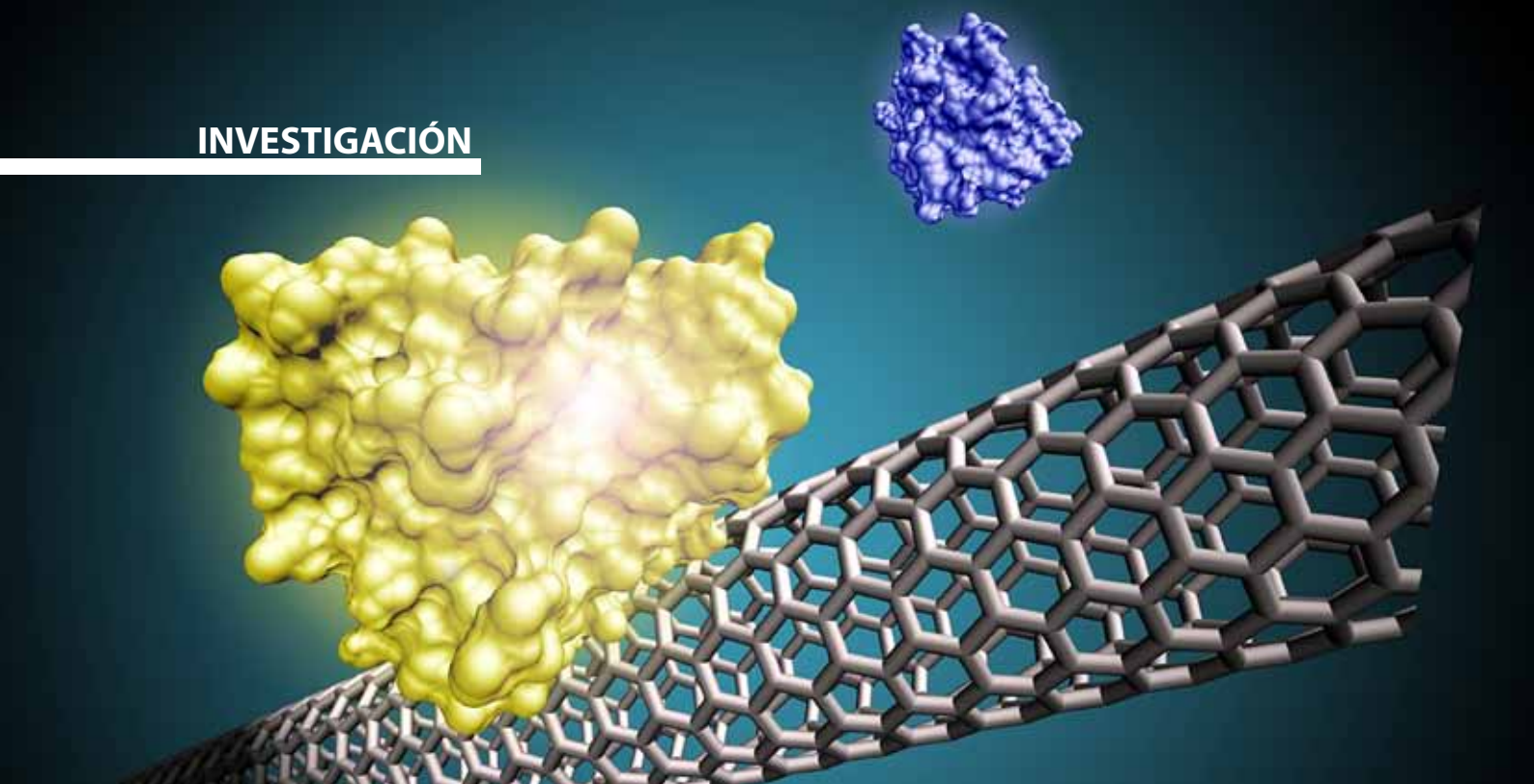
Los parámetros hidrogeológicos que presentaron

mayor sensibilidad en la modelación fueron la conductividad hidráulica horizontal y vertical, y el cálculo de la recarga por infiltración de agua de lluvia, por lo que se recomienda realizar más mediciones hidrogeológicas en el campo y mejorar la calidad de la información. Asimismo, hacer nuevas simulaciones del acuífero de Guaymas, inyectando o extrayendo agua por medio de pozos en la franja costera para observar si se detiene el avance de la intrusión salina.

Agradecimientos. Los autores agradecen al USGS de Florida, especialmente a la Dra. Alyssa Dausman por tramitar la estancia académica y asesorar a la estudiante de maestría Delia Guadalupe Manjarrez Guerrero de Junio a Agosto de 2010. Asimismo, se agradece al M.C. Arturo Villalba Atondo del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, por la revisión de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) CONAGUA, 2009, Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea Acuífero (2635) Valle de Guaymas Estado de Sonora, Diario Oficial de la Federación del 28 de Agosto de 2009, 30 p. http://www.conagua.gob.mx/Conagua07/Aguasubterranea/pdf/DR_2635.pdf
- 2) INEGI, 2011, Información nacional por entidad federativa y municipios, <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=26>
- 3) Roldán Quintana, J., Mora Klepeis, G., Calmus, T., Valencia Moreno, M., Lozano Santacruz, R., 2004, El Graben de Empalme, Sonora, México: magmatismo y tectónica extensional asociados a la ruptura inicial del Golfo de California: México, D.F., Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 21(3): 320-334.
- 4) Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S.A., 1975, Elaboración y calibración del modelo matemático de intrusión salina en el Valle de Guaymas, Sonora: México, D.F., SRH, Informe Técnico, Texto 7.11 p., Anexos.
- 5) Técnicas Modernas de Ingeniería, S.A., 1975, Interpretación de datos y determinación del potencial actual del acuífero en la Costa de Guaymas, Sonora: México, D. F. Secretaría de Recursos Hidráulicos, Contrato I.C.S. 75-2, Tomos I, II y III, X-7 p.
- 6) Herrera Revilla, I., Cruickshank Villanueva, C., Yates, R., Munch, D.E., 1985, Ampliación a la modelación matemática de las fuentes de abastecimiento para el suministro de agua en bloque a las ciudades de Guaymas, Empalme y San Carlos, Sonora, SARH Subsria. Inf. Hid.-UNAM, Insto. Geofísica, 86 p.
- 7) Castillo Gurrola, J., Morales Montaña, M., Vega Granillo, E.L., Ríos Angulo, M.A., Muñoz Caballero, G., Sandoval Inda, R., Rodríguez, J.C., Martínez Retama, S., Ibarra Córdova, R., Borgo Valdez, G., 2002, Disponibilidad y planeación del recurso agua en el municipio de Empalme, Sonora: Hermosillo, México, Informe Técnico SIMAC-CONACYT, Clave: 990106512, 102 p.
- 8) Martínez Retama, S., 2007, Modelo geoelectrico del acuífero del Valle de Guaymas y su intrusión salina usando sondeos electromagnéticos transitorios, Tesis de doctorado, CICESE, Ensenada, B.C.N., 178 p.



PROPIEDADES ELECTRÓNICAS DE NANOTUBOS DE CARBONO Y NITRURO DE BORO

ROGELIO GÁMEZ CORRALES, RAMÓN ANTONIO SILVA MOLINA,
ANA BERTHA LÓPEZ OYAMA, RICARDO ALBERTO GUIRADO LÓPEZ

En este trabajo se presenta un estudio de la estructura electrónica de nanotubos de carbono y de nitruro de boro utilizando teoría de funcionales de la densidad (DFT). Los nanotubos mencionados, presentan estructuras en equilibrio de tipo Armchair, Zigzag y Quiral. Sin embargo, sus estructuras electrónicas muestran marcadas diferencias. Mientras que los nanotubos de carbono poseen propiedades eléctricas y electrónicas de metales o semiconductores, los nanotubos de nitruro de boro muestran un gap muy amplio de tipo aislante, con densidades electrónicas localizadas muy distintas. Estas propiedades hacen que los nanotubos sean materiales útiles en la fabricación de dispositivos electrónicos. Sin embargo, para poder utilizarlos es indispensable poder controlar sus propiedades electrónicas, para esto es necesario modificar la naturaleza química de la superficie del nanotubo mediante la adición de moléculas químicas, covalentes o no covalentes, con características que amplíen sus potenciales aplicaciones.

DR. ROGELIO GÁMEZ-CORRALES
Departamento de Física, Universidad de Sonora
Correo: rogelio@correo.fisica.uson.mx
M.C. RAMÓN ANTONIO SILVA-MOLINA
Estudiante de Doctorado Institucional de Ingeniería
en Materiales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Correo: ramon.silva@correo.fisica.uson.mx
DRA. ANA BERTHA LÓPEZ-OYAMA
Instituto de Física, Universidad Autónoma
de San Luis Potosí, Correo: ana.lopez.oyama@gmail.com
DR. RICARDO ALBERTO GUIRADO-LÓPEZ
Instituto de Física, Universidad Autónoma
de San Luis Potosí, Correo: guirado@dec1.fisica.uaslp.mx

*Autor para correspondencia: Dr. Rogelio Gámez Corrales
Correo electrónico: rogelio@correo.fisica.uson.mx
Recibido: 8 de septiembre de 2012
Aceptado: 16 de octubre de 2012





INTRODUCCIÓN

Las décadas de los 80's y 90's atestiguaron el descubrimiento de estructuras nanométricas que sentaron las bases para el desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología, ya que estos materiales exhibían nuevas propiedades térmicas, ópticas y electrónicas (1). Estas estructuras son conocidas como nanotubos y se refieren normalmente a los de carbono (CNTs), los cuales han tenido gran aceptación debido a sus diversas aplicaciones tecnológicas para el desarrollo de dispositivos electrónicos como películas transistoras, compuestos conductores, sensores y super capacitores (2,3). Sin embargo, existen otras estructuras entre las cuales se encuentran los nanotubos de nitruro de boro (BNNTs) (4), los que presentan una baja dimensionalidad y una alta área de superficie además de que poseen propiedades físicas inusuales. Estos últimos pueden ser influenciados por la adición de especies atómicas o moleculares en su superficie, tales como grupos funcionales, polímeros, etcétera. La importancia de agregar grupos funcionales a los nanotubos es que les permite mejorar las características de estructura electrónica, potenciando con ello las propiedades de relevancia tecnológica.

Nanotubos de Carbono

El carbono es uno de los elementos más versátiles que existen en la naturaleza, se presenta en varias formas alotrópicas, algunas de las cuales son: diamante, grafito, fullerenos, nanotubos de carbono y grafeno. En el diamante, los átomos de carbono exhiben una hibridación tipo sp^3 , en la cual los enlaces forman un arreglo tetragonal, mientras que en el grafito existe una hibridación tipo sp^2 , la cual se arregla en una red cristalina de forma hexagonal. Las longitudes de enlace C-C son 1.42 \AA y el espacio entre capas de carbono es 3.5 \AA , lo que hace que los electrones se encuentren localizados a lo largo del orbital p_z . Dada esta característica se le confiere una propiedad de conducción eléctrica, la cual no está presente en el diamante. Además, en descubrimientos más recientes, se han desarrollado nuevas formas de carbono conocidas como: fullerenos 0D, nanotubos 1D, grafenos 2D y sus aplicaciones tecnológicas han tomado gran importancia en el desarrollo de la nanotecnología.

Actualmente, los nanotubos de carbono (CNTs) son considerados como una nueva forma de carbono puro

y pueden ser visualizados como hojas de grafito con una red hexagonal de carbonos enrollada; pueden ser de dos tipos: de pared simple (SWNT), el cual es como un cilindro y multipared (MWNT) que consiste de muchos cilindros anidados cuyos radios sucesivos difieren en el espacio entre capas de grafito (5). En los años 90's se realizaron por primera vez estudios de propiedades electrónicas a los CNTs de pared simple, sirviendo como plataforma para otros caminos de investigación.

La pregunta que surge a partir del descubrimiento de estos materiales es ¿qué los hace tan especiales?. La respuesta es la formación de un enlace sp^2 que mantiene unidos los átomos de carbono y es aún más fuerte que los enlaces sp^3 en una estructura tetraédrica de diamante, así como la ligera masa del carbono, y también, la naturaleza unidimensional de las especies (1).

Las estructuras de carbono tales como grafenos, fullerenos y nanotubos exhiben diferentes propiedades fisicoquímicas que han propiciado el desarrollo de nuevos productos. Lo anterior debido a las propiedades electrónicas, ópticas y mecánicas que dependen del diámetro y quiralidad. Estas estructuras son relativamente estables e inertes químicamente, lo cual se puede modificar reemplazando átomos de carbono en la red cristalina mejorando así las propiedades mencionadas anteriormente (1).

Los CNTs poseen una correcta combinación de propiedades: un diámetro nanométrico, integridad estructural, alta conductividad eléctrica y estabilidad química, lo que los hace especies con características únicas para ser utilizadas en nanolitografía, nanoelectrodos, liberadores de drogas y sensores, entre otros (3). Las aplicaciones de los CNTs requieren de una modificación añadiendo átomos/moléculas (covalente o no covalentemente) con lo cual se logra una alteración en sus propiedades fisicoquímicas (1).

Las aplicaciones de los CNTs en el campo de la biotecnología son varias y éstas incluyen a los nanotubos como componentes para ADN, proteínas y como biosensores, bloqueadores de canales iónicos, biocatálisis, en neurociencias e ingeniería de tejidos (6).

Nanotubos de Nitruro de Boro

Los nanotubos de nitruro de boro exhiben polimorfismo en su estructura cristalina y presentan al menos cuatro

diferentes formas cristalográficas: hexagonal (*h*-BN), romboedral (*r*-BN), cúbica (*c*-BN) y wurzita (*w*-BN) al igual que las estructuras de carbono en grueso. Estos sistemas son sustancias isoelectrónicas con el mismo número de electrones de valencia por átomo. Son estructuras finitas nanocilíndricas de hojas de *h*-BN. Dependiendo del número de hojas los BNNTs pueden ser de pared sencilla (SW) con una sola capa de *h*-BN o multipared (MW) (1).

Por otra parte, los MWNTs son tubos concéntricamente organizados anidados entre sí (5). Presentan propiedades mecánicas debido a su estructura tubular y al enlace sp^2 en la capa del tubo, así como una estructura análoga a los nanotubos de carbono pero con una banda gap estable de 5.5 eV, independientemente del diámetro del tubo y la quiralidad, exhibiendo un comportamiento de semiconductores y una mayor estabilidad respecto a los CNTs (5,7).

Estructura de los Nanotubos de Nitruro de Boro

La estructura del modelo *h*-BN (Figura 1) presenta tres capas u hojas coordinadas de las redes hexagonales para conformar en su totalidad la estructura *h*-BN. Estas capas hexagonales se refieren a los planos basales. El plano basal "flat" consiste sólo de anillos hexagonales, construido con enlaces sp^2 fuertes entre los átomos de B y N. Entre los planos basales, se llevan a cabo interacciones más débiles de tipo van der Waals que los mantienen unidos en una coordinación que conforma una estructura tridimensional. Un átomo de boro en una de las capas se encuentra directamente sobre un átomo de nitrógeno en las capas adyacentes (5).

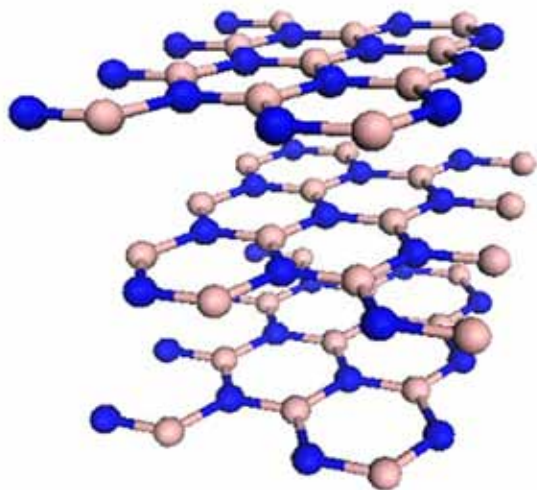


Figura1. Descripción esquemática de la estructura cristalina de *h*-BN, en la cual se representan los átomos de Boro y Nitrógeno .

La teoría del orbital molecular describe los enlaces covalentes en términos de orbitales moleculares, los cuales resultan de la interacción de los orbitales atómicos

de los átomos que se enlazan y están relacionados con la molécula entera. De acuerdo con la teoría del orbital molecular, el traslape de orbitales $1s$ conduce a la formación de dos orbitales moleculares: un orbital molecular de enlace tiene menor energía y mayor estabilidad que los orbitales atómicos que lo formaron. Un orbital molecular de anti-enlace tiene mayor energía y menor estabilidad que los orbitales atómicos que lo formaron. Como lo indican los nombres de enlace y anti-enlace, el acomodo de electrones en un orbital molecular de enlace produce un enlace covalente estable, mientras que el acomodo de electrones en un orbital molecular de anti-enlace produce un enlace inestable.

En un orbital molecular de enlace, la densidad electrónica es máxima entre los núcleos de los átomos que se enlazan, mientras que en un orbital anti-enlace la densidad electrónica disminuye hasta cero entre los dos núcleos. La formación de orbitales moleculares de enlace corresponde a una interferencia constructiva. La formación de orbitales moleculares de anti-enlace corresponde a una interferencia destructiva.

MARCO TEÓRICO

Los cálculos teóricos se efectuaron en el Centro Nacional de Supercómputo del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. (IPICYT), usando el software Quantum Espresso y en el Centro de Supercómputo ACARUS de la Universidad de Sonora, usando el software Gaussian 09; en este estudio fueron utilizados para ambos tipo de nanotubos, el método de la teoría del funcional de la densidad DFT para determinar las propiedades electrónicas. Este método ha sido ampliamente utilizado en cálculos teóricos para sistemas de nanotubos incluyendo su estructura geométrica y propiedades electrónicas. Los cálculos de estructura electrónica se llevaron a cabo mediante funcionales de la densidad con un intercambio-correlación de gradiente generalizado (GGA) y un funcional Perdew Wang (PW91) con una base numérica doble con función de polarización (DNP).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se muestra en la Figura2, las estructuras de CNTs y BNNTs se aprecian muy similares entre sí. Estas estructuras se obtuvieron a partir de una hoja de grafito o nitruro de boro hexagonal, respectivamente, la cual es enrollada sobre su eje principal. Una de las diferencias más importantes en la estructura de los CNTs y BNNTs es que mientras los primeros forman una única estructura cilíndrica, los segundos presentan una estructura formada, es decir, los átomos de boro (B) se encuentran formando un tubo externo, mientras que los átomos de nitrógeno (N) conforman un tubo interno, lo que modifica en gran medida las propiedades electrónicas de ambos sistemas de nanotubos, ya que se modifican la nube de enlaces π en los átomos de boro convirtiéndose en mejores aceptor de electrones y/o grupos funcionales. La Figura 3 describe las

contribuciones de los orbitales atómicos en la formación de orbitales moleculares HOMO y LUMO (orbital molecular ocupado más alto – orbital molecular desocupado más bajo, respectivamente) para las dos estructuras (nanotubos de carbono y nitruro de boro). En el caso de los CNTs, los orbitales HOMO y LUMO se encuentran localizados en los extremos y en la parte central del nanotubo. Mientras que en los BNNTs, los orbitales LUMO se localizan en los extremos en comparación con el de carbono, lo que significa que hay una migración de electrones en el CNT debido a una combinación HOMO-LUMO disminuyendo el valor de la banda gap y por lo tanto la energía. Además los BNNTs presentan una diferencia HOMO-LUMO (banda gap) más amplia, lo cual incrementa el valor de la energía.

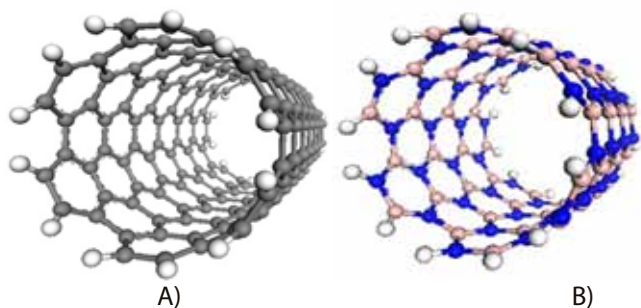


Figura 2. Estructuras estables de nanotubos Armchair de: A) Carbono, y B) Nitruro de Boro.

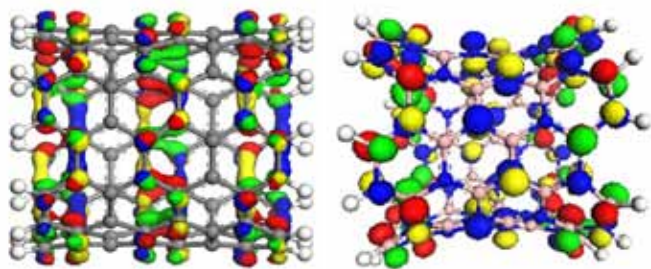


Figura 3. Descripción de perfiles moleculares HOMO-LUMO para nanotubos de Carbono y Nitruro de Boro en configuración Armchair (6,6) HOMO LUMO .

En la Figura 4 se muestran las densidades de estados para cada estructura a) nanotubos de carbono y b) nanotubos de nitruro de boro, en las cuales se describe el comportamiento del transporte electrónico al mostrar aumento en el número de estados electrónicos y un valor del gap de 0.618 eV en la estructura de carbono. Sin embargo, existe una reducción en el número de estados electrónicos y una aumento en la energía de 4.3 eV entre la banda de valencia y la banda de conducción. Lo anterior indica que se modifican las propiedades electrónicas de los materiales, resultando de tipo semiconductoras para nanotubos de Carbono o tipo aislante para Nitruro de Boro.

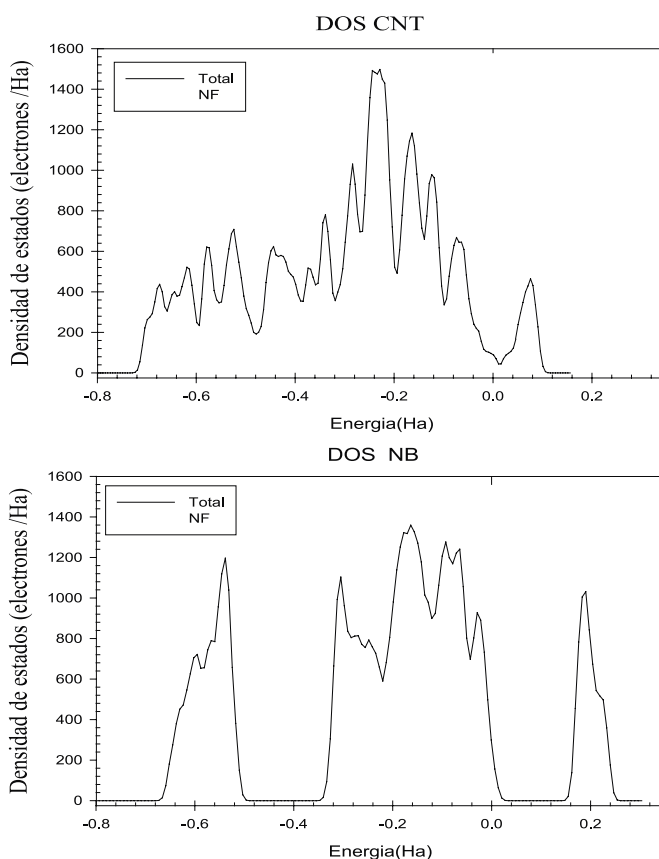


Figura 4. Descripción del transporte electrónico y band Gap con densidad de estados para nanotubos de a) Carbono y b) Nitruro de Boro.

Sin embargo, también poseen muchas analogías entre sí, como el hecho de que exhiben tres tipos de estructuras: Armchair (6, 6), Zigzag (10, 0) y Quiral (8, 4) (Figura 5). Las estructuras más estables determinadas utilizando teoría de funcionales de la densidad, son mostradas en la Figura 5, en donde se aprecia, específicamente para las estructuras Armchair y Quiral, un aumento en el diámetro de los átomos de hidrógeno, los cuales se localizan en los extremos de los nanotubos. Esto es debido, en gran medida, al efecto de tamaño finito del nanotubo.

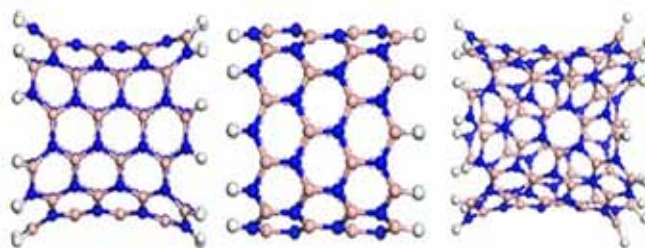


Figura 5. Estructuras más estables de nanotubos de Nitruro de boro: A) Armchair (6,6), B) Zigzag (10,0), y C) Quiral (8,4).

Los cálculos teóricos de la estructura electrónica de nanotubos de NB realizados, muestran las isosuperficies de las densidades HOMO y LUMO para las distintas estructuras geométricas de nanotubos de NB: a) Armchair, b) Zigzag, y c) Quiral (Figura 6), presentando un ancho de banda de 4.38 eV indistinto de las 3 configuraciones, es decir, mostrando un comportamiento electrónico de un aislante. Por otra parte, se puede apreciar que la configuración geométrica Armchair muestra electrones localizados, donde la densidad de probabilidad equidistante se encuentra distribuida a lo largo de todo el tubo, contrario a los nanotubos de BN en Zigzag que muestran un traslape en los orbitales, efecto contrario en el nanotubo quiral de pared simple de nitruro de boro el cual muestra una densidad de probabilidad baja en el centro del nanotubo pero mayor en los extremos. La Figura 6 muestra las estructuras geométricas de orbitales moleculares optimizados. Debido a la transferencia de carga de un átomo de boro a uno de nitrógeno, la estructura tubular forma una capa dipolar y la estructura molecular dispuesta de forma tal que el boro se localiza en la parte externa del nanotubo y el nitrógeno en la parte interna, creando así, una doble nube electrónica.

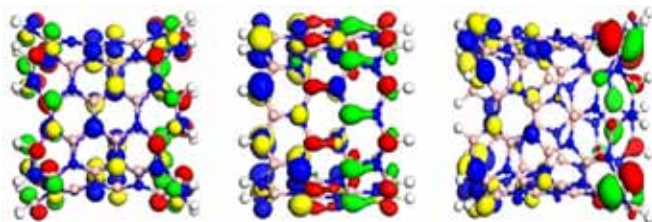


Figura 6. Descripción de los perfiles HOMO-LUMO para las distintas configuraciones estructurales de nanotubos de NB: A) Armchair (6,6), B) Zigzag (10,0), y C) Quiral (8,4) HOMO LUMO .

El hecho de que los BNNTs presenten un ancho de banda de aislante, hace posible que la interacción entre dos o más BNNTs, a diferencia de los CNTs, siempre sea de tipo aislante, ampliando con esto las aplicaciones de los nanotubos de nitruro de boro. Las propiedades electrónicas de los nanotubos de Nitruro de Boro comparados con los de Carbono, ha permitido que sean utilizados en aplicaciones con dispositivos electrónicos. Esta característica hace que en nuestro grupo surja el interés de realizar investigaciones con nanotubos de carbono y/o de nitruro de boro funcionalizados, utilizando cálculos teóricos de DFT, así como síntesis y caracterización de estos nanomateriales.

El interés de la funcionalización, tiene como objetivo controlar la estructura electrónica, debido a la adición de grupos funcionales sobre la superficie de los nanotubos, vía covalente y no covalente. Estos nuevos materiales funcionalizados han tenido gran impacto en el campo de la electrónica utilizados hoy en día en procesos de control de transporte electrónico (8) y también como biosensores.

CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó el estudio de las propiedades electrónicas y estructurales de nanotubos de carbono y de nitruro de boro utilizando cálculos de la teoría del funcional de la densidad. Los resultados muestran que los BNNTs presentan estructuras similares a las de los nanotubos de carbono. Sin embargo, los BNNTs muestran especificidades que hacen que la estructura optimizada de los nanotubos estén formados por hexágonos, conformando parcialmente, dos cilindros concéntricos de nitrógeno rodeados por átomos de boro (Figura 2 b). Lo anterior, permite que se obtenga un ancho de banda independiente de su quiralidad, siendo de 4.38 eV, con un comportamiento de aislante. Este hecho permite que estos nanomateriales sean utilizados en una amplia gama de aplicaciones debido a que las interacciones entre diferentes tipos de BNNTs son similares, e independientemente del tipo.

La funcionalización de nanotubos es un tema que ha venido a marcar la pauta para que estos sistemas amplíen en gran medida sus aplicaciones en aras de ser utilizados en una gran gama de sistemas. El carácter de nanotubo funcionalizado permitirá en un futuro que estos sistemas sean capaces de reconocer moléculas con base a las propiedades físicas mostradas en este trabajo, lo cual permitirá comprender de mejor manera las interacciones que se puedan llevar a cabo entre el nanotubo y las especies orgánicas, resultando en un mejoramiento de técnicas y metodologías aplicables a la nanociencia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro Nacional de Supercómputo del IPICYT y al Centro de Supercómputo ACARUS de la Universidad de Sonora, por las facilidades en tiempo de cómputo. Asimismo al CONACYT, por proporcionar a Ramón Antonio Silva-Molina una beca para estudios de doctorado.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Yap, Y.K., 2009, B-C-N Nanotubes and Related Nanostructures. Lecture Notes in Nanoscale Science and Technology, ed. Z.M. Wang and U.o.A. Department of Physics, Fayetteville, AR, USA. Vol. 6., Houghton, MI, USA: Springer.
- 2) Loos, J. et al., 2007, On the fate of carbon nanotubes: Morphological characterisations. Composites Science and Technology, 67(5): 783-788.
- 3) Ajayan, P.M. and O.Z. Zhou, 2001, Carbon Nanotubes Applications. Topics Appl. Phys, 80: 391-425.
- 4) Holister, P., T.E. Harper, and C. Román Vas, 2003, Nanotubes, in CMP Científica: Spain.
- 5) Gogotsi, Y., 2006, Nanomaterials Handbook, USA: Taylor and Francis Group.
- 6) Klingeler, R. and R.B. Sim, 2001, Carbon Nanotubes for Biomedical Applications. 1st ed., Germany: Springer-Verlag.
- 7) Moscatello, J.P. et al., 2007, Growth of Carbon, Boron Nitride and ZnO Nanotubes for Biosensors. ECS Transactions, 3(26): 1-13.
- 8) Shamsipur, M., M. Najafi, and M.R.M. Hosseini, 2010, Highly improved electrooxidation of glucose at a nickel (II) oxide/ multi-walled carbon nanotube modified glassy carbon electrode. Bioelectrochemistry, 77(2): 120-124.



SATISFACCIÓN DEL USUARIO EN UN SERVICIO DE PLANIFICACIÓN FAMILIAR COMO INDICADOR DE LA CALIDAD

MARIBEL VILLEGAS CASTRO, LETICIA NAVARRO TORRES,
BLANCA ESCOBAR CASTELLANOS.

La satisfacción del usuario es el grado de cumplimiento de sus expectativas en cuanto a la atención recibida y sus resultados en los servicios de salud a los cuales asiste. Valorar la satisfacción proporciona información subjetiva pero directa sobre el resultado final del proceso asistencial. Para los servicios de salud, unos resultados satisfactorios pueden suponer una disminución de las reclamaciones y una mejora de su imagen ante la población.

La presente investigación permitió determinar la satisfacción del usuario que asiste al servicio de planificación familiar (SPF) de una institución de salud de primer nivel de atención en relación a la satisfacción técnica e interpersonal. Se identificó que los usuarios que solicitaron el servicio fueron en su mayoría mujeres, con promedio de edad de 34 años, nivel de escolaridad profesional, estado marital con pareja, prevaleciendo la ocupación de ama de casa y profesionistas, la mayoría acudió al SPF para una cita.

En relación a la satisfacción se identificó que la dimensión interpersonal obtuvo mayor promedio en relación a la técnica, atribuida a factores como la interacción entre los profesionales de la salud y el usuario al momento de proporcionar la atención que solicitan. La mayoría de las usuarias mostraron satisfacción por el servicio proporcionado. Sin embargo al evaluar el grado de satisfacción, esta fue de aceptable a suficiente en una minoría de la población, atribuida a factores como inadecuada infraestructura, falta de recursos humanos, materiales y económicos, que presenta la institución de salud. Los resultados indican que, para lograr mejoras en la calidad de la atención, se debe tomar en cuenta la satisfacción de los usuarios como indicador de calidad.

MCE. MARIBEL VILLEGAS CASTRO.
Universidad de Sonora. Departamento de Enfermería.
Correo: maribelv@enfermeria.uson.mx

MCE. LETICIA NAVARRO TORRES
Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Enfermería.
Correo: letitavo@hotmail.com

MCE. BLANCA ESCOBAR CASTELLANOS
Universidad de Sonora. Departamento de Enfermería.
Correo: escobarblanca@enfermeria.uson.mx

*Autor para correspondencia: MCE. Maribel Villegas Castro
Correo electrónico: maribelv@enfermeria.uson.mx

Recibido: 29 de agosto de 2012,
Aceptado: 28 de octubre de 2012

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de salud latinoamericanos enfrentan retos aún en los sistemas más desarrollados, entre los que destaca la insatisfacción del usuario. Las organizaciones de salud han reconocido que un enfoque en el nivel de satisfacción del cliente da resultados positivos en la imagen de la empresa, un cliente satisfecho difunde buena información en forma oral y se vuelve leal; en forma inversa, los clientes insatisfechos son doblemente proclives a transmitir su mala experiencia y tienen menor probabilidad de regresar por el servicio, en comparación con aquellos que estuvieron satisfechos(1).

En México (1994) la encuesta de satisfacción de los servicios de salud demostró que la calidad de los servicios fue considerada por los usuarios comoregular o mala en un 56%. En la última década, la atención de la salud de calidad resulta ser uno de los desafíos para los prestadores de servicio y quienes buscan mejores formas de atención, a fin de alcanzar los propósitos de equidad, calidad y eficiencia(2).

Los servicios de planificación familiar (SPF) se otorgan a la población con el propósito de contribuir a garantizar el derecho de los individuos y las parejas a decidir de manera libre, responsable e informada y asegurar la prestación de servicios de buena calidad, siendo un componente fundamental de la cruzada nacional de la calidad al lograr que las mejoras en la calidad de la atención sean claramente percibidas por la población (3).

La satisfacción del paciente es el grado de cumplimiento de sus expectativas en cuanto a la atención recibida y sus resultados. La valoración de la satisfacción de los usuarios proporciona información subjetiva pero directa, sobre el resultado final del proceso asistencial. Está determinado por los hábitos culturales de los diferentes grupos sociales, se basa en la diferencia entre las expectativas del paciente y la percepción de los servicios que ha recibido; las percepciones subjetivas acompañadas de las expectativas previas, configuran la expresión de la calidad del servicio. La satisfacción del paciente depende de la resolución de sus problemas, del resultado del cuidado según sus expectativas, del trato personal que recibió, del grado de oportunidad y amabilidad con el cual el servicio fue brindado (4).

FACTORES ATRIBUIBLES A LA SATISFACCIÓN DEL PACIENTE

Algunos autores identificaron que en general, la satisfacción por los servicios que los usuarios reciben

es alta pero al abordar temas como información, trato o amabilidad, esta satisfacción disminuye (5). En los SPF de instituciones de salud gubernamentales y no gubernamentales, casi la mitad mostró insatisfacción en relación con el tiempo de espera, la información recibida sobre métodos anticonceptivos, las condiciones del servicio y una minoría de las usuarias percibió buen trato por parte del proveedor de servicios(1,6).

Al medir la calidad percibida del servicio de Planificación Familiar se encontró que la satisfacción de los clientes fue muy alta(63%); se identificaron cinco factores que explican este resultado: alta personalización del servicio, poca burocracia, instalaciones y equipamientos, profesionalidad y habilidad del personal, así como y la accesibilidad al centro de salud (7).

En México, al determinar la satisfacción del derechohabiente sobre la calidad de atención de enfermería en una institución de salud, el 22% de las usuarias que acudieron al SPF refirieron haber recibido mala atención (8). Sin embargo 60% mostró satisfacción. Los elementos que influyeron fueron: tiempo dedicado a la atención oportuna, comprensión, tiempo de espera, comunicación, muestrarios para información, toma de presión arterial y notas al expediente (9).

Al evaluar la calidad de la atención de los servicios de salud reproductiva y planificación familiar, 14% de las usuarias no estuvieron satisfechas con las instalaciones; el 30% manifestó sentirse insatisfecha con la atención recibida. El 38% de las instituciones tenían desabasto de los diferentes métodos anticonceptivos (10).

En resumen, la insatisfacción de los usuarios que solicitan el SPF se refieren a la mala atención reflejada en: comodidad, accesibilidad, capacidad, preparación del personal, orientación, información, tiempo de espera. Sin embargo se hace mención de satisfacción entre los usuarios, los elementos que influyeron en ellos fueron: tiempo dedicado a la atención oportuna, comprensión, comunicación e información. Para la administración sanitaria, unos resultados satisfactorios pueden suponer una disminución de las reclamaciones y una mejora de su imagen ante la población.

LA SATISFACCIÓN DE LOS USUARIOS CON EL SERVICIO RECIBIDO Y SUS DIMENSIONES

Para este estudio, se consideró la satisfacción de los usuarios que solicitan los servicios de salud, así como el grado de satisfacción a través de la dimensión técnica y la interpersonal (11).



La dimensión técnica (DT), es la capacidad y preparación del personal de salud para brindar información y otorgar los servicios. Contemplan los siguientes aspectos: comodidad, iluminación, ventilación, limpieza del servicio, accesibilidad al centro de salud, explicación de lo que se le va a realizar al usuario, examen médico, toma de presión arterial y peso, anotaciones en el expediente, explicación del problema de salud, de la causa y del tratamiento, las recomendaciones que se hacen al usuario, precisión de la fecha de la próxima cita, métodos anticonceptivos, pago por consulta, opinión de la capacidad profesional del personal y la calidad de atención que se brinda en el servicio.

La dimensión interpersonal (DI) es la interacción que se da entre los profesionales y el usuario al momento de proporcionar la atención. Se evalúan los aspectos relacionados con las citas, orientación sobre el servicio, información escrita, pláticas de salud, tiempo de espera, si llaman a los usuarios por su nombre y si muestran interés por el usuario.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El propósito de esta investigación fue determinar la satisfacción del usuario que asiste al servicio de planificación familiar de una institución de salud de primer

nivel de atención. Los objetivos fueron: 1. Determinar la satisfacción técnica y 2. Determinar la satisfacción interpersonal.

METODOLOGIA DEL ESTUDIO

El diseño del estudio es de tipo descriptivo, a través del cual se describen las características de los usuarios y la variable de estudio satisfacción del usuario del SPF (12). La población estuvo conformada por usuarios que acudieron al SPF y salud reproductiva de la Clínica de Medicina Familiar del ISSSTE de la ciudad de Hermosillo, Sonora, México.

La muestra se determinó en el paquete estadístico nQueryadvisor versión 4.0, con un nivel de confianza de 95%, para estimar una proporción de 0.5 para un límite de estimación de error de 0.06, quedando constituida por 200 usuarios.

Para recolectar la información previa autorización de las autoridades de la institución de salud, se acudió al SPF; los usuarios fueron seleccionados en base al censo diario y que estuvieran en edad reproductiva (de 15 a 45) años sin distinción de edad.

Se procedió a la aplicación de los instrumentos: a) Cédula de datos personales que permitió recabar información sobre: sexo,



edad, escolaridad, si tiene pareja o no, número de hijos, ocupación, método de planificación que utiliza y si la cita es de primera vez y/o subsecuente, b) El cuestionario del nivel de satisfacción del usuario en atención primaria (NISUAP), lo conformado por dos dimensiones: la dimensión técnica (DT) que se valora con 20 reactivos y la dimensión interpersonal (DI) con 10. El instrumento tiene una escala de respuestas tipo Likert con valores de 0 a 100, donde 80 a 100 corresponden a bueno o satisfactorio, 70 a 79 aceptable, 60 a 69 suficiente y por debajo de 60 significa que es insuficiente la satisfacción que tienen los usuarios acerca del SPF.

Los resultados se procesaron en el paquete estadístico SPSS v. 13.0 y se analizó la distribución de variables continuas mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se obtuvo el coeficiente de Alpha de Cronbach para las subescalas de dimensión interpersonal e interpersonal. Finalmente se utilizó estadística descriptiva a través de frecuencias, promedio y medidas de tendencia central.

RESULTADOS

La población participante en el estudio fue 99% del sexo femenino, con promedio de edad de 34 años ($DE = 7.70$); 39% tenían estudios profesionales y un 20% preparación técnica. Respecto al estado civil 88% de las usuarias reportó estar casada. La ocupación que prevaleció fue la de ama de casa con un 38%, seguido de la ocupación de profesionista con un 25%. Esta última situación, conlleva a una mayor exigencia en la atención recibida, dado al mayor conocimiento y experiencia de las usuarias con los servicios de salud (Tabla 1).

Tabla 1. Datos personales de los usuarios del servicio de planificación familiar.

Variable		f	%
Sexo	Masculino	2	1
	Femenino	198	99
Escolaridad	Primaria incompleta	2	1
	Primaria	8	4
	Secundaria	44	22
	Preparatoria	28	14
	Técnico	40	20
	Profesional	78	39
Estado Marital	Con pareja	176	88
	Sin pareja	24	12
Ocupación	Ama de casa	76	38
	Profesionista	51	25
	Empleado (a)	62	31
	Empresario	3	2
	Estudiante	8	4

Fuente: CDP n= 200

En relación con el número de hijos con los que los usuarios cuentan, el promedio fue de 2.15 ($DE = 1.21$).

Respecto a la asistencia a consulta, la cita subsecuente tuvo el porcentaje mayor (71.5%). El método definitivo fue el método anticonceptivo más utilizado en un 28%, seguido del dispositivo intrauterino (22%) y los métodos locales en 19%. Una posible explicación de este hecho pudiera atribuirse a que el promedio de edad indicó que las usuarias se encuentran en su límite superior de edad reproductiva lo que permite seleccionar un método definitivo o un método temporal de mayor permanencia. (Tabla 2).

Tabla 2. Métodos anticonceptivos utilizados por los usuarios.

Metodo Anticonseptivo	f	%
Ritmo	1	0.5
Locales	38	19
DIU	44	22
Inyectables	24	12
Orales	36	18
Definitivos	55	28
Implantes	2	1

Fuente: CDP n= 200

En los índices de satisfacción de los usuarios que asisten al SPF, se observa que la media más alta fue para la dimensión interpersonal con un 61.68 ($DE = 20.94$). Dicha satisfacción estuvo relacionada con el tiempo dedicado a la atención oportuna, comprensión e información proporcionada por el personal de salud. La escala total alcanzó una media de 57.58 ($DE = 17.17$) (Tabla 3).

Tabla 3. Índices de satisfacción de usuarios en relación a la dimensión técnica e interpersonal.

Satisfacción	\bar{x}	DE	Valor Mínimo	Valor Máximo
Dimensión Técnica	41.65	12.96	15.00	75
Dimensión Interpersonal	61.68	20.94	2.08	75
Satisfacción de los usuarios	57.58	17.17	2.08	75

Fuente: NISUAP n= 200

Respecto a la satisfacción general de los usuarios, ésta obtuvo de suficiente a aceptable en una minoría de la población en las dimensiones técnica (9%) e interpersonal (11%). Los hallazgos pudieran atribuirse a la falta de recursos materiales, humanos y económicos que presenta la institución de salud, debido a la asignación de recursos a los programas que proporciona a la población derechohabiente. Estos resultados coinciden con algunos autores, quienes señalan que los usuarios muestran



se identificó que la dimensión técnica reportó índices inferiores comparado a la dimensión interpersonal.

Ambas dimensiones técnica e interpersonal, reportaron niveles insuficientes de satisfacción.

RECOMENDACIONES

Se sugiere replicar el estudio en poblaciones similares, que permitan comparar los resultados con los reportados en el presente estudio.

Dado que la dimensión técnica presentó el índice más bajo de satisfacción, se recomienda realizar estudios que la exploren, para profundizar en los motivos por los cuales el personal de salud no cumple con las expectativas de los usuarios.

REFERENCIAS

- William, T., Schutt-Ainé, J. &Cuca, Y. (2001). Evaluación de la Calidad de los Servicios de Planificación Familiar a través de Encuestas de satisfacción a clientes, Federación Internacional de Planificación de la Familia, Nueva York. 14-23.
- Frenk, J., Londoño, Knaul y Lozano (1998). Los Sistemas de Salud Latinoamericanos en transición, Atención a la salud en América y el Caribe en el siglo XII, Editorial InstituteForAlternativeFuturusFunsalud, México.
- Secretaría de Salud. (2001- 2006). Plan Nacional de Salud, México. Recuperado de: <http://www.salud.gob.mx/docprog/Pns-2001-2006/PNS-completo.pdf>
- Cabarcas, O. I., Montes, C. A., Ortega, D. G. (2007). Satisfacción del Paciente Hospitalizado con la Atención de Enfermería en una Institución de Salud de la Cd. de Cartagena, Colombia.
- Piqueras, M. C. (2002). Calidad, Opinión, Satisfacción, Clientes. Revista Andaluza de Salud Pública, España.
- Velazco, C. de la Quintana, C., Jove, G., Torres, L. Á. & Bailey, P. (1999) Calidad de los servicios de anticoncepción en el alto Bolivia. Revista Panamericana Salud Pública. Bolivia, 5(6), 411-418.
- Moliner, T. (2000), La calidad percibida del servicio de un centro de planificación familiar, Publicación Oficial de la Sociedad Española de Medicina Familiar y Comunitaria. Recuperado de: <file:///C:/Documents and settings/instumentos de medlaine>
- Galván, M. J., Dueñas, B. M. & Rodríguez, M., (2002). Percepción del derechohabiente sobre la calidad de atención de enfermería. Revista de Salud pública y nutrición, Monterrey, Nuevo León, 3(1). Recuperado de: <http://www.respyn.mx/especiales/040.htm>
- Franco, M., (2002). Nivel de satisfacción en un programa de planificación familiar. Mexfam. Gente joven y salud sexual. Recuperado de: <http://www.mexfam.org.mx/esp>
- Logía, S. & Mojarro, O. (2005). Salud Sexual y Reproductiva de los adolescentes. La calidad de la atención de los servicio de salud reproductiva y planificación familiar. XI Congreso de Investigación en Salud Pública. México. Recuperado de: <http://www.insp.mx/Portal/eventos/ponencias/Aula-B/MIERCOLES/MR-7%20ModelodelaEvaluaciondeCalida%20Mtra-Silvia-Loggia.ppt>
- Castañeda, C., C. (2001). Nivel de satisfacción de los usuarios del primer nivel de atención. Secretaría de Salud, Monterrey, Nuevo León.
- Polit, D. & Hungler, B. (1999). Investigación científica en ciencias de la salud (6a. ed). México: McGraw-Hill Interamericana.

insatisfacción respecto a la información recibida sobre métodos anticonceptivos, condiciones del servicio, instalaciones inadecuadas, atención recibida y desabasto en los diferentes métodos anticonceptivos.

Estos resultados podrían atribuirse a que las instituciones de salud gubernamentales y no gubernamentales poseen limitaciones respecto a recursos físicos, materiales y humanos, lo cual influye para que los profesionales de la salud no proporcionen una atención de calidad, causando que las usuarias de los SPF reporten sentirse insatisfechas con la atención recibida (Tabla 4).

Tabla 4. Nivel de satisfacción de los usuarios en relación a la dimensión técnica e interpersonal.

Satisfacción	Indicador	f	%
Dimensión Técnica	Aceptable	4	2
	Suficiente	13	7
	Insuficiente	183	92
Dimensión Interpersonal	Aceptable	7	3
	Suficiente	15	8
	Insuficiente	178	89

Fuente: NISUAP

n= 200

Los resultados de ésta investigación indican que, para lograr mejoras en la calidad de la atención, se debe de tomar en cuenta la satisfacción de los usuarios como indicador de la calidad de atención que se brinda.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos, se concluye que una alta proporción de los participantes en el estudio reportó valores bajos de satisfacción en el servicio de planificación familiar. Respecto a las dimensiones de satisfacción



ESTUDIO PETROLÓGICO DE LOS PALEO-VOLCANES HIPERALCALINOS DE SONORA, MÉXICO

JESÚS ROBERTO VIDAL SOLANO

El presente documento aborda el estado actual del conocimiento geológico sobre un volcanismo peculiar en Sonora derivado de cuatro años de trabajo de un proyecto de Ciencia Básica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CB CONACYT) a cargo del autor. El objetivo de este manuscrito es dar a conocer los resultados de esta investigación enfatizando el significado del fenómeno volcánico de tipo hiperalcalino en la geología del Noroeste de México. Los avances más relevantes generados en esta investigación incluyen, entre otras cosas, una efímera aparición del volcanismo hiperalcalino y la existencia, antes de la formación del Golfo de California, de una mega-erupción que esparció sus depósitos sobre cientos de kilómetros cuadrados en Sonora y Baja California. La ubicación del principal punto de emisión del magmatismo hiperalcalino en el NW de México fue establecida en Sonora como la Sierra Libre. Por otro lado, este conocimiento contribuye con las investigaciones arqueológicas sobre los materiales líticos del sitio arqueológico La Pintada y otros sitios donde ocurren las facies vítreas del volcanismo hiperalcalino. La localización de las fuentes de extracción, de los arqueomateriales que derivan de las rocas hiperalcalinas, ha sido posible gracias a una caracterización detallada de éstos y de los afloramientos encontrados en la región.

DR. JESÚS ROBERTO VIDAL-SOLANO
Departamento de Geología, Universidad de Sonora
Correo: jrvidal@ciencias.uson.mx

*Autor para correspondencia: Dr. Jesús Roberto Vidal Solano
Correo electrónico: jrvidal@ciencias.uson.mx
Recibido: 17 de septiembre de 2012
Aceptado: 23 de octubre de 2012



INTRODUCCIÓN

El tecnicismo “hiperalcalino” aplicado a una roca volcánica, resulta de una sub-saturación de alúmina en un fundido rico en sílice, volviendo relevante el contenido de álcalis en los magmas. Este efecto puede detectarse químicamente por una proporción molecular de tipo $[(Na_2O + K_2O) / (Al_2O_3)] > 1$. La investigación sobre el volcanismo hiperalcalino del Noroeste de México es una temática científica propuesta por el Dr. Francisco Abraham Paz Moreno y cultivada durante más de 14 años en el Departamento de Geología de la Universidad de Sonora con la asesoría y colaboración del Dr. Alain Demant catedrático del Laboratorio de Petrología Magmática en Marsella, Francia. Esta temática de investigación que ha producido varias tesis, publicaciones y exposiciones en eventos nacionales e internacionales, tiene su origen en 1998 dentro del Campo Volcánico El Pinacate como parte de un proyecto de tesis de licenciatura que puso en evidencia la existencia del volcanismo hiperalcalino en la región.

Desde entonces, la relevancia que ha adquirido este tema pionero en su género en México, permitió la consecución de una tesis de maestría dentro de un primer proyecto CB CONACYT que contempló la caracterización de las lavas hiperalcalinas del Campo Volcánico El Pinacate (1), y posteriormente, la elaboración de una tesis doctoral con un componente regional, elucidando el origen y significado de este fenómeno en las regiones central y noroeste de Sonora (área de El Pinacate, 2). En este último estudio, aparte de poner de manifiesto el papel clave de este episodio magmático, dentro de la evolución tectónica y magmática de los últimos 65 millones de años en el Noroeste de México, fue posible por medio de edades isotópicas, análisis geoquímicos y de petrografía fina, correlacionar los afloramientos con rocas hiperalcalinas de Sonora central, con los de una unidad litológica bien conocida en la geología de Baja California (Toba de San Felipe) y con los expuestos en la región de San Felipe-Puertecitos (3, Figura 1).

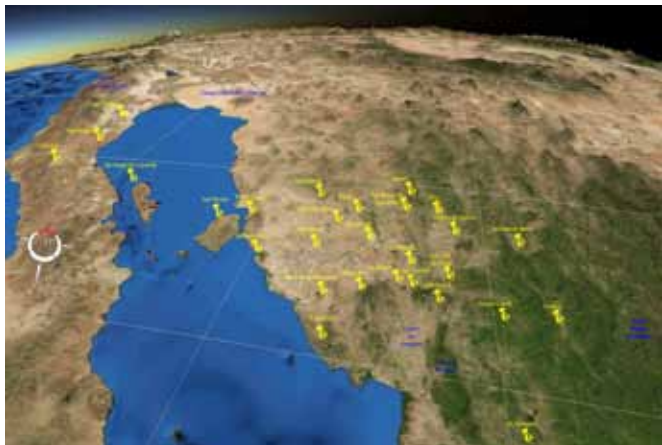
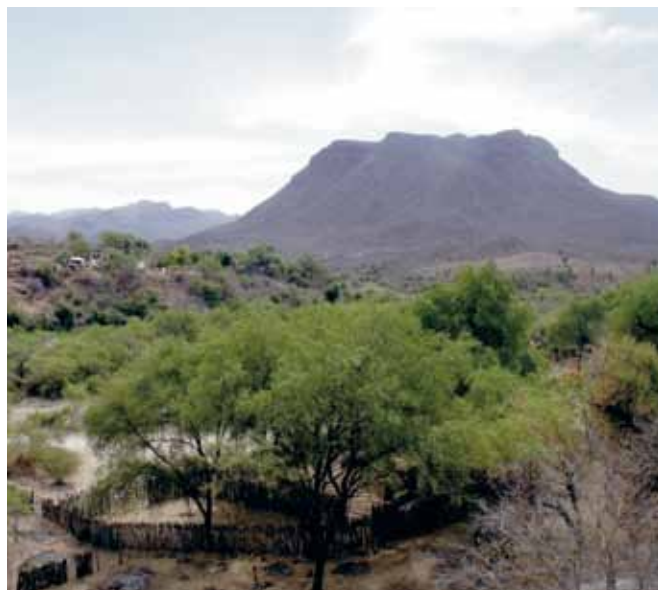


Figura 1. Mapa de la distribución general de localidades con vulcanismo hiperalcalino en el NW de México.



Durante el 2005 y 2006, la investigación sobre las rocas hiperalcalinas sonorenses se abocó a la determinación de la distribución de las partículas (petro-fábrica) en los productos del volcanismo explosivo hiperalcalino, con miras a entender mejor el mecanismo eruptivo y su distribución en el espacio. Este trabajo fue desarrollado en el marco de una estancia post-doctoral del autor en el California Institute of Technology (Caltech) de Pasadena, California, bajo la dirección de la Dra. Joann Stock, quien fuera la investigadora que desde hacía 7 años había trabajado este mismo volcanismo en la región de Baja California bajo varios proyectos de la National Science Foundation (6, Figura 1).

A finales del 2006, bajo un proyecto de repatriación del autor al Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, se llevó a cabo un reconocimiento aún más amplio, descubriendo al Norte de la ciudad de Hermosillo nuevos afloramientos de este tipo de volcanismo. De 2007 al 2011, las investigaciones en la temática aprovecharon el apoyo de un segundo proyecto CONACYT de Ciencia Básica intitulado: “Estudio de los mecanismos eruptivos y de la petrogénesis del volcanismo hiperalcalino en el NW de México (Sonora y Baja California)”, en donde, por medio de dos tesis de la Licenciatura en Geología (4 y 5) y una de la Maestría en Ciencias Geología (6), fue posible caracterizar, reconocer y cuantificar, en definitiva, todos los sitios con presencia de volcanismo hiperalcalino en el Noroeste de México (Figuras 1 y 2, Tabla 1).

Finalmente, la reciente aprobación de un nuevo proyecto CB CONACYT 2012 Permitirá seguir estudiando el volcanismo hiperalcalino con la ayuda de dos tesis de maestría enfocadas a la evolución geodinámica del proto-Golfo de California; éstas son investigaciones multidisciplinarias en donde interactúan herramientas como el paleo-magnetismo terrestre, la geofísica y la petrología.



Figura 2. Aspecto de los afloramientos del volcanismo hiperalcalino en el Noroeste de México: A) Paleo-Volcán hiperalcalino en La Sierra Libre, Sonora; depósito del pulso extraordinario de volcanismo explosivo, Toba de San Felipe-Ignimbrita de Hermosillo: B) extremo oriental, Cataviña, Baja California; C) extremo norte, Rayón, Sonora y, D) extremo sur, Cd. Obregón, Sonora. E) Nivel inferior bien soldado del depósito ignimbrítico en las cercanías al punto de emisión; F) Base vítrea de la Ignimbrita (vitrofire); G) Base perlítica de un derrame riolítico con obsidiana (lágrimas de apache).

MARCO GEOLÓGICO

Las regiones de Sonora y Baja California son un sector clave para estudiar la evolución geológica del margen occidental del continente americano, desde que ocurrió el cese de la subducción de la placa tectónica Farrallón debajo de la placa Norteamericana, hasta la apertura del Golfo de California (Figura 3). La actividad magmática relacionada a la subducción de la placa Farallón, fue prolongada y es evidenciada: (1) En la parte denudada del Occidente de Sonora, por grandes cuerpos exhumados de rocas plutónicas de edades entre 90 y 40 millones de años (Ma), como es el caso de la Sierra del Bachoco y Cerro Piedra Bola en Hermosillo; y (2) Al Oriente de Sonora, por los enormes volúmenes de depósitos volcánicos riolíticos con edades entre 37 y 23 Ma, derivados en su mayoría de una actividad explosiva que constituyó a la Sierra Madre

Occidental. De ese hecho, los productos del volcanismo explosivo de edades más recientes (12-11 Ma), habían sido clásicamente considerados como la expresión final del magmatismo generado por la subducción de la placa Farallón. Sin embargo, el carácter hiperalcalino reconocido en esos depósitos, cambió drásticamente esta hipótesis (7). El volcanismo hiperalcalino no es muy común en el planeta y es, en efecto, característico de un contexto tectónico en distensión o de adelgazamiento de la litósfera, que conduce a la ruptura de los continentes, así como ocurre actualmente en Kenia dentro del Gran Valle del Rift del Este Africano. Es por lo tanto, evidencia de un cambio drástico del régimen geodinámico en Sonora. Estas rocas no están asociadas directamente con la subducción, sino con los fenómenos de divergencia tectónica relacionados con procesos de subida del manto astenosférico. Estos procesos produjeron posteriormente la apertura del Golfo de California (7, Figura 3). Por ello, es importante definir el origen de este tipo de volcanismo en el Noroeste de México, a fin de entender la evolución magmática del proto-Golfo de California.

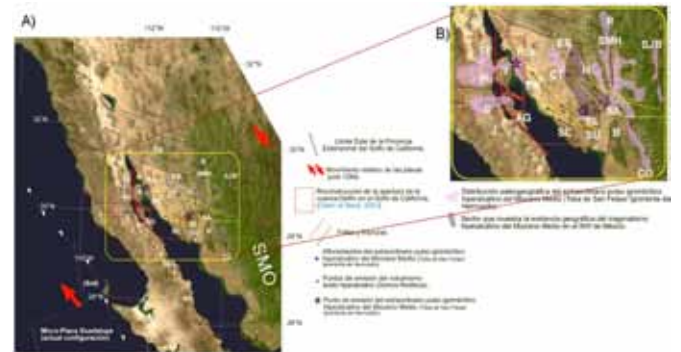


Figura 3. Reconstrucción de la posición relativa de la Península de Baja California y del Estado de Sonora antes de la apertura del Golfo de California (proto-Golfo de California) (modificado de 2). A) Área de estudio con las correlaciones entre las estructuras y los sitios con volcanismo hiperalcalino (modificado de 2). B) Ampliación de la zona de estudio mostrando la distribución de los afloramientos del volcanismo hiperalcalino en el NW de México y la ubicación de sus paleo-volcanes. Abreviaturas de las localidades en Tabla 1.

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Como parte de la compilación y el análisis de esta investigación fue posible reconocer y cuantificar todos los sitios con presencia de volcanismo hiperalcalino en el Noroeste de México. Aparte de las 7 localidades inicialmente reconocidas tanto para Baja California como para Sonora, se lograron identificar, estudiar y analizar 60 nuevos afloramientos con depósitos hiperalcalinos, agrupados en 12 localidades más, 2 para el Estado de Baja California y 10 para el Estado de Sonora (Figura 1, Tabla 1). Este reconocimiento fue posible gracias a las técnicas de

identificación por medio de imágenes de satélite Landsat, fotografías aéreas e imágenes Aster, que posteriormente fueron corroboradas en un arduo trabajo de campo. Los resultados confirman una amplia distribución de los afloramientos del volcanismo hiperalcalino en el NW de México, pero sobre todo, principalmente la majestuosa extensión de una unidad derivada de actividad volcánica explosiva (roca de tipo ignimbrítica) denominada Toba de San Felipe-Ignimbrítica de Hermosillo (TSF-IGH, Figura 2).

Tabla1. Ubicación de los lugares con vestigios del volcanismo hiperalcalino del NW de México.

Región	Localidad	Afloramientos de la Ignimbrítica TSF-	Abreviaturas	
Baja California, región norte	San Felipe (SF) - Puertecitos (PU)	Delicias	D	
		Cuena Santa Rosa	CSR	
		Arroyo Matomí	AM	
Baja California, región sur	Catavilla (C)	Arroyo Portezuelo	AP	
		Mesa Arroyo Portezuelo	MAP	
		Arroyo El Junco	AJ	
		San Agustín, Fajó El Mármol	SA	
		Batolito Agua Dulce	BAG	
		Mesa Agua Dulce	MAG	
Sonora Central, región norte	Rayón (R) - San Miguel de Horcasitas (SMH)	Mesa El Chuco	MEC	
		Mesa Chiquita	MCH	
		Los Coyotes	LCo	
		Mesa Los Coyotes	MLC	
		El Cajón de Policarpo	ECP	
		Mesa Cajón de Acuña	MCA	
		Cerro Las Lajas	CLL	
		Barranco El Tigre	BET	
		Cerro La Nopalera	CLN	
		Cerro Los Columpios	CLCo	
		Camino Norte de Rancho Seco	RS	
		Cerro Prieto	CP	
		Arroyo Los Lobos	ALL	
		Puerto Arivado	PA	
		Casa Colorado	CC	
		Cerro de Oro	CO	
		Cerro de Oro-Picacho	CÓP	
		Rancho Los Sens	RLS	
		Bahía de Kino (BK) - Isla del Tiburón (IT)	Cerro Euclia	CE
			Ceja Muralla	CM
		Punta Chueca (PC)	Pozo de Peña	PP
			Cerro Pinto	CPi
		Félix Gómez (FG)	Cerro La Caja	CLC
Rancho La Duraznila	RLD			
Hermosillo (H)	Sierra de López	Sto		
	Rancho El Chusco, Pilares, Sur Mina	EC		
	Campo de Tiro-Rancho San Carlos	CT		
	Cerro Las Cuevas	CLCu		
	Norte del Cerro El Yeso	CEY		
El Bajío	EB			
Sonora Central, región sur	Ures (U)	El Gavilán	EG	
		Loma La Ceja	LLC	
	Pueblo de Alamos (PA)	Ceja La Canterera	CLCa	
		Ceja La Tinaja	CLT	
	San José de Batuc (SJB)	La Pintada	LP	
		Rancho La Pintada	RLP	
	Tepupa (T)	El Tetabejo	ET	
		El Tetabejo, Represo del Sur El Chiche	ETR	
	Sierra Libre (SL)- Sarpullido (S)-La Colorada (LC) San José de Pimas (SJP)-Ónavas (O)-Lista Blanca (LB)	San Francisco	SFr	
		Represo El Rincón	RER	
		Represo El Fita	RLF	
		Rancho El Pilar	EP	
		Este Rancho El Pilar	E-EP	
		Puerto El Pilar (Cerro El Diente)	PEP	
		Cerro El Cajete	EC	
		Arroyo El Galindo	EG	
		Los Coches	Lco	
		Cerro Las Burras	CLB	
	Rancho La Fita, Sierra Libre	RF		
	Suaqui Grande (SG)	Rancho El Pozo	REPo	
	Ciudad Obregón (CO)	Canal Esperanza (Alto)	CEA	

Por medio del muestreo sistemático llevado a cabo en todos los afloramientos, fue posible recabar la información necesaria de cada tipo de análisis efectuado (petrografía, geoquímica, distribución de las partículas del depósito, geocronología, paleomagnetismo, análisis de microsonda y estudios isotópicos). Las conclusiones petrológicas de este trabajo provienen de la recolección de alrededor de 600 ejemplares de roca, de los cuales se seleccionaron

493 muestras para la realización de secciones delgadas, mismas que permitieron realizar un análisis petrográfico fino y detallado caracterizando las relaciones texturales y las asociaciones minerales de todas las unidades comprendidas en este volcanismo. Este estudio petrográfico logró resaltar algunos rasgos particulares entre las unidades, permitiendo el establecimiento de varios grupos petrológicos y sus variaciones.

La realización de los estudios geoquímicos incluyó una preparación de 195 muestras de roca, de las cuales fueron seleccionadas 100 muestras para ser pulverizadas y analizadas. Los estudios petrográficos y geoquímicos confirmaron el carácter de las unidades y ayudaron a decidir cuáles serían las unidades y las regiones clave para la obtención de los estudios geocronológicos (12 análisis), isotópicos Sr, Nd, Pb (36 análisis) y de microsonda (50 análisis). Por otro lado, se tomaron 50 bloques orientados de roca y se perforaron más de 100 núcleos para el estudio físico de las ignimbritas hiperalcalinas por medio de técnicas paleo-magnéticas y de petro-fábrica.

RESULTADOS

La ubicación de los puntos de emisión del volcanismo hiperalcalino en el Noroeste de México fue descubierta tras un intenso trabajo de campo como parte medular de este proyecto. Se encontró que de acuerdo al contexto tectónico, los volcanes de la época estaban circunscritos a Sonora y que todos emanaron riolitas, eliminando la posibilidad de que este magmatismo se desarrollara en Baja California (4, Figura 3). Es así como la Sierra Libre, cerca de Guaymas, Sonora, con una extraordinaria secuencia de más de 800 metros de lavas hiperalcalinas, se considera el principal punto de emanación del volcanismo hiperalcalino en el NW de México (5), (Figura 2). A lo largo de este registro fue posible reconocer 7 unidades ignimbríticas en la porción norte y oeste de ese macizo rocoso, dentro de las cuales se encuentra la TSF-IGH, sin embargo, otro depósito ignimbrítico hiperalcalino fue identificado aparte de manera local en las inmediaciones de Hermosillo, detectando que existen al menos 8 unidades ignimbríticas hiperalcalinas en el NW de México.

La correlación por medio de análisis geoquímicos y paleo-magnéticos de la unidad ignimbrítica hiperalcalina TSF-IGH en todos los afloramientos expuestos en Sonora y en Baja California, muestra que se trata de un evento volcánico explosivo extraordinario, el cual ocurrió hace aproximadamente 11.9 millones de años (8). Esta unidad ignimbrítica que cubre una amplia extensión en el NW de México, se distingue por ser una roca relativamente porfídica (fenocristales <10%) con una peculiar asociación mineralógica de feldespato alcalino sódico, clinopiroxeno sódico rico en hierro y escaso olivino férrico, ocurriendo también abundantes óxidos de hierro-titanio asociados a grandes cristales de zircón. Químicamente se trata de una riolita hiperalcalina de la variedad comendita que presenta concentraciones de SiO₂ de 72 a 76%, bajos contenidos en

Al_2O_3 entre 11 a 13%, valores elevados en hierro de 1.8-3.3% y en álcalis (Na_2O+K_2O) con 8 a 10%, así como un índice de hiperalcalinidad ($IH = [Na_2O+K_2O]/Al_2O_3$ molar) que varía entre 0.89 y 1.01, es decir, se trata de un líquido magmático híbrido. Esta unidad ignimbrítica corresponde a un solo pulso volcánico, donde los afloramientos que se encuentran más al Sur de Baja California y, hacia el NE y Sur de Sonora representan los puntos distales de esta emisión de flujo piroclástico (3 y 4), (Figura 3).

Un modelo para el origen de los magmas con afinidad hiperalcalina en el NW de México fue concebido considerando que la fuente de los magmas proviene del manto astenosférico, que fue puesto en desequilibrio por la descompresión generada por la divergencia de las placas tectónicas durante el Mioceno Medio (9). Estos fundidos pobres en sílice, de carácter transicional (químicamente similares a los pocos basaltos encontrados en asociación con las riolitas hiperalcalinas), en su ascenso a la superficie sufrieron una cristalización fraccionada extrema (fraccionando hasta más de 6 veces su volumen inicial) al residir durante bastante tiempo en la corteza superior, debido a una intermitente liberación intermitente de la tensión tectónica en períodos largos (miles de años), desencadenando la erupción de un volumen importante de magmas altamente diferenciados como lo son las riolitas hiperalcalinas encontradas en la Sierra Libre. Este magmatismo ocurrió en un contexto geodinámico posterior al cese de la subducción en la región, por lo que es considerado anorogénico. Evidenciando el desarrollo de rupturas continentales precursoras a la formación del Golfo de California. El contexto tectónico fue además de tipo transtensional y probablemente sincrónico al desarrollo de un ascenso de la astenosfera en los límites entre las microplacas subducidas (ventana astenosférica), desarrollando anomalías geotérmicas que desencadenaron la fusión parcial del manto relacionado a la fuente de los magmas transicionales y por consiguiente de las lavas hiperalcalinas (9).

CONTRIBUCIONES A LA GEOLOGÍA DEL NOROESTE DE MÉXICO

El fenómeno magmático hiperalcalino estudiado en el NW de México fue entendido a todas sus escalas, facetas y ocurrencias espacio-temporales. Este evento magmático en el NW de México generó volcanes únicamente en Sonora durante el Mioceno Medio (ca. 12 Ma). Su desarrollo se presentó durante un periodo de tiempo corto (1 Ma) y su máxima expresión se encuentra en el volcanismo de la Sierra Libre, Sonora, donde ocurre una secuencia compuesta por más de 800 m de unidades riolíticas, formando tanto manifestaciones explosivas, como efusivas. Esta sierra es, además, el punto de emisión de una ignimbrita altamente dispersa en el NW de México, conocida en Baja California como la Toba de San Felipe, y en Sonora como la Ignimbrita de Hermosillo. Esta unidad que anteriormente era de las únicas manifestaciones

conocidas en Sonora para este evento, resultó ser uno de los episodios más relevantes, ya que su origen deriva de una mega-erupción explosiva ocurrida poco después del establecimiento del volcanismo hiperalcalino en la región y, la amplia extensión de sus depósitos cubrió los productos iniciales de este evento magmático (Figura 3B).

La integración de los estudios petrográficos, químicos y de las relaciones de campo en todos los afloramientos de la TSF-IGH en el NW de México, permite establecer: 1) Se trata de una sola unidad de enfriamiento muy soldada y comúnmente con un vitrófiro basal; 2) Muestra siempre facies químicamente correlacionables en todos los afloramientos de Sonora y Baja California; y 3) Una ampliación en la extensión de los depósitos y el establecimiento de nuevos límites geográficos de este majestuoso pulso ignimbrítico. Los límites norte y oeste de este gran pulso ignimbrítico (facies distales), han sido establecidos en Sonora dentro de la región de Rayón, y en la localidad de Cataviña, Baja California, respectivamente. Los depósitos orientales ocurren al pie de la Sierra Madre Occidental en la región de San José de Batuc y Tepupa, al Oeste de la presa El Novillo, aproximadamente a 120 km al Este de Hermosillo. Los vestigios reconocidos en el límite sur, ocurren en forma de mesas poco inclinadas como relictos de erosión sobre el valle de Cd. Obregón (Figura 3B).

Este pulso ignimbrítico extraordinario aflora en ambos márgenes del actual rift del Golfo de California, tanto en la placa Pacífico (Baja California) como en la placa de Norteamérica (Sonora), siendo considerado un excelente marcador stratigráfico que permite la reconstrucción tectónica a los 12 Ma en el NW de México y, en particular, el conocimiento sobre el desarrollo del Golfo de California (7, Figura 3A). Las facies más proximales afloran cerca de Punta Chueca y Sierra Libre en Sonora, con facies también proximales en Isla del Tiburón y en Delicias, Baja California. Este patrón sugiere que el flujo original fue desmembrado en varios bloques dentro de una zona muy fallada y extendida de Sonora occidental (8), (Figura 3A). La evaluación de la distribución de este depósito de flujo piroclástico desarrollada en este proyecto, tomando en cuenta los desplazamientos laterales y verticales, permite llegar a las siguientes conclusiones: 1) Cuando se depositó la ignimbrita no existía una cuenca topográfica relacionada con el Golfo de California. El flujo piroclástico viajó encima de una superficie continental con poco relieve y a lo largo de los paleocanales de los ríos; 2) Al final del Mioceno Medio no existía el escarpe principal del Golfo de California, ya que el flujo alcanzó sin dificultad la zona que ahora corresponde a las sierras peninsulares de Baja California; 3) La distribución de los afloramientos en Sonora sugiere que ya existían valles lineales con rumbo ~N-S producidos por fallamiento anterior tipo Basin and Range; 4) El actual rango de altura de los afloramientos indica un levantamiento máximo de 1.5 km dentro de este sector posterior a los 12 Ma; 5) Un evento distensivo afectó a la ignimbrita provocando su basculamiento en la mayoría los

sitios muestreados. Este evento tiene una componente de extensión principalmente en dirección E-W. Sin embargo, Aun en lugares con mucha distensión tectónica y fuerte basculamiento de los estratos, hubo poco hundimiento, ya que la ignimbrita aflora en alturas cercanas al nivel del mar. y 6) La rotación de estratos cerca del Golfo de California es mayor que en lugares más alejados al mar en donde hubo poca rotación.

CONCLUSIONES

Los avances más relevantes generados por nuestras investigaciones pueden resumirse de la siguiente manera: a) El establecimiento total de los afloramientos de ignimbrita hiperalkalina TSF-IGH en Sonora y Baja California; b) La ubicación y el estudio detallado del principal punto de emisión del magmatismo hiperalkalino en el NW de México (Sierra Libre en Sonora); y c) El significado magmático, estructural, geoquímico y geocronológico que guardan los vestigios del volcanismo hiperalkalino sonorense en el margen occidental de la Placa Norteamericana.

Por otro lado, este conocimiento contribuye con las investigaciones arqueológicas sobre los materiales líticos de la Sierra Libre (Sitio arqueológico La Pintada) y otros sitios donde aflora este volcanismo, dado que éstos son generalmente derivados de las facies vítreas de las rocas hiperalkalinas. De esta manera, se han obtenido, junto con el INAH-SONORA, resultados satisfactorios al localizar algunas fuentes de extracción de los arqueo-materiales, al realizar una caracterización detallada de éstos y otros geomateriales encontrados en los sitios arqueológicos de la región.

Agradecimientos: A todos aquellos que hicieron posible el avance durante los últimos 4 años de esta investigación, comenzando por los que formaron la esencia de esta aventura como "la famille hiperalkaline los ignimbritos del NW de México".

Geol. Alejandra Marisela Gómez Valencia, M.C. Santa Barrera Guerrero y Geol. Angel Enrique Olguín Villa. Asimismo, se agradece a los investigadores participantes: Dra. Margarita López y Dr. Alain Demant por todo su apoyo en el desarrollo de este trabajo. De igual forma se hace un reconocimiento especial a la Dra. Joann Miriam Stock quien siempre tuvo disponibilidad para codirigir estudiantes, muestrear, enseñar, guiar, asesorar, corregir, recibir en estancias y sobre todo creer en el potencial de esta investigación y en el futuro de los alumnos participantes en ella. A los compañeros del Departamento de Geología: Dr. Ricardo Vega Granillo, Dr. Francisco A. Paz Moreno, c.Dr. Ricardo Amaya Martínez, M.C. Abraham Mendoza Córdova, Geol. Jessé Urrutia Bañuelos y Dra. Silvia Martínez Retama, quienes dedicaron e invirtieron su tiempo en esta investigación para que se lograran valiosos resultados. Al Fís. Felipe Barfuson por su ayuda técnica en la elaboración y diseño de algunos implementos para el equipo de perforación de roca. De la misma manera se desea externar gratitud a la Geol. Adriana Aimé Orcí Romero, Quim. Pablo Peñaflo y Quim. Rufino Lozano SantaCruz del Instituto de Geología UNAM por ayudarnos a formar a los tesis de este proyecto al transmitir todos sus conocimientos en materia de preparación y análisis geoquímicos de roca, pero además por su amable colaboración en el establecimiento

de nuevas técnicas analíticas de FRX para los materiales ignimbritos. A la sección de arqueología INAH-SONORA en particular a los que hacen posible el proyecto arqueológico La Pintada, protagonistas de la presente colaboración los arqueólogos: Blanca Eréndira Contreras Barragán, Manuel Graniel Téllez y Adriana Hinojo Hinojo, por considerar trascendental la geología de la Sierra Libre y soportar todos nuestros discursos sobre el volcanismo hiperalkalino. A todos los dueños de los ranchos sonorense quienes permitieron nuestro acceso en campo y facilitaron gentilmente nuestra estancia.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) VIDAL-SOLANO, J.R., 2001, Estudio petrogenético del evento volcánico neógeno pre-Pinacate, El Pinacate, Sonora, México. Tesis de Maestría, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, 93 pp.
- 2) VIDAL-SOLANO, J.R., 2005, Le volcanisme hyperalkalin d'âge miocène moyen du Nord-Ouest du Mexique (Sonora). Minéralogie, Géochimie, cadre géodynamique. Tesis de Doctorado, Univ. Paul Cézanne Aix-Marseille III, 256 p.
- 3) GÓMEZ-VALENCIA, A. M., 2011, Petrografía y geoquímica del volcanismo Oligoceno-Mioceno medio en Rayón, Sonora: énfasis en el estudio y significado del volcanismo hiperalkalino en la región, Tesis profesional, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, 143 pp.
- 4) OLGUÍN-VILLA, A. E., 2010, Estudio físico y químico del volcanismo hiperalkalino en la región de Cataviñá, Baja California. Tesis profesional, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, 84 pp.
- 5) BARRERA-GUERRERO, S., 2012, Contribución al estudio del evento volcánico hiperalkalino del Mioceno Medio en el NW de México: Petrología de La Sierra Libre, Sonora, Tesis de Maestría, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, 114 pp.
- 6) STOCK, J.M., LEWIS, C.J., NAGY, E.A., 1999, The Tuff of San Felipe: an extensive Middle Miocene pyroclastic flow deposit in Baja California, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 93, 53-74.
- 7) VIDAL-SOLANO, J. R., PAZ-MORENO, F.A., DEMANT, A., LÓPEZ-MARTÍNEZ, M., 2007, Ignimbritas hiperalkalinas del Mioceno medio en Sonora Central: reevaluación de la estratigrafía y significado del volcanismo Terciario. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v.24, núm. 1, 47-67.
- 8) VIDAL-SOLANO, J.R., LOZANO-SANTACRUZ, R., ZAMORA, M.O. y MENDOZA-CÓRDOVA, A., 2012, Geochemical correlation and tectonic implications of the widely distributed peralkaline pyroclastic flow deposits in NW Mexico: surface analysis of rock slabs in conventional WD-XRF and in handheld ED-XRF analyzer: *Journal of Iberian Geology Special issue on Geochemistry in Mexico* (en prensa).
- 9) VIDAL-SOLANO, J.R., LAPIERRE, H., STOCK, J.M., DEMANT, A., PAZ-MORENO, F.A., BOSCH, D., BRUNET, P., AMORTEGUI, A., 2008, Isotope geochemistry and petrogenesis of peralkaline Middle Miocene ignimbrites from Central Sonora: relationship with continental break-up and the birth of the Gulf of California. *Bulletin de la Société Géologique de France*, V.179, No. 5, 453-464.



COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN CLIMA CÁLIDO SECO Y SU RELACIÓN CON EL CONFORT

ANA CECILIA BORBÓN ALMADA, JESÚS BENITO PÉREZ VALENZUELA ,
ISRAEL MIRANDA PASOS , RAFAEL ENRIQUE CABANILLAS LÓPEZ

Este trabajo presenta los resultados del monitoreo de variables ambientales en sitio, para la evaluación del comportamiento térmico de una vivienda de interés social, deshabitada y sin climatizar, ubicada en Hermosillo, Sonora, México, con un clima clasificado como cálido seco extremo. El sistema constructivo de la vivienda es a base de muros de bloque de concreto hueco y cubierta de vigueta y bovedilla. Considerando que estos sistemas constructivos son ampliamente utilizados en este tipo de edificaciones, se realiza un análisis de los resultados de la medición para establecer las superficies de mayor calentamiento para cada orientación, así como determinar de acuerdo a un modelo desarrollado por ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2010. U.S.), si la vivienda se encuentra dentro de la zona de confort establecida para el bienestar térmico humano. La medición se llevó a cabo con equipos automáticos de adquisición de datos en un período de 3 meses considerando la época de verano. Los resultados obtenidos muestran las temperaturas de las superficies interiores de la vivienda en sus 4 orientaciones, piso y techo, alcanzando en períodos puntuales temperaturas interiores en techo, hasta de 60°C y promedios mensuales de 48°C. En la evaluación de la escala de confort se encontró que la vivienda está totalmente fuera de los parámetros establecidos por el modelo de ASHRAE, planteando la necesidad de abatir la temperatura interior hasta 12 °C.

DRA. ANA CECILIA BORBÓN ALMADA
Correo: acborbon@dicym.uson.mx
M.C. JESÚS BENITO PÉREZ VALENZUELA
benito@dicym.uson.mx
DR. ISRAEL MIRANDA PASOS
Correo: imiranda@dicym.uson.mx
Departamento de Ingeniería Civil y Minas,
Universidad de Sonora.
DR. RAFAEL ENRIQUE CABANILLAS LÓPEZ.
Correo: rcabani@iq.uson.mx
Departamento de Ingeniería Química.
Universidad de de Sonora.

*Autor para correspondencia: Dra. Ana Cecilia Borbón Almada
Correo electrónico: acborbon@dicym.uson.mx
Recibido: 8 de septiembre de 2012
Aceptado: 25 de octubre de 2012



INTRODUCCIÓN

México cuenta con una diversidad de climas, los cuales van desde fríos y húmedos, hasta cálidos y muy secos, o de tipo extremo. Ante esta variación y dependiendo del lugar, se pensaría que debiera existir una manera de construir acorde a cada clima, de tal manera que la envolvente constructiva brindara una protección al usuario; sin embargo, en la práctica esto no es así. Lejos de brindar una protección de las agresiones del medio ambiente en climas extremos, las envolventes arquitectónicas que se construyen hoy en día para las viviendas en serie de tipo económico en México, no proveen de este bienestar de una manera aceptable. Esta situación afecta los niveles de confort térmico humano al interior de las edificaciones, y genera altos consumos de energía eléctrica si se pretende climatizar de manera artificial. Cuando se habla de climas extremos, puede ser por calentamiento o frío excesivo; en ambos casos las edificaciones sufren la consecuencia de acumulación o pérdida de calor.

En el presente estudio se tratará la problemática por calentamiento en climas cálidos extremos.

Hablar de la edificación y la relación de esta con el medio ambiente, implica tomar en cuenta variables tan diversas como confort térmico humano, consumos de energía, temas de transferencia de calor en los materiales, sistemas constructivos, y otros aspectos que en mayor o menor importancia están contextualizadas en el tema de edificios energéticamente eficientes.

En este caso solo se determinará la respuesta térmica en una vivienda tipológicamente representativa de la vivienda de interés social en México, para el clima local de Hermosillo, Sonora, en cuanto al ambiente térmico interior; quedando pendientes aquellos temas relacionados con las propuestas de mejoramiento de desempeño térmico, desde el diseño, hasta los materiales y estrategias para mejorar estas condiciones.

Existen diversos factores que contribuyen al calentamiento de una vivienda, entre otros, las actividades de las personas, la utilización de electrodomésticos, luces y en general, todo aquello que genere flujo de calor al ambiente interior, aumentando las cargas internas. De acuerdo a estudios realizados por métodos de simulación, se sabe que las mayores aportaciones a estas cargas son a través de la envolvente constructiva, debido al calentamiento de las superficies exteriores, por la incidencia solar directa e indirecta, debido a la baja capacidad de los materiales de comportarse como

elementos aislantes (1),(2).

Por lo antes mencionado, es importante saber que los materiales, componentes y sistemas contractivos de las viviendas poseen características termofísicas como cualquier material, y su respuesta térmica está en función de sus propiedades y las condiciones de operación de temperatura a las que sean sometidos, dependiendo del clima.

Por lo anterior, es importante evaluar el desempeño térmico de las edificaciones para obtener datos que permitan ubicar cuantitativamente la problemática y plantear nuevas alternativas sobre todo en el área de los materiales, buscando mejorar las propiedades de los mismos para lograr un mejor desempeño en beneficio del usuario y del abatimiento de los consumos de energía eléctrica.

No es una práctica común la implementación de sistemas de medición in situ de las características térmicas de las viviendas, ya que la instrumentación y aplicación de este tipo de metodologías es tardada y complicada si no se cuenta con los instrumentos adecuados y la habilitación para su uso.



VIVIENDA, MATERIALES, ENERGÍA Y SU RELACIÓN CON LA ADECUACIÓN AMBIENTAL

La vivienda urbana en México puede ser de diferentes tipos, clasificadas de acuerdo a su diseño, tamaño, calidad en los materiales y procedimientos constructivos, así como la zonificación en la mancha urbana en los centros de población. Dentro de estas clasificaciones se encuentra la vivienda popular, la vivienda de interés social, la vivienda media residencial y alta residencial (3).

La vivienda popular muestra una diversidad de características y combinaciones de estilos, tamaños y diseños, dado que no se desarrolla en un crecimiento ordenado y uniforme, esto puede permitir, de alguna manera, que el usuario decida adecuarla si se cuenta con el espacio y las posibilidades suficientes. La vivienda media y residencial, que se construye en fraccionamientos, obedece a estilos ordenados, y cuenta con los espacios suficientes, materiales de calidad y buenos diseños que le permiten ser térmicamente más eficiente. La vivienda de interés social que en nuestro país está claramente caracterizada de acuerdo al tamaño de sus espacios, procedimientos constructivos y materiales, no ha evolucionado en las últimas décadas, ni han mostrado ser eficientes para enfrentar los problemas del calentamiento en su interior, la cual posee pocas ventajas, sujeta a diseños repetitivos, espacios reducidos y de baja altura,

así como materiales de poca calidad, proyectos mínimos y procedimientos constructivos poco adecuados para adaptarse las condiciones climáticas extremas.

Cuando este tipo de vivienda se construye en climas cálidos extremos, el problema toma dimensiones de falta de adecuación en términos de confort térmico humano y eficiencia energética que además de afectar al usuario directamente en su bolsillo, aumenta la demanda de energía eléctrica producto de fuentes no renovables, aportando emisiones de CO₂ a la atmósfera, que finalmente redundan en un problema de tipo ambiental.

Una parte importante de la aportación a la carga de energía interna de los edificios es través de la envolvente, básicamente techos y muros, en este trabajo se mostrarán resultados de la medición de las temperaturas de superficie que se alcanzan en el interior, tanto del techo como de los muros en sus 4 orientaciones, incluyendo el piso y una evaluación para comparar si la vivienda se encuentra dentro de la zona de confort de acuerdo al modelo de ASHRAE.

Ubicación del estudio

La ubicación geográfica de la ciudad de Hermosillo es al oeste del estado de Sonora en la República Mexicana, en el paralelo 29° 05' de latitud norte, y en el meridiano 110° 57' de longitud Oeste, a una altura de 216 msnm, dentro de una zona de clima cálido seco, con temperatura media anual de 24.8°C y máxima diaria de 47.5°C, que típicamente se presenta en el mes de julio, así como una humedad relativa (HR) media anual de 43%, presentando los promedios mensuales más altos en los meses de verano con 53% para el mes de agosto. (4)

Descripción de la vivienda

La vivienda estudiada se encuentra ubicada al norte de la mancha urbana de la ciudad de Hermosillo, correspondiente a una vivienda tipológica de interés social de 56 m² de construcción (Figura 1). El procedimiento constructivo es a base de muros de bloque de concreto hueco y cubierta de vigueta de concreto y bovedilla de poliestireno expandido, con capa de compresión de concreto de 4 cm de espesor, con acabado final aplanado y pintura blanca refractiva. A continuación se describe la metodología de medición de las variables, para evaluar el desempeño térmico de la vivienda.



Figura 1. Vivienda de interés social en Hermosillo, Sonora.

Variables, proceso de medición e instrumentación

Variables de medición

Se midieron las siguientes variables al interior de la vivienda: (Ts) Temperaturas de superficie en los muros interiores de las cuatro orientaciones NO, SE, NE, SO (Fachada principal), piso y techo. La temperatura media radiante (TMR), que significa la percepción de la temperatura por un cuerpo al interior de la casa, lo más parecido a cómo percibe la temperatura un ser humano, la humedad relativa (HR), que es una variable que junto con la temperatura establece las condiciones de confort o bienestar térmico. Se midió también la temperatura del aire (Ta). Se programó la medición mediante el software GENIE de manera automática, donde se establece la estrategia de colocación de sensores y los tiempos de medición.

Para el monitoreo de las temperaturas de superficie y la TMR, se utilizaron cables tipo termopar tipo T, debidamente calibrados, adheridos a las superficies de medición, conectados a una tarjeta multiplexora externa PCLD-789D de 16 canales calibrada en el sitio, y una tarjeta analógica interna acoplada a un equipo de cómputo convencional. Para la medición de la HR, y Ta se utilizó una estación meteorológica portátil (Figura 2).



Figura 2. Sensores en los muros y sistema de monitoreo.

Colocación de los sensores y tiempos de medición

Se localiza termográficamente la ubicación de los puntos donde se colocan los sensores para obtener mediciones de las superficies que se acerquen más a las temperaturas medias de la pared, evitando las fronteras cercanas al piso o techo que pueden presentar variaciones con respecto al promedio de las temperaturas de la superficie de acuerdo al manual (5). La medición se realiza durante los meses de junio, julio y agosto, conservando condiciones de una vivienda deshabitada y sin estrategia alguna de climatización.

RESULTADOS

Se obtiene gran cantidad de información, ya que el monitoreo se programó para obtener datos cada 5 minutos durante 3 meses, (junio, Julio y agosto) en una clasificación en promedios horarios mensuales. De esta manera, se obtiene una base de datos para las temperaturas de cada superficie y las que corresponden al aire y a HR en un formato horario de un día representativo de cada mes. Dado que el mes de agosto arrojó temperaturas y humedades relativas más altas, se tomó como base para el

análisis final del nivel de calentamiento en las condiciones más desfavorables de las superficies de la vivienda, para comparar qué superficies son las más afectadas de acuerdo la orientación y establecer los niveles de confort de la casa.

En la tabla 1 se muestran los resultados de la medición, donde se observa una matriz horaria a lo largo de las 24 horas de un día promedio mensual para el mes de agosto.

Muestra las temperaturas de las superficies de NO, SE, NE, SO, piso y techo, así como la TMR y Ta. Los valores de las variables medidas se comparan

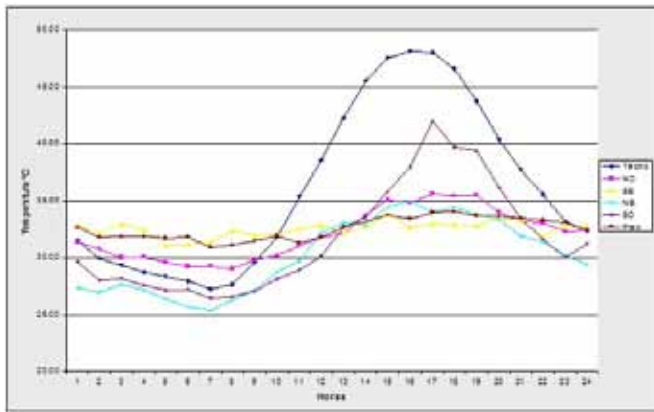
con los valores de HR y Ta del ambiente exterior, que da una referencia del nivel de calentamiento de la vivienda en relación con las condiciones ambientales exteriores. La Gráfica 1 muestra los valores horarios de las temperaturas de todas las superficies interiores de la vivienda, para un día promedio de agosto donde se observan las características sobresalientes del calentamiento del techo, con una temperatura promedio mensual de 48°C, la orientación SO con 42°C y la NO con 37°C.

Los mayores rangos de oscilación se presentan en el techo y en la orientación SO, como superficies más desfavorecidas por el calentamiento que requieren aislamiento térmico.



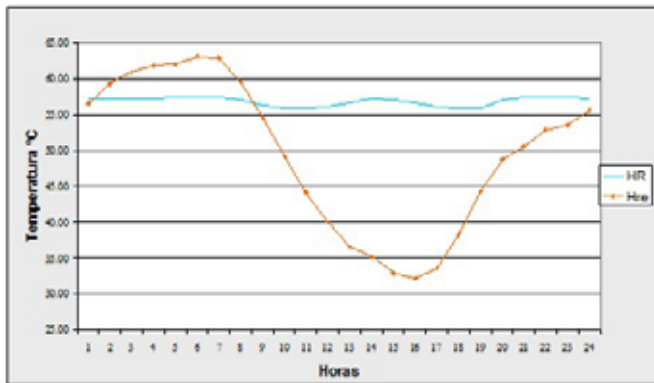
Tabla 1. Valores horarios de temperaturas y humedad relativa para el mes de agosto para la vivienda, en relación con el ambiente exterior.

HORA	TEMPERATURAS Y HUMEDAD INTERIORES HORARIAS POR MES							TEMP. Y HR EXT			
	DEL AL DE AGOSTO							PROMHOR POR MES			
	TTECHO	SMNORTE	TMSUR	TSMESTE	TSMOESTE	TSPISO	TMR	TEMPARE	HR INT	TAMB	HR
1.00	31.55	31.40	32.85	27.33	29.64	32.66	32.99	35.64	57.17	29.06	56.53
2.00	29.97	30.73	32.14	26.94	28.01	31.80	32.38	35.17	57.14	28.65	59.29
3.00	29.36	30.01	32.96	27.59	28.18	31.85	31.95	34.72	57.25	28.38	60.88
4.00	28.73	30.06	32.42	27.12	27.57	31.85	31.35	34.30	57.26	28.00	61.82
5.00	28.37	29.58	31.09	26.33	27.12	31.70	31.10	33.89	57.37	27.80	62.04
6.00	27.95	29.22	31.14	25.69	27.19	31.84	30.75	33.50	57.37	27.53	63.07
7.00	27.23	29.25	31.43	25.34	26.45	30.92	30.49	33.20	57.38	27.78	62.90
8.00	27.63	29.01	32.37	26.26	26.59	31.15	30.50	32.96	56.97	29.05	59.52
9.00	29.59	29.78	31.93	27.12	27.03	31.48	31.03	32.92	56.34	30.58	54.53
10.00	31.83	30.17	32.15	28.77	28.13	31.90	32.29	33.10	55.95	32.20	49.14
11.00	35.40	31.05	32.51	29.71	28.91	31.32	33.05	33.53	55.80	33.57	44.20
12.00	38.59	31.82	32.90	32.19	30.16	31.76	33.63	34.08	56.07	34.79	40.08
13.00	42.26	32.06	32.17	33.05	32.65	32.71	34.50	34.76	56.69	35.65	36.58
14.00	45.63	33.76	32.72	32.87	33.56	33.17	35.31	35.52	57.15	36.45	35.16
15.00	47.60	35.07	33.75	34.46	35.85	33.77	37.87	36.35	57.04	37.16	32.89
16.00	48.19	34.86	32.67	35.01	37.91	33.42	37.96	37.16	56.61	37.26	32.13
17.00	48.06	35.61	32.97	33.99	41.98	34.00	38.48	37.88	56.15	36.76	33.48
18.00	46.67	35.45	32.93	34.50	39.73	34.04	38.35	38.32	55.84	35.53	38.29
19.00	43.81	35.50	32.84	33.79	39.39	33.69	37.17	38.27	55.78	33.90	44.33
20.00	40.38	34.00	33.46	33.40	36.18	33.65	36.19	37.92	57.02	32.49	48.75
21.00	37.77	33.17	33.27	31.87	33.54	33.46	35.86	37.55	57.45	31.59	50.53
22.00	35.56	33.05	31.88	31.41	31.61	33.30	34.80	37.12	57.41	30.56	52.92
23.00	33.17	32.26	32.79	30.17	30.03	33.10	34.31	36.65	57.47	30.15	53.53
24.00	32.38	32.39	32.81	29.43	31.23	32.39	33.75	36.13	57.31	29.54	55.57



Gráfica 1. Temperaturas de superficie de techo y muros al interior de la vivienda.

Con respecto a la humedad relativa, en la Gráfica 2 se observa un porcentaje alto y de tipo constante entre 55% y 60% HR para el interior de la vivienda, debido a que la medición se realizó en época de lluvia y la casa permanecía húmeda; en contraste con del ambiente exterior que muestra oscilación desde 35% hasta 65% de HR.



Gráfica 2. Humedad relativa interior y exterior a la vivienda.

Aplicación del modelo de ASRHAE para determinar la zona de confort

De acuerdo a los datos obtenidos, se calcularon los promedios mensuales para las variables correspondientes a TMR, Ta y HR del mes de agosto. Estas variables se retoman en esta sección para aplicarlas al modelo de ASHRAE y evaluar el confort térmico humano en base a la zona de confort y de la sensación térmica, que se expresa por medio de una escala denominada escala de sensación térmica, que se expresa de la siguiente manera: +3 caliente, +2 caluroso, +1 ligeramente caluroso, 0 neutral, -1 ligeramente fresco, -2 fresco y -3 Frío (6).

Un parámetro para evaluar si la zona está o no dentro del confort, es la temperatura operativa T_o , la cual está en función de la velocidad y la temperatura del aire.

De la Tabla 1 se retoman los valores de TMR, HR y Ta.

Se calcula la temperatura operativa T_o mediante:

$$T_o = a Ta + (1-a) t_r$$

Donde T_o es la temperatura operativa

a = factor que depende de la velocidad del aire.

T_a = temperatura del aire.

T_r = TMR.

Análisis para la zona de confort

Utilizando el software libre Psychtool sobre la carta psicrométrica que define las propiedades del aire, que es una implementación directa de los algoritmos psicrométricos de ASHRAE, se capturan los datos de la temperatura operativa T_o calculados y los de HR medidos, obteniendo la temperatura de bulbo húmedo como se muestra en la Figura 3, mostrando la zona que define la posición dentro de la carta psicrométrica de las variables ambientales con respecto a la temperatura y la humedad del interior de la casa.

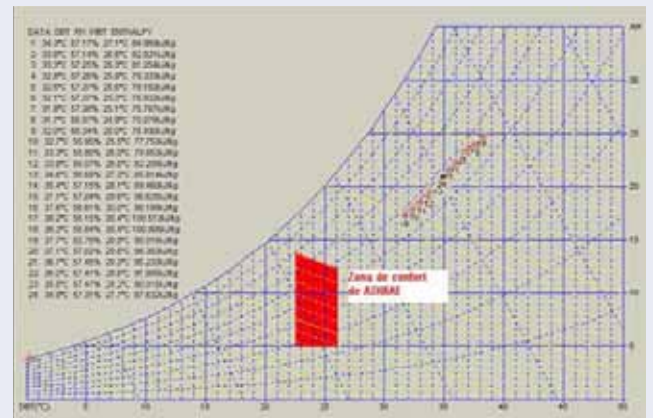


Figura 3. Zona de medición de la vivienda y zona de confort de ASHRAE

Como se puede observar, los datos de temperatura y humedad de la vivienda se encuentran totalmente fuera de la zona de confort del modelo propuesto por ASHRAE, de tal manera, que para lograr que esta vivienda cambie el ambiente térmico de su interior a las condiciones de confort recomendadas, tendría que bajar la temperatura operativa por lo menos 6°C en las horas de bajo calentamiento, y 12°C en las horas más cálidas del día.

Determinación del grado de sensación térmica para la zona de medición

Para tener una idea más clara acerca de la respuesta al interior de la vivienda con respecto al confort térmico humano, en el transcurso de las 24 horas del día promedio analizado, se calcula el grado de sensación térmica por hora, mediante la expresión:

$$Y = 0.243t + 0.278p - 6.802$$

Donde t es la temperatura de bulbo seco y p es la presión de vapor. El valor de la presión de vapor para zona mediada se obtuvo de manera gráfica mediante la posición de la zona medida en la carta psicrométrica (7).

Tabla 2. Escala de confort horaria al interior de una vivienda en verano en Hermosillo Sonora.

Hora	To Sitio (°C)	TBH. Sitio (°C)	To ASHRAE	TBH ASHRAE (°C)	Rangos TBS	Rangos TBH	PV (kPa)	Escala del confort	Comentario
1:00	34.31	27.1	26	20	8.31	7.1	3.2	2.4	Caluroso
2:00	33.77	26.6	26	20	7.77	6.6	3.1	2.3	Caluroso
3:00	33.34	26.3	26	20	7.34	6.3	3.0	2.1	Caluroso
4:00	32.83	25.8	26	20	6.83	5.8	3.0	2.0	Caluroso
5:00	32.50	25.6	26	20	6.50	5.6	2.9	1.9	L. caluroso
6:00	32.13	25.3	26	20	6.13	5.3	2.8	1.8	L. caluroso
7:00	31.84	25.1	26	20	5.84	5.1	2.8	1.7	L. caluroso
8:00	31.73	24.9	26	20	5.73	4.9	2.7	1.7	L. caluroso
9:00	31.98	25.0	26	20	5.98	5.0	2.7	1.7	L. caluroso
10:00	32.69	25.5	26	20	6.69	5.5	2.9	1.9	L. caluroso
11:00	33.29	26.0	26	20	7.29	6.0	3.0	2.1	Caluroso
12:00	33.85	26.5	26	20	7.85	6.5	3.1	2.3	Caluroso
13:00	34.63	27.3	26	20	8.63	7.3	3.2	2.5	Caluroso
14:00	35.42	28.1	26	20	9.42	8.1	3.3	2.7	Caluroso
15:00	37.11	29.6	26	20	11.11	9.6	3.4	3.2	Caliente
16:00	37.56	30.0	26	20	11.56	10	3.7	3.4	Caliente
17:00	38.18	30.4	26	20	12.18	10.4	3.8	3.5	Caliente
18:00	38.34	30.4	26	20	12.34	10.4	3.9	3.6	Caliente
19:00	37.72	29.9	26	20	11.72	9.9	3.8	3.4	Caliente
20:00	37.06	29.6	26	20	11.06	9.6	3.7	3.2	Caliente
21:00	36.70	29.3	26	20	10.70	9.3	3.7	3.1	Caliente
22:00	35.96	28.6	26	20	9.95	8.6	3.5	2.9	Caluroso
23:00	35.48	28.2	26	20	9.48	8.2	3.3	2.7	Caluroso
24:00	34.94	27.7	26	20	8.94	7.7	3.3	2.6	Caluroso

En la Tabla 2 se presentan los valores horarios en la escala de sensación térmica, donde se observa que varía de ligeramente calurosa o caliente, al no tocar en ninguna hora del día el valor 0 que significa la zona de confort recomendada.

CONCLUSIONES

Se concluye que la vivienda de tipo económico presenta problemas con respecto a la adecuación al medio ambiente, cuando se trata de conservar el ambiente térmico interior dentro de la zona de confort. Los resultados de la medición muestran calentamientos excesivos de las superficies de la casa, sobre todo en techo y en muro orientado hacia el poniente.

Con respecto a la zona de confort se muestra que la vivienda se encuentra completamente fuera de los parámetros recomendados, requiriendo abatir hasta 12°C en las horas más cálidas para asegurar las condiciones confortables. Los resultados muestran que los materiales con los que se fabrican estas viviendas, no son los más adecuados para proporcionar condiciones de habitabilidad con respecto al ambiente térmico interior, ya que al querer solucionar el problema por medio de climatización artificial, se generan altos costos de energía eléctrica.

Se propone desarrollar estudios acerca de las propiedades termofísicas de los materiales de construcción, ya que son el principal factor de la elevación de la temperatura en las viviendas, encaminado hacia el diseño de propuestas de materiales y componentes con mejores características aislantes.

Existe una demanda en el sector gobierno y de la industria de la construcción de atender esta problemática y realizar propuestas de nuevos diseños constructivos, materiales o sistemas, que mejoren las condiciones de habitabilidad de los usuarios en pro de la calidad de vida, así como abatir los grandes consumos de energía eléctrica, sobre todo en zonas áridas de la República Mexicana.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Cubillas, L. 1987, "Estudio del Comportamiento Térmico de Viviendas de Interés Social en la Ciudad de Mexicali B.C." Tesis de Maestría en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Baja California.
- 2) Gallegos, Romero, 1996, Sistemas constructivos y su comportamiento térmico en la vivienda de Mexicali, B.C, Ponencia en la XX Semana Nacional de Energía Solar, Xalapa, Veracruz, México.
- 3) Instituto Nacional de Estadística y geografía. Características de la vivienda en México. Informe. México D.F. INEGI 2009.
- 4) Servicio Meteorológico Nacional, CNA, 2000, Dirección del Servicio Meteorológico Nacional, Normales climatológicas período 1971-2000, Hermosillo Sonora, México.
- 5) ASHRAE, 2010, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2010, ASHRAE Handbook Fundamentals, Atlanta.
- 6) ASHRAE STANDARD, 1992, ANSI/ ASHRAE 55-. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta.
- 7) Sayigh, A., Marafia, H., Thermal comfort and the development of bioclimatic concept in building design, Pergamon, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2(1998) 3-24.





ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL METIL-JASMONATO EN PROPIEDADES FÍSICAS, BIOMECÁNICAS Y FISIOLÓGICAS DE FRUTOS DE TOMATE

ISIDRO RAMOS TORRES , GUSTAVO OZUNA
HUERTA , CARLOS ANAYA HEREDIAS

Se estudió el comportamiento de propiedades biomecánicas y físicas de frutos de tomate en pos cosecha relacionadas a la maduración, ante la aplicación de un tratamiento superficial de Metil-jasmonato (MJ). Los frutos se conservaron a temperaturas de 10° y 20 °C. Las variables observadas fueron: Color (a^/b^*), Textura (firmeza y fuerza máxima), Emisiones respiratorias (dióxido de carbono -CO₂-) y Etileno (C₂ H₄). Se aplicó el diseño experimental de mediciones repetidas y diseño factorial combinado. El análisis estadístico basado en un enfoque univariado, determinó que los efectos del MJ no son significativos, principalmente en los frutos conservados a 10°C, y débilmente sustentados en los frutos conservados a 20°C en donde se encontró la inhibición del etileno.*

Palabras clave: Metil-jasmonato, Mediciones repetidas, Tomate, Maduración, propiedades reológicas, propiedades biomecánicas.

MC. ISIDRO RAMOS TORRES.
Correo: isidro.ramos@industrial.uson.mx
ING. GUSTAVO OZUNA HUERTA
Correo: gozuna@industrial.uson.mx
MC. CARLOS ANAYA HEREDIAS.
Correo: canaya@industrial.uson.mx
Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad de Sonora

INTRODUCCIÓN

Los métodos convencionales de almacenamiento a bajas temperaturas de productos agrícolas tropicales como el tomate tienen importantes inconvenientes. Los daños por frío en tomates pueden ser distintos, tales como: lesiones epidémicas, reblandecimiento de los frutos (pérdida de rigidez ó textura), falla de coloración de los frutos por decoloración interna y externa de la pulpa, cambios de composición en cuanto al sabor y aroma (6). También la exposición del tomate al frío tiene como efecto el aumento en la tasa respiratoria y estimulación de producción de etileno (9).

Existen distintos tratamientos utilizados para reducir los desórdenes fisiológicos, por ende, los daños físicos que permiten prolongar o retardar el proceso de maduración y la vida de anaquel de frutos y hortalizas. Las investigaciones en este campo puede incluir la observación de propiedades físicas, fisiológicas, nutricionales, reológicas ¹, biomecánicas ², entre otras relacionadas a la maduración de los frutos y hortalizas.

El tratamiento con Metil-Jasmonato (MJ) es una alternativa que ha mostrado algunos resultados alentadores, por ejemplo: Budde y col. (2), encontraron que el MJ en combinación con un tratamiento térmico produjo bajos niveles de emisión de etileno y actividad de la enzima PE (relacionada con el ablandamiento de los tejidos) en frutos de Durazno. Wang (8), encontró que en la aplicación del tratamiento con MJ en Arándanos, se mantuvieron altos niveles de contenidos de azúcares y ácidos orgánicos (indicadores de poco ablandamiento de los tejidos). En papaya, González-Aguilar y col. (5) aplicaron un tratamiento basado en MJ y atmósfera modificada, de tal manera que observó disminución en la pérdida de agua y la firmeza, además se retrasó la pigmentación amarilla típica de maduración del fruto. En Mango García y col. (4), reportaron que la aplicación de MJ y un tratamiento térmico redujeron la pérdida de peso y los daños por bajas temperaturas. En frutos de tomate, Ding y col. (3), encontraron que el tratamiento aplicado con MJ redujo la incidencia en decaimiento y se incrementó la tolerancia al frío.

En general, se ha observado que los tratamientos con *Metil-jasmonato* (MJ) pueden reducir el deterioro y daños por frío (trastornos de maduración) en distintos frutos, sin embargo, su efecto puede aumentar la síntesis de etileno (6). El efecto de tratamientos de MJ en la maduración en algunos frutos sensibles al frío, como el tomate, aún no está determinado para la variedad de cultivo regional (*charleston*).

Se ha demostrado que los parámetros anteriormente

mencionados (*color y firmeza*), además de parámetros de actividad metabólica como la *respiración*, pueden ser sensibles al tratamiento con MJ. Por ello, los experimentos diseñados y analizados en este trabajo se enfocan a observar y determinar los efectos del MJ, y la temperatura de conservación a través del tiempo sobre variables físicas relacionadas con el decaimiento (firmeza) y daños por frío (color a^*/b^* y emisiones de dióxido de carbono y etileno).

Se utilizaron frutos de tomate (*Lycopersicon sculentum* mill.) variedad charleston, cultivados y cosechados bajo procedimientos de Invernaderos CORAVI S.A. DE C.V. ubicados en Hermosillo, Sonora. El lote de 270 frutos fueron cosechados en estado de madurez breaker (USDA, 1997). Los frutos fueron seleccionados por talla y color (buscando homogeneidad), posteriormente fueron desinfectados y secados; se dividieron en grupos para ser tratados.

Los grupos de frutos A-2, A-4, B-4, B-4, C-2 y C-4 fueron tratados por inmersión durante 15 min, en una solución en agua de MJ concentrada a 220 $\mu\text{L/L}$. La temperatura de conservación de los frutos por grupos. Durante 27 días se conservaron y se aplicaron las pruebas cada tercer día. La conservación de los frutos y las pruebas se llevaron a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Productos Vegetales del CIAD A.C., en Hermosillo Sonora.



1 La reología es la parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir para modelar el comportamiento de los materiales.

2 La biomecánica es un conjunto de conocimientos derivados de la física que tienen como objetivo estudiar los efectos de las fuerzas mecánicas sobre los sistemas orgánicos de los seres vivos y sus estructuras.

DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS.

Los experimentos incluyeron 3 factores: 1) La temperatura de conservación (20 y 10°C), 2) tratamiento MJ (ver Figura 1); 3) Tiempo de conservación.



Figura 1. Tratamiento por inmersión MJ [220 µL/L].

Se utilizaron pruebas destructivas y no destructivas. Los modelos estadísticos aplicados y las variables observadas correspondientes son:

a) Modelo estadístico factorial combinado, (utilizado para pruebas de firmeza y f_{max}).

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \delta_l + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\delta)_{il} + (\beta\delta)_{jl} + (\tau\beta\delta)_{ijl} + \varepsilon_{ijk}$$

Modelo estadístico de pruebas no destructivas, utilizado para variables: color y respiración.

Donde:

Y_{ijkl} : Rigidez, F_{max} , bajo los niveles (ijl), de los factores en la réplica k .

μ : Media.

τ_i : Efectos del factor tratamiento en el

nivel i , con $i = \left\{ \begin{array}{l} control \\ MJ \end{array} \right\}$

β_j : Efectos del factor Temperatura en el

nivel j , con $j = \left\{ \begin{array}{l} 10^\circ C \\ 20^\circ C \end{array} \right\}$

$(\tau\beta)_{ij}$: Efectos de las interacciones de los factores Tratamiento-Temperatura en los niveles ij respectivamente.

δ_l : Efecto combinado del factor tiempo l , donde: $l = \{3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27\}$.

ε_{ijk} : Error experimental combinado asociado a Y_{ijk} .

b) Modelo estadístico de pruebas no destructivas, utilizado para variables: color y respiración.

$$y_{ijkl} = \mu + \underbrace{\delta_k + (\tau\delta)_{ik} + (\beta\delta)_{jk} + (\tau\beta\delta)_{ijk}}_{\text{Dentro-Sujetos}} + \underbrace{d_{ijk} + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij}}_{\text{Entre-Sujetos}} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : Color (a^*/b^*), Emisiones Respiratoria (Dióxido de carbono (CO_2) y Etileno (C_2H_4)) correspondiente a los niveles (ijk), sujeto(fruto) l .

μ : Media.

Análisis Dentro de Sujetos:

δ_k : Efecto del factor de repeticiones Tiempo, $k = \{1: \text{día 3}, 2: \text{día 6}, 3: \text{día 9}, 4: \text{día 12}, 5: \text{día 15}, 6: \text{día 18}, 7: \text{día 21}, 8: \text{día 24}, 9: \text{día 2}, \text{de conservación}\}$.

$(\tau\delta)_{ik}$: Efecto de interacción de Tratamiento - Tiempo en los niveles i, k .

$(\beta\delta)_{jk}$: Efecto de interacción de Temperatura - Tiempo en los niveles j, k .

$(\tau\beta\delta)_{ijk}$: Efecto de interacción de Tratamiento - Temperatura - Tiempo en los niveles i, j, k .

d_{ijkl} : Efecto aleatorio debido al l -ésimo fruto y al tratamiento i, j .

Análisis Entre Sujetos:

τ_i : Efecto del tratamiento MJ, en el nivel i ,

$$i = \left\{ \begin{array}{l} 1: control \\ 2: MJ \end{array} \right\}$$

β_j : Efecto de la temperatura en el nivel j , $j = \left\{ \begin{array}{l} 1: 10^\circ C \\ 2: 20^\circ C \end{array} \right\}$

$(\tau\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción de Tratamientos-Temperatura, en los niveles i, j .

ε_{ijkl} : Error aleatorio ($ijkl$);

RESULTADOS

En la Figura 2 se muestra el comportamiento promedio del índice de color a^*/b^* . Los grupos de frutos conservados a 10°C, muestran una diferencia nominal entre los frutos tratados con MJ y control no significativo ($=0.05$). La Figura

3 sugiere una mayor variabilidad del índice de color a^*/b^* y en el parámetro a^* en los frutos no tratados con MJ, sin embargo, las pruebas (comparaciones de varianzas por día) de *Levene* no confirman tales diferencias como significativas ($=0.05$).

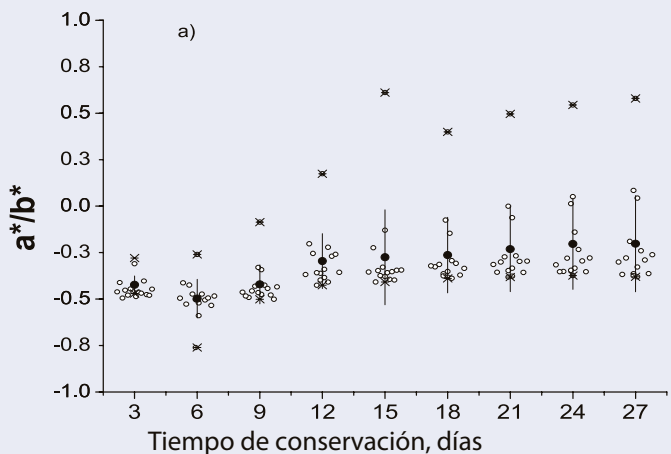
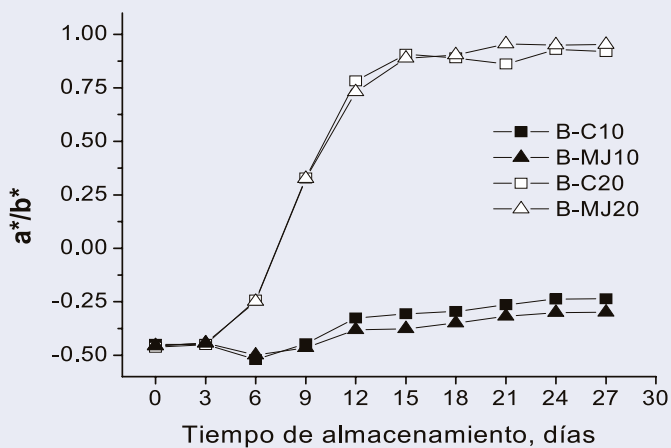


Figura 2. Gráfico de promedios para el índice de color (a/b) por grupos.

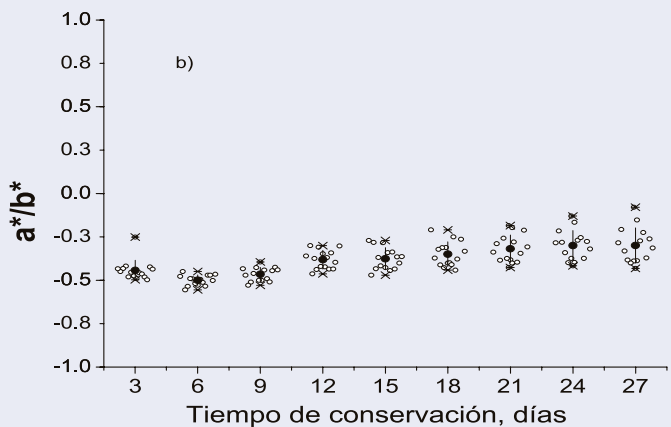


Figura 3. Gráficos de dispersión de datos del índice de color a^*/b^* en frutos conservados a 10°C , a) Control, b) Tratados con MJ.

Los indicadores de la Firmeza (coeficiente de rigidez y fuerza máxima) se muestra en las Figuras 4 y 5. El análisis estadístico determinó que los efectos del MJ en la conservación de la firmeza, solo pueden ser sostenidos al 85% de nivel de confianza. Esto nos sugiere que los tomates tratados con MJ podrían mantener por mayor tiempo su rigidez. En cuanto a la fuerza máxima de penetración no se esperaba que sufrieran cambios, puesto que no existe evidencia en otros estudios en tomate que bajo el tratamiento aplicado adquieran mayor resistencia mecánica.

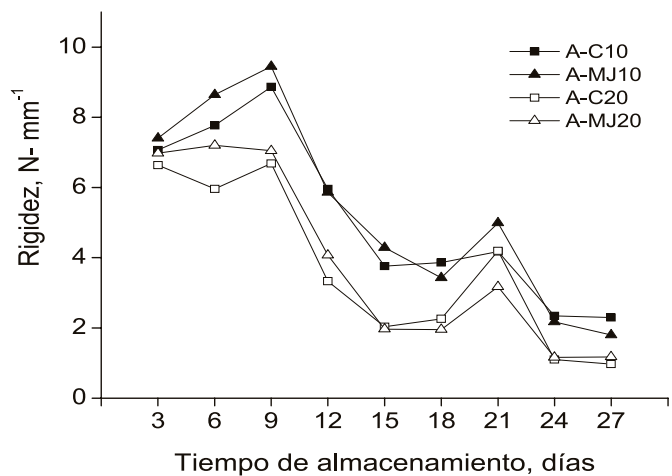


Figura 4. Gráfico de promedios por grupos en la rigidez a través del tiempo.

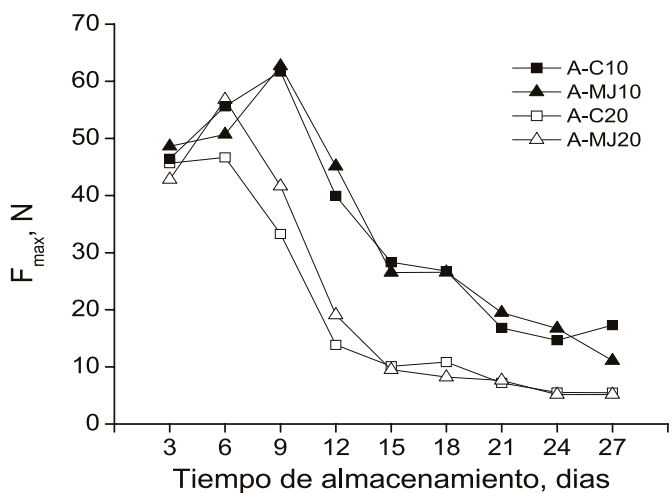


Figura 5. Gráfico de promedios por grupos en la Fuerza máxima de penetración a través del tiempo.

En las gráficas de la Figura 6 se muestra la inhibición de la emisión de en ambos grupos tratados con MJ; el análisis de varianza sustenta dicho efecto con el 92% nivel de confianza. La emisión de etileno (Figura 7) no mostró un cambio significativo en los frutos tratados con MJ.

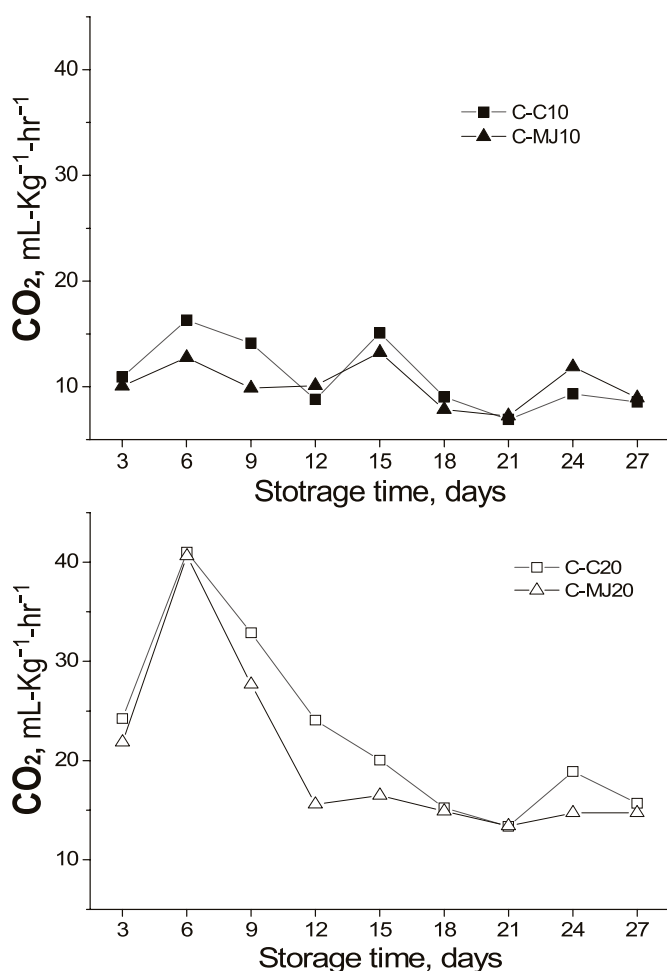


Figura 6. Gráficos de emisiones de CO₂ a) Frutos conservados a 10°C, b) Frutos conservados a 20°C.

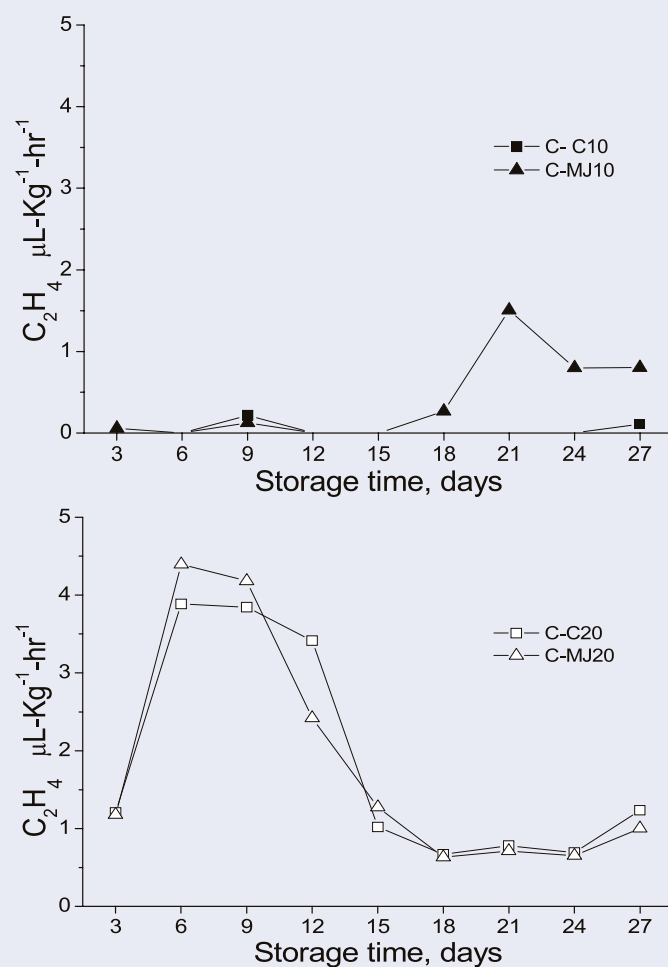


Figura 7. Graficas de Emisión de Etileno(C₂ H₄), a) Frutos conservados a 10°C, b) Frutos conservados a 20°C.

CONCLUSIONES

En el análisis de los gráficos de promedios por grupos encontramos que los efectos de la temperatura son notorios en todas las variables, en ellas se observan comportamientos distintos en los grupos de frutos almacenados a 10°C respecto a los almacenados a 20°C; por ejemplo, en referencia a las variables de rigidez y fuerza máxima los frutos almacenados a 10°C mantuvieron niveles más altos, aunque ambos grupos decayeron manteniendo diferencias constantes de nivel; en las tasas de emisión de dióxido de carbono y etileno el comportamiento es contrario, se observaron niveles más altos de ambas tasas en los frutos almacenados a 20°. En cuanto al color, los frutos almacenados a 20°C cambiaron más rápidamente hacia los niveles de 1.00 en el índice a*/b* y los grupos almacenados a 10°C mantuvieron un incremento mínimo.

Los efectos del tratamiento MJ son poco notorios en los gráficos de promedios, sin embargo en algunas variables se presentaron comportamientos que pueden

revelar efectos del tratamiento. Tal es el caso de la tasa de emisión de dióxido de carbono, en donde los frutos tratados con MJ se mantuvieron a niveles inferiores o semejantes a los no tratados (control). En la emisión de etileno, los frutos tratados con MJ y almacenados a 10°C incrementaron su producción promedio después del día 15, sin embargo en los frutos almacenados a 20°C no sucedió lo mismo. Situación semejante se observa en el comportamiento del índice de color (a*/b*), en donde en los grupos almacenados a 10°C los tratados con MJ mantuvieron niveles inferiores respecto a los no tratados, sin embargo, en los frutos almacenados a 20°C no mostraron lo mismo. En el caso del coeficiente de rigidez se observa diferencias ligeras de los frutos tratados respecto a los no tratados. En todos los casos, el análisis de varianza (ANOVA) determinará si la evidencia recogida en los datos experimentales es estadísticamente suficiente para apoyar las observaciones anteriormente hechas.

Los resultados de los ANOVA (Tabla 1) describen en forma estadística que los efectos del tratamiento MJ mostró un débil impacto sobre las variables de respuesta de los diseños experimentales. Sin embargo, el principal efecto puede observarse sobre la tasa de emisión de dióxido de carbono (CO₂) con una confianza máxima del 92%, con el máximo de confianza del 85% sobre la rigidez (destruictiva), con el máximo de confianza de 68% sobre la emisión de etileno, sobre el coeficiente de rigidez con una confianza máxima de 55%, después con el 48% sobre la fuerza máxima de penetración y 36% sobre el índice de color a*/b*. De lo anterior, podemos apuntar que los efectos mayores se verificaron sobre las variables de tasa de emisión de dióxido de carbono y rigidez sin ser significativos al 95% de confianza. El efecto de la temperatura y del tiempo así como la interacción de ambos factores es indiscutible sobre las variables relacionadas con la maduración del fruto de tomate. Lo anterior es observable en los gráficos de comportamientos medios analizados en el capítulo anterior y apoyado por el Anova para todas las variables (Rigidez, F máxima, Color, emisión de etileno, emisión de CO₂ y Coeficiente de rigidez) (8).



Tabla 1. Resumen de resultados del Análisis de varianza (ANOVA) para Rigidez, Máxima, Coeficiente de Rigidez, Color (a/b), Emisión de Etileno y Emisión de Dióxido de carbono. Los valores en cada celda corresponde al valor de P.

Fuente de variación	Análisis de Experimentos Repetidos (combinado)		Análisis de Mediciones Repetidas			
	Rigidez	Fuerza Máxima	Coeficiente de Rigidez	Color (a/b)	Emisión de Dióxido de carbono (CO ₂)	Emisión de Etileno (C ₂ H ₄)
Tratamiento (Methyl jasmonato)	D 0.149	0.614	0.457	0.046	C 0.079	0.318
Temperatura	A 0.000	A 0.000	A 0.004	A 0.000	A 0.000	A 0.000
Tratamiento x Temperatura	0.949	0.348	0.769	0.423	0.291	0.222
Tiempo	A 0.000	A 0.000	A 0.000	A 0.000	A 0.000	A 0.04
Tratamiento x Tiempo	0.147	0.118	0.271	0.349	0.367	0.56
Temperatura x Tiempo	A 0.002	A 0.000	A 0.000	A 0.000	A 0.000	A 0.018
Tratamiento x Temperatura x Tiempo	C 0.09	0.303	0.414	0.259	0.271	0.544

Nomenclatura:
 A Cambio significativo con el nivel de significancia de 1% (α=0.01) o nivel de confianza del 99%
 B Cambio significativo con el nivel de significancia de 5% (α=0.05) o nivel de confianza del 95%
 C Cambio significativo con el nivel de significancia de 10% (α=0.10) o nivel de confianza del 90%
 D Cambio significativo con el nivel de significancia de 15% (α=0.15) o nivel de confianza del 85%

BIBLIOGRAFÍA

- Baltazar H. A., Espina_Lucero J., Ramos-Torres I. Gonzalez-Aguilar G. "Effect of Methyl jasmonate on properties of intact tomato fruit monitored with destructive and nondestructive tests". Journal of Food Engineering (80) 1086-1095. (2007)
- Budde C.O., Polenta G., Pagani A., Gabilondo J., Fussi M. y Murria R., 2005. "High Temperatures stress and exogenous applications of Methyljasmonate on Peaches". ISHS Acta Horticulturae 682.
- Ding C.K, Wang C.Y, Gross K.C, Smith D.L., 2002, "Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related-protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit". Planta. 2002 Apr;214(6):895-901.
- García H.S., Herrera M.R. y De la Cruz J., 2003. "Application of Methyl jasmonate on postharvest physiology and chilling injury of manila Mangoes". Instituto Tecnológico de Veracruz. IFT annual Meeting-chicago.
- González-Aguilar, G.A., Buta J.G., Wang C.Y., 2003. "Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya 'Sunrise'". Postharvest Biol. Technol. 28, 3619-370.
- González-Aguilar, G.A., Tiznado Hernández, M.E. and C.Y. Wang, 2006. "Physiological and Biochemical responses of horticultural products to methyl jasmonate". Stewart Postharvest Review. ISSN:1945-9656. 1(1):1-10.
- Jackman L. R., Gibson J. H, Stanley w. D., 1992. "Effects of chilling on tomato fruit Texture". Physiologia Plantarum. . (86): 600-608.
- Ramos-Torres I. "Análisis estadístico de mediciones repetidas para determinar el efecto de tratamientos alternativos de post-cosecha en el almacenamiento del fruto de tomate". Tesis maestría. Instituto Tecnológico de Hermosillo. (2006).
- Wang C.Y., 2001, "Improving storage quality of Blueberries with Methyl jasmonate". Postharvest International Symposium proceedings.
- Wang, C.Y., Axen E.; Harmeyer J. y Wikvall K., 1998. " Methyl jasmonate inhibits postharvest sprouting and improves storage quality of radishes". Postharvest Biology and Technology, Volume 14, Number 2, October 1998, pp. 179-183(5).



ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE EXTRACTOS DE PROPÓLEOS EN AISLADOS CLÍNICOS DE *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus faecalis*

RAMÓN EFRAÍN LUGO SEPÚLVEDA, MARÍA DEL CARMEN GARCÍA MORAGA, MOISÉS NAVARRO NAVARRO, CARLOS ARTURO VELÁZQUEZ CONTRERAS, RAMÓN ENRIQUE ROBLES ZEPEDA

El propóleo es una sustancia resinosa recolectada por las abejas (Apis mellifera) de las secreciones de diversas plantas. Está formado por una mezcla de compuestos y presenta diversa actividad biológica, entre la que se incluye la actividad antibacteriana. Con el fin de determinar el potencial antimicrobiano de una muestra de propóleo recolectada de la región de El Arenoso, Sonora, en el presente trabajo se evaluó la actividad antibacteriana del extracto metanólico del propóleo (EMP), y sus fracciones hexánica, clorofórmica y metanólica residual, frente a aislamientos clínicos de Staphylococcus aureus y Enterococcus faecalis. El EMP mostró una mínima concentración inhibitoria (MCI) entre 200.0 y 400.0mg/L frente a S. aureus y de 400.0mg/L para E. faecalis. La fracción clorofórmica (FC) presentó la más alta actividad frente a S. aureus (MCI 200.0mg/L) y moderada frente a E. faecalis (MCI 400 mg/L). El EM y su FC de la región El Arenoso, Sonora presentan actividad antibacteriana contra aislados clínicos de S. aureus y E. faecalis. Debido a su actividad antibacteriana, el EMP de la región de El Arenoso, Sonora, podría ser utilizado en diversos procesos con el fin de controlar el desarrollo bacteriano.

M.C. RAMÓN EFRAÍN LUGO SEPÚLVEDA
Correo: rluco@caborca.uson.mx

M.C. MARÍA DEL CARMEN GARCÍA MORAGA
Correo: macagamo@caborca.uson.mx

*Universidad de Sonora, Unidad Regional Norte.
Departamento de Ciencias Químico Biológicas y Agropecuarias.

M.C. MOISÉS NAVARRO NAVARRO

Correo: moisesn@guayacan.uson.mx

DR. CARLOS ARTURO VELÁZQUEZ CONTRERAS

Correo: velaz@guayacan.uson.mx

DR. RAMÓN ENRIQUE ROBLES ZEPEDA

Correo: rrobles@guayacan.uson.mx

**Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro.
Departamento de Ciencias Químico Biológicas.

*Autor para correspondencia: M.C. Ramón Efraín Lugo Sepúlveda

Correo electrónico: rluco@caborca.uson.mx

Recibido: 22 de agosto de 2012

Aceptado: 2 de noviembre de 2012



INTRODUCCIÓN

El propóleo es un producto natural resinoso elaborado por las abejas obreras de la especie *Apis mellifera* a partir de los exudados de las cortezas y diversos tejidos de ciertas plantas. Una vez colectado, el material es enriquecido con secreciones salivales y enzimáticas. Las abejas lo utilizan para la construcción y mantenimiento de la colmena. Sin embargo, el propóleo también es utilizado como un "arma química" en contra de los microorganismos patógenos (3). Los propóleos poseen un amplio espectro de actividades biológicas tales como: antibacterianas, antifúngicas, antivirales, antiinflamatorias, antioxidantes y antitumorales (10). El propóleo está constituido por un alto número de compuestos químicos, a la fecha se han identificado más de 300 constituyentes diferentes, tales como polifenoles (flavonoides, ácidos fenólicos y sus ésteres, aldehídos, alcoholes y cetonas fenólicas), terpenoides, esteroides, aminoácidos, y compuestos inorgánicos (1). Sin embargo, la composición de esta sustancia es altamente variable y dependiente de la vegetación, la estación del año y el clima de la región de procedencia.

En los últimos años se han realizado innumerables investigaciones sobre los propóleos y sus potenciales beneficios para la salud humana, siendo los propóleos de Europa, América del Sur y Asia (países de zonas templadas y tropicales) los más estudiados (9). Mientras que existe un número limitado de investigaciones sobre los propóleos de regiones áridas y semiáridas del continente americano (norte y centro).

Dentro de estos estudios se ha evaluado la actividad antibacteriana de propóleos sonorenses de las regiones de Ures, Caborca y Pueblo de Álamos, los cuales conciernen a zonas áridas y demostraron poseer dicha actividad (10). Cabe destacar que la mayoría de los estudios sobre las propiedades antibacterianas de los propóleos, se han llevado a cabo frente a cepas microbianas de colección y un número restringido sobre aislados clínicos. *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus faecalis* son especies causantes de diversas infecciones, algunas leves, otras graves, en pacientes hospitalizados generalmente relacionadas con multirresistencia a los antibióticos (4). Por lo anterior, en el presente estudio se evaluó la actividad antibacteriana del extracto metanólico del propóleo de la región El Arenoso, Sonora, y sus fracciones hexánica, clorofórmica y

metanólica residual frente a *S. aureus* y *E. faecalis* aislados de procesos infecciosos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Propóleos

El propóleo se colectó durante el mes de agosto de 2011 a partir de cajas apícolas de la región "El arenoso", (30° 43' 35.64" N; 112° 06' 42.07" W, y una altitud de 298m sobre el nivel del mar), perteneciente al municipio de Caborca, Sonora. La muestra fue obtenida por el método de raspado y posteriormente almacenada en un envase de polietileno a 8°C protegiéndose de la luz, hasta su uso.

Extracto metanólico (EM)

Para obtener el extracto metanólico de propóleos se utilizó el método recomendado por Velázquez y colaboradores (10). A la muestra de propóleos, previamente molida, se le adicionó 500 mL de metanol, se mantuvo en agitación por 24 h en un agitador magnético. La mezcla se filtró sobre tela de algodón, y posteriormente sobre papel se filtró tres veces. El filtrado se colocó en un embudo de decantación añadiéndose 180 mL de hexano, se agitó manualmente por 15 min dejándose reposar hasta la separación de las dos fases, las que se decantaron para obtener el extracto metanólico y el hexánico. El filtrado metanólico se concentró en un rotavapor bajo presión reducida a 40°C

y 100 rpm. Posteriormente se secó al alto vacío (1X10⁻⁴ mmHg).

Fracciones del EM

Se evaporó el filtrado hexánico y se obtuvieron 1,54 g de la fracción hexánica (FH). Para la fracción clorofórmica (FC), 52,89 g del EM se trató con 150 mL de cloroformo y se agitó por 3 h. Se empleó la misma metodología que el EM (10) y se obtuvo 46,42 g de la FC. La parte insoluble en cloroformo se trató con 20 mL de metanol y se puso en agitación durante 3 h, bajo la misma metodología del EM, se obtuvo 1,10g de la fracción metanólica residual (FMR).

Soluciones de trabajo

Una alícuota de 45 mg, se llevó a un volumen final de 1 mL con dimetil sulfóxido (DMSO) estéril, (concentración



final 45.000 mg/L) (10). A partir de estas soluciones concentradas, se realizaron diluciones en Caldo Mueller Hinton (CMH) (BBL™), obteniendo soluciones de trabajo de 400.0, 200.0, 100.0, 50.0 y 0.0 mg/L.

Cepas y aislados bacterianos

Las bacterias utilizadas en el presente estudio fueron: *S. aureus* (ATCC 6538P), donada por el cepario del Departamento de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad de Sonora (Unidad Centro), y los aislados clínicos *S. aureus* 157, *E. faecalis* 132 y 531 cultivados de muestras clínicas y fueron donadas por el Laboratorio Clínico del Centro Médico Dr. Ignacio Chávez, en Hermosillo, Sonora. Los aislados clínicos son resistentes a más de un antibiótico (Tabla 1). Los microorganismos se mantuvieron en agar soya tripticaseína (BBL™) realizando subcultivos, hasta su uso.

Tabla 1. Características de los microorganismos ensayados.

Microorganismos	Origen	Resistencia
<i>S. aureus</i> ATCC6538P	Colección	
<i>S. aureus</i> 157	Cultivo vaginal	Be [‡] , Am [*] , E [†] , Cl [†]
<i>E. faecalis</i> 132	Cultivo vaginal	E [†] , Cl [†] , Qu/D ^{**}
<i>E. faecalis</i> 531	Urocultivo	Be [‡] , Am [*] , Cl [†] , Qu/D ^{**} , Te ^{**}

[‡] Bencilpenicilina, ^{*} Ampicilina, Eritromicina, [†] Clindamicina, ^{**} Quinupristina/Dalfopristina y ^{**} Tetraciclina.

Inóculo bacteriano

Se prepararon inóculos bacteriano de cada una de las bacterias ensayadas, previo a un desarrollo, de 12 h en Agar Mueller Hinton (BBL™), en solución salina estéril ajustados a una turbidez de 0.5 en la escala del Nefelómetro de Mcfarland, equivalentes a 10⁸ UFC/mL (10).

Evaluación de la actividad antibacteriana (AA)

La evaluación de la AA se determinó mediante el método de microdilución en caldo recomendado por Velázquez y colaboradores (10). Se depositaron por triplicado 200 µL de cada una de las concentraciones (400.0, 200.0, 100.0 y 50.0 mg/L) del EM y sus fracciones (FC, FH y FMR) en una microplaca de 96 pozos de fondo plano. A un primer conjunto de pozos se le adicionó 15µL del inóculo bacteriano y se preparó otro conjunto sin bacterias. Para el control de desarrollo en ausencia de extractos, se depositaron en tres pozos 200 µL de CMH con la máxima concentración de DMSO al que las bacterias estuvieron expuestas más 15 µL del inóculo bacteriano. Para el control de inhibición del desarrollo, se depositaron en tres pozos, 200 µL de CMH con gentamicina (12 mg/L) más 15 µL de inóculo bacteriano. Una vez finalizada la inoculación, la placa se incubó a 36°C y se leyó la DO a 630nm a las 0.0, 6.0, 12.0, 24.0 y 48.0h. La mínima concentración inhibitoria (MCI) se definió como la menor concentración

de propóleos, o sus fracciones que inhibe al menos el 90% del desarrollo bacteriano después de una incubación a 36°C durante 24h. El porcentaje de inhibición se determinó mediante los siguientes criterios:

$$\frac{(\text{DO bacterias sin tratamiento}) - (\text{DO concentración de prueba})}{\text{DO bacterias sin tratamiento}}$$

Análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos se utilizó estadística descriptiva. Las medias y desviaciones estándar de las lecturas de DO en las curvas de desarrollo se graficaron utilizando el paquete Graph Pad Prism V 5.00.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La muestra de propóleos fue tratada con diferentes solventes con grado creciente de polaridad (metanol, hexano, cloroformo), con el fin de determinar si el propóleos y sus fracciones presentan actividad antibacteriana (AA) sobre bacterias de aislados clínicos. Se evaluaron los efectos de los extractos frente a aislamientos clínicos de las bacterias Gram positivas *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus faecalis* y frente a la cepa de colección *S. aureus* ATCC 6538P. Los resultados de la AA del EMP de la región. El Arenoso y sus fracciones, se reportan en las Figuras 1 y 2. El EM mostró una AA dependiente de la concentración, inhibiendo el crecimiento de *S. aureus* 6538P y *S. aureus* 157, con una MCI de 400.0 mg/L y 200.0 mg/L respectivamente. También presentó AA frente a los aislamientos de *E. faecalis* (132 y 531) (MCI 400.0 mg/L). Datos similares reportan Velázquez y colaboradores (10) de los extractos metanólicos de propóleos del desierto de Sonora en las regiones de Ures, Caborca y Pueblo de Álamos frente a cepas de colección. La FC mostró actividad significativa frente a las cepas de *S. aureus* (ATCC 6538P y 157) (MCI 200.0mg/L) y actividad moderada frente a los aislamientos de *E. faecalis* (MCI 400.0mg/L).

Con base a estos resultados, se observa que tanto el EM como la FC poseen buena AA en la inhibición del crecimiento bacteriano, siendo esta última ligeramente más activa que la primera, como se puede observar en la Tabla 2 y 3, a concentraciones de 200.0 y 50.0mg/L. La FMR mostró solo actividad moderada frente a ambas cepas de *S. aureus* (ATCC 6538P y 157) (CMI 400 mg/L). La pérdida de actividad de esta fracción en comparación con el primer EM, se debe a que los compuestos, disminuyen conforme se extraen con otros solventes en grado creciente de polaridad. Varios investigadores han sugerido que el mecanismo de AA de los propóleos es multifactorial y depende del sinergismo de todos los compuestos y no a la acción que cada uno de ellos ejerce por separado (5). Por ultimo, la FH no mostró actividad significativa sobre el crecimiento de las bacterias ensayadas a ninguna de las concentraciones probadas. Esta ausencia de actividad de la FH se debe a que las sustancias extractables en hexano son, en su totalidad, ceras (6).

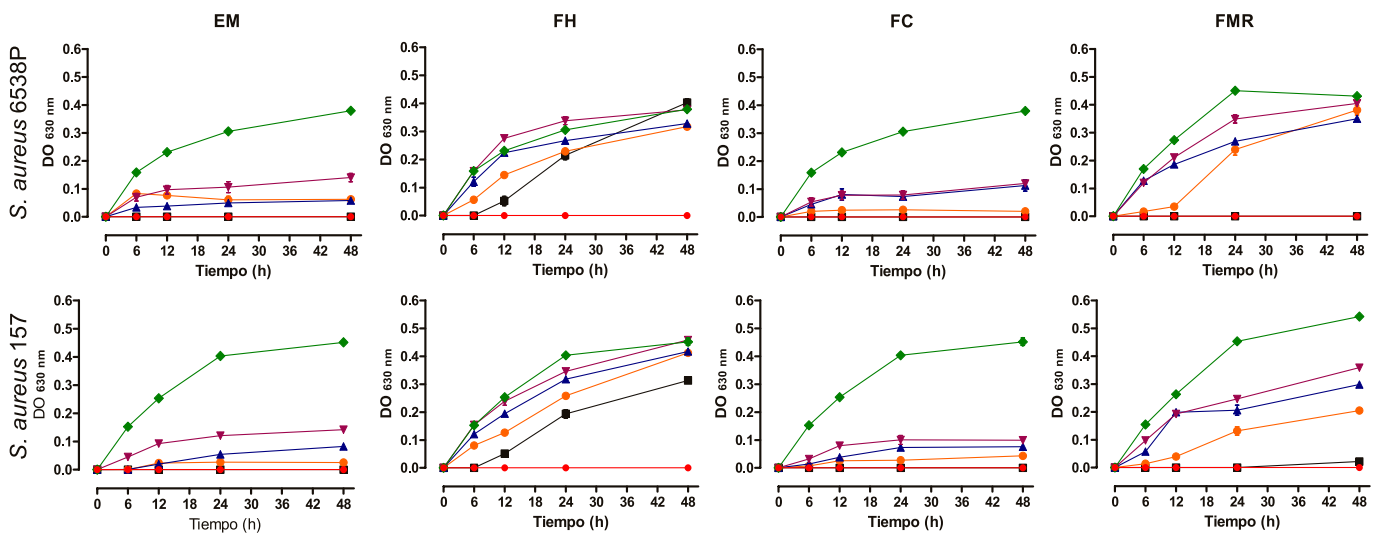


Figura 1. Actividad antibacteriana del extracto metanólico (EM), fracción hexánica (FH), fracción clorofórmica (FC) y fracción metanólica residual (FMR), frente a *S. aureus* ATCC 6538P y *S. aureus* 157 tratados con diferentes dosis durante 48 horas. (■)400.0mg/L, (●)200.0mg/L, (▲)100.0mg/L, (▼)50.0mg/L, (○)0.0mg/L, (■)gentamicina (12.0mg/L). Los resultados son representativos de al menos tres experimentos independientes. Se graficó la media \pm desviación estándar de análisis triplicados.

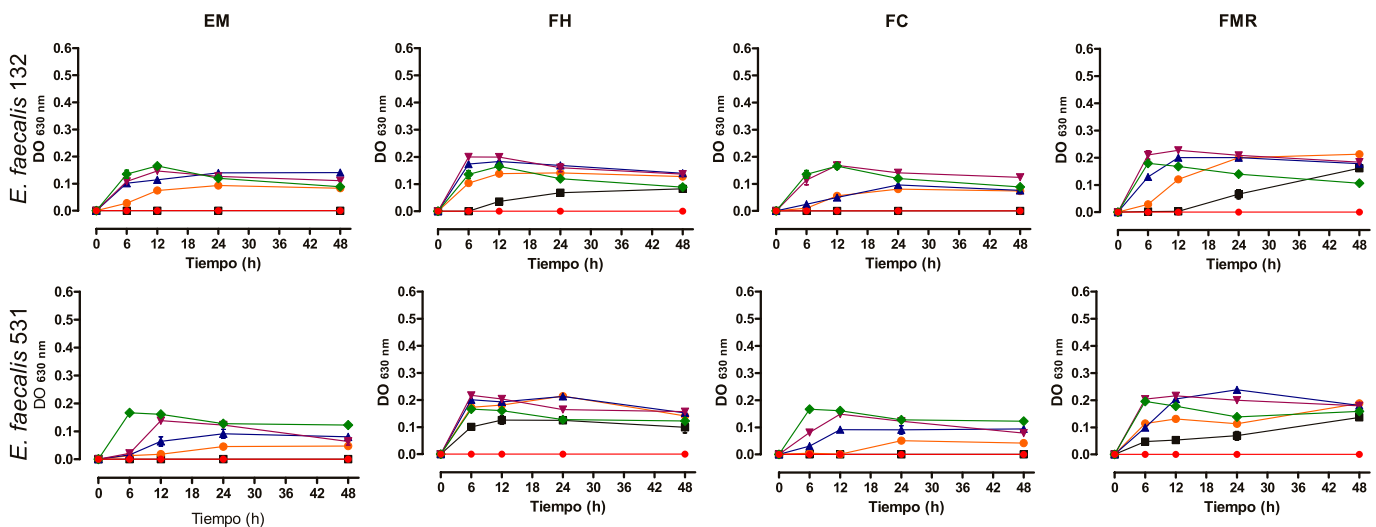
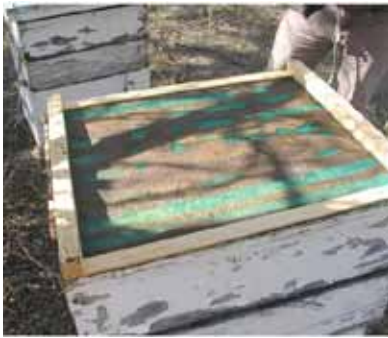


Figura 2. Actividad antibacteriana del extracto metanólico (EM), fracción hexánica (FH), fracción clorofórmica (FC) y fracción metanólica residual (FMR), frente a *E. faecalis* 132 y *E. faecalis* 531 tratados con diferentes dosis durante 48 horas. (■) 400mg/L, (●)200mg/L, (▲)100mg/L, (▼)50mg/L, (○)0.0mg/L, (■)gentamicina (12.0mg/L). Los resultados son representativos de al menos tres experimentos independientes. Se graficó la media \pm desviación estándar de análisis triplicados.

Las diferencias que se observan en la AA de los propóleos de distintas regiones, se debe a la variación cualitativa y cuantitativa en su composición química, además de las distintas metodologías empleadas para evaluar la actividad. En estudios realizados por Uzel⁹ de los propóleos turcos demostraron inhibición del desarrollo de cepas de *S. aureus* de colección a concentraciones de 8.0 a 16.0 mg/L y de 2.0-32.0 mg/L frente a *S. aureus* de origen

clínico. Mientras tanto los propóleos provenientes de Jordania requieren de concentraciones de 585.0-4,690.0 mg/L para inhibir el crecimiento de *S. aureus* de colección y de 4,690.0-18,750.0 mg/L para *S. aureus* de origen clínico.² Samara⁸ reporta concentraciones aún mayores de los propóleos colombianos (MCI 15,390.0-17,030.0 mg/L) para *S. aureus* de colección. Pepeljnjak⁷ en estudios sobre propóleos de Croacia reporta concentraciones de 650.0-



5,680.0 y 2,330.0-9,090.0 mg/L para *S. aureus* y *E. faecalis* de origen clínico, respectivamente. En comparación con los propóleos de las diferentes regiones se observa que el propóleo de la región El Arenoso posee buena AA.

Tabla 2. Porcentaje de Inhibición del desarrollo de las cepas y aislamientos ensayados frente a diferentes concentraciones del EM a las 24 horas de incubación.

CEPA	400mg/L	200mg/L	100mg/L	50mg/L
<i>S. aureus</i> (ATCC 6538P)	100	80	84	65
<i>S. aureus</i> 157	100	93	86,5	70
<i>E. faecalis</i> 132	100	22	0	0
<i>E. faecalis</i> 531	100	64,5	28	4

Tabla 3. Porcentaje de Inhibición del desarrollo de las cepas ensayadas frente a diferentes concentraciones de la FC a las 24 horas de incubación.

CEPA	400mg/L	200mg/L	100mg/L	50mg/L
<i>S. aureus</i> (ATCC 6538P)	100	91,5	76	74
<i>S. aureus</i> 157	100	94	82	75
<i>E. faecalis</i> 132	100	32	20	0
<i>E. faecalis</i> 531	100	60,5	28	4

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que el propóleo de la región El arenoso posee AA contra *S. aureus* y *E. faecalis*. El EM y la FC mostraron mayor AA que las dos fracciones restantes. La FC tuvo una actividad ligeramente más fuerte que el EM. *S. aureus* mostró ser más sensible al EM y la FC que *E. faecalis*. Nuestros resultados aportan conocimientos que permiten caracterizar parcialmente la actividad biológica de propóleos provenientes del Estado de Sonora. Es necesario realizar estudios que permitan conocer la composición química de propóleos de la región de El Arenoso, Sonora y los efectos biológicos de dichos componentes. El propóleo con actividad antibacteriana es un producto natural que puede ser incorporado en

ungüentos o cremas para prevenir o tratar diversas infecciones superficiales en animales y humanos. El conocer la actividad biológica de los propóleos, permite a los apicultores aplicar una plusvalía a un producto secundario de la colmena.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Bankova, V., Castro, S., Marcucci, M. (2000). Propolis: recent advances in chemistry and plant origin. *Apidologie*, 31(1): 3-15.
- 2) Darwish, R., Abu, R., Abu, M., Nazer, I. (2010). Antibacterial effect of Jordanian propolis and isolated flavonoids against human pathogenic bacteria. *African Journal of Biotechnology*, 9(36): 5966-5974.
- 3) Gómez, A., Gómez, G., Arráez, D., Segura, A., Fernández, A. (2006). Advances of phenolic compounds in product derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41(4): 1220-1234.
- 4) Henhood, C.J., Livermoore, D.M., Johnson, A.P., James, D., Warner, M., Gardinar, A. (2000). Susceptibility of Gram-positive cocci from 25 UK hospitals to antimicrobial agents including linezolid. *J Antimicrobial Chemother*, 46:931-940.
- 5) Li, L., Yue, C., Cheng, C. (2003). Antibacterial and DPPH free radical-scavenging activities of the ethanolic extract of propolis collected in Taiwan. *Journal of Food and Drug Analysis*, 11(4): 277-282.
- 6) Palomino, L., Martínez, J., García, C., Gil, J., Durango, D. (2010). Caracterización fisicoquímica y actividad antimicrobiana del propóleo en el municipio de La Unión (Antioquia, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 63(1): 5373-5383.
- 7) Pepeljnjak, S., Kosalec, I. (2004). Galangin expresses bactericidal activity against multiple-resistant bacteria: MRSA, *Enterococcus spp.* and *Pseudomonas aeruginosa*. *FEMS Microbiology Letters*, 240(1): 111-116.
- 8) Samara, N., Benítez, N., Cabezas F. (2011). Actividad antibacteriana y composición cualitativa de propóleos provenientes de dos zonas climáticas del departamento del Cauca. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 9(1): 8-16.
- 9) Uzel, A., Sorkun, K., Öncü, Ö., Çoğulu, D., Gençay, Ö., Sali h. (2005). Chemical compositions and antimicrobial activities of four different Anatolian propolis samples. *Microbiological Research*, 160(2): 189-195.
- 10) Velázquez, C., Navarro, M., Acosta, A., Angulo, A., Domínguez, Z., Robles, R., Robles, Z. R., Lugo, E., Goycoolea, M., Velázquez, F., Astiazaran, H., Hernández, J. (2007). Antibacterial and free-radical scavenging activities of Sonoran propolis. *Journal of Applied Microbiology*, 103(5): 1747-1756.



UNA HERRAMIENTA QUE EMPLEA EL PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL APLICADO A LA EXTRACCIÓN DE CONOCIMIENTO EN CUALQUIER DOMINIO

JOSÉ LUIS OCHOA HERNANDEZ, GERARDO SÁNCHEZ SCHMITZ,
ALONSO PÉREZ SOLTERO, RAFAEL VALENCIA GARCÍA

Actualmente, recuperar información a partir de cualquier medio digital o físico (como las páginas Web, libros, informes o documentos) es una tarea costosa y tediosa, ya que se debe que invertir demasiado tiempo. Aplicar técnicas como el procesamiento del lenguaje natural (PLN) a este tipo de documentos se vuelve esencial, ya que todos ellos están orientados al consumo humano y no al computacional. Las pérdidas que actualmente pueden dejar la falta de extracción, manipulación y explotación de conocimiento válido en las empresas, centros de investigación, universidades, laboratorios tecnológicos, etcétera, es incalculable. Por esa razón se presenta una herramienta que extrae el conocimiento de forma automática y multidominio, principalmente de textos escritos en lenguaje natural y en español. Esta herramienta emplea una metodología basada en el Ontology Learning para adquirir conocimiento, utilizando algunas de las técnicas más representativas del PLN adaptadas al español. La herramienta se centra en recuperar conocimiento implícito empleando para ello, la identificación de 4 tipos de relaciones entre conceptos: las relaciones taxonómicas, no taxonómicas, partonómicas y del tipo subClassOf. Las tres primeras se basan en identificar los roles semánticos definidos en la base de datos de verbos ADDESE (Alternancias de Diátesis y Esquemas Sintáctico-Semánticos del Español) y la última en la jerarquía de clases y propiedades de la ontología, con el objetivo de generar una ontología para su explotación.

DR. JOSÉ LUIS OCHOA HERNÁNDEZ
Correo: joseluis.ochoa@industrial.uson.mx
M.C. GUZMAN GERARDO A. SÁNCHEZ SCHMITZ
Correo: gsanchez@industrial.uson.mx
DR. ALONSO PÉREZ SOLTERO
Correo: aperez}@industrial.uson.mx

Académicos del Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora
DR. RAFAEL VALENCIA GARCÍA
Correo: valencia@um.es
Facultad de Informática, Universidad de Murcia

*Autor para correspondencia: Dr. José Luis Ochoa Hernández
Correo electrónico: joseluis.ochoa@industrial.uson.mx
Recibido: 20 de septiembre de 2012
Aceptado: 3 de noviembre de 2012

INTRODUCCIÓN

El Procesamiento del Lenguaje Natural es una subrama de la Inteligencia Artificial y de la Lingüística. Tiene como fin construir sistemas y mecanismos que permitan la comunicación entre personas y máquinas por medio de lenguajes naturales ya sea por medio de la voz o del texto, permitiendo que esa comunicación sea lo más eficaz posible (1).

Con la llegada de las computadoras es posible procesar una gran cantidad de conocimiento, y si esto lo enfocamos al manejo eficiente de la información, aplicado a los recursos naturales, industriales y humanos se obtendrá un gran beneficio. Como es lógico, no solo basta con procesar el conocimiento, también hay que almacenarlo para poder explotarlo, para ello, existen las 'ontologías' que son una estructura de representación del conocimiento que permite utilizarlo de forma útil y eficiente. El investigador Gruber define ontología como *a formal explicit specification of a shared conceptualization*. Dicho de otra forma, una ontología es una jerarquía de conceptos con atributos y relaciones que define una terminología consensuada para definir redes semánticas de unidades de información interrelacionadas.

Las ontologías son actualmente aplicadas en varios sectores, como el financiero, educacional, etcétera., sin embargo, la *Web Semántica* es su mayor aplicación, destaca por la forma en que la información es estructurada, ya que permite obtener resultados más exactos, por ejemplo, si se consulta en un buscador: *Quiero un vuelo a Cancún por la mañana, para el día 15 de Agosto y que no me cueste más de 1500 pesos*, los resultados serían exactamente los que estamos pidiendo.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Como hemos dicho anteriormente, la tendencia se encuentra en mejorar de forma notoria la Web, sin embargo, esta no es lo único que necesita actualización. El conocimiento existente en las empresas o en los centros de investigación, en las universidades o laboratorios tecnológicos, etcétera, que se está dejando de explotar por falta de recursos, sean estos de personal, económicos o tecnológicos, es alto, por esa razón se presenta una herramienta que extrae el conocimiento de forma automática y multidominio, principalmente de textos escritos en lenguaje natural y en español, por ejemplo, Leyes, reglamentos, manuales, informes, reportes, quejas, libros, etcétera.

METODOLOGÍA, BASE DE LA HERRAMIENTA

Esta metodología está formada por cuatro módulos principales: 1) módulo de extracción de conceptos; 2) módulo de aprendizaje automático de patrones; 3) módulo de extracción de relaciones; y 4) módulo de creación de la ontología.

1. MÓDULO DE EXTRACCIÓN DE CONCEPTOS

Formado por 4 etapas principales:

Fase de PLN, de patrones lingüísticos, de extracción de conceptos compuestos y la de extracción de conceptos simples.

1.1 Fase de PLN

El objetivo principal de esta fase es el análisis del texto de forma lingüística. Para ello, se ha empleado una herramienta de análisis del lenguaje natural llamada *FreeLing 2.2* (6). Cuyas funcionalidades básicas son las siguientes:

Tokenizador, Divisor de oraciones, Etiquetado gramatical, Lematizador, Reconocedor de Entidades Nombradas.

El proceso es el siguiente (ver figura 1).

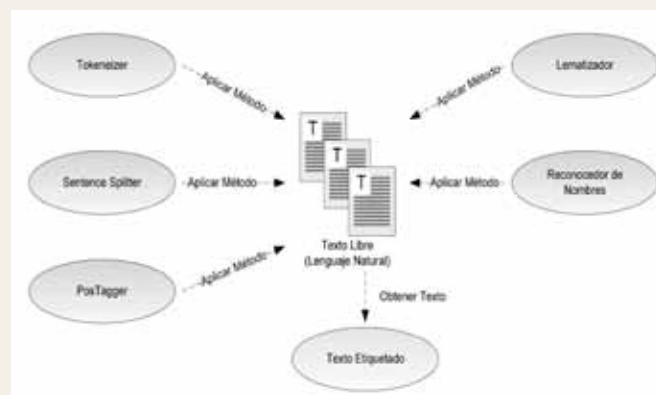


Figura 1. Muestra de procesos de la herramienta de etiquetado del lenguaje *FreeLing*.

Por ejemplo, al procesar la frase:

Tabla 1. Texto de ejemplo en Lenguaje Natural.

El procedimiento para designar al nuevo Rector es establecido en el presente estatuto.

Se obtiene el resultado:

Tabla 2. Texto etiquetado por *FreeLing*.

el-el-DA0MS0 procedimiento-procedimiento- NCMS000 para-para-SPS00 designar-designar-VMN0000 a-a-SPS00 el-el-DA0MS0 nuevo-nuevo-AQ0MS0 rector-rector-NCMS000	es-ser-VSIP3S0 establecido-establecer- VMP00SM en-en-SPS00 el-el-DA0MS0 presente-presente-AQ0CS0 estatuto-estatuto-NCMS000
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Donde: el primer elemento es la palabra en su forma normal, el segundo elemento es la palabra en su forma lematizada y el tercer elemento es la etiqueta morfológica.

1.2 Fase de patrones lingüísticos

Una de las formas de extraer conocimiento es la basada en la formación de patrones lingüísticos. Para ello, existen básicamente tres métodos: la extracción lingüística, la estadística y la híbrida. En esta investigación se ha implementado una metodología híbrida combinando lo mejor de la información lingüística y de la estadística. Esta metodología extrae aquellos términos formados por una sola palabra *términos simples*, como los formados por más de una palabra *términos compuestos*.

Lo patrones lingüísticos pueden ser obtenidos de diversas formas: 1) A partir de términos válidos ya definidos; 2) que sean identificados a partir de un texto previamente etiquetado; 3) empleando métodos informáticos basados en la estadística y/o heurística; o bien 4) que sean proporcionados por un experto lingüista dependiendo de nuestras necesidades.

1.2.1 Módulo de Aprendizaje Automático de Patrones

Para que el sistema adquiriera los patrones de forma automática, es necesario introducir un listado de patrones guía, con los cuales el sistema identificará los mejores patrones existentes en el corpus, un ejemplo se ve en la Tabla 3.

Tabla 3. Ejemplo de patrones guía.

Longitud del término	Estructura Morfosintáctica
2	xx·xx
3	xx·xx·xxx
4	xxxx·xx·xxx·xx

Los patrones guía representan la longitud de los términos que deseamos recuperar y la especialización de cada palabra incluida en el término, es decir, en la Tabla 3 se pueden ver tres filas, donde se representa la longitud del término, (patrones guía que contengan términos formados por 2, 3 o 4 palabras) y la estructura morfosintáctica (formada por un conjunto de 'x' separadas por un punto "."). Cada 'x' representa un nivel de especialización, definido en las etiquetas *Eagles*. Cada etiqueta puede representar hasta 8 niveles de especialización.

Dependiendo de la especificación del dominio o aplicación, se pueden ajustar el número de 'x', es decir, si deseamos recuperar conceptos muy específicos, tenemos que definir, 3 o más 'x'. Para conceptos más genéricos o simples, con 1 o 2 'x' es suficiente.

El algoritmo emplea un conjunto de análisis

estadísticos y heurísticos para definir los mejores patrones que recuperarán los conceptos (5). Este algoritmo es configurable, ya que es posible elegir la longitud, el nivel de especialización y la filtración de algunos elementos morfosintácticos que no sean necesarios, ya sea al principio, al medio o al final de cada patrón. Esta característica permite realizar una mejor selección, eliminando todos aquellos patrones que no sean de importancia. Un ejemplo se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Patrones lingüísticos

Patrones Lingüísticos	Descripción	Términos
NC + A + A	Nombre Común + Adjetivo + Adjetivo	Secretario General Académico
NC + AQ	N. Común + Adjetivo Calificativo	Contrato Colectivo
NC + SP + NC + A	N. Común + Preposición + N. Común + Adjetivo	Institución de Educación Superior
NC + SP + NP	N. Común + Preposición + N. Propio	Programa de Doctorado
NC+A+SP+ NC+SP+NC	N. Común + Adjetivo + Preposición + N. Común + Preposición + N. Común	Título Profesional a Nivel de Licenciatura

1.3 Fase de extracción de conceptos compuestos

1.3.1 C-Value / NC-Value

Uno de los métodos más extendidos para el reconocimiento de términos compuestos, se presenta en (2). Este método contiene dos fases: la primera, el método *C-value*, que realiza una extracción de términos compuestos a partir de un conjunto de patrones lingüísticos definidos, y la segunda, el método *NC-value*, que incorpora información de contexto al método *C-value* para perfeccionar la extracción de términos compuestos.

Tabla 5. Ejemplo del valor C-value obtenido para algunos términos del dominio universitario.

C-Value	Term
162.00	<i>dirección de servicio escolar</i>
156.91	<i>plan de estudio</i>
134.00	<i>personal académico</i>
112.53	<i>jefe de departamento</i>

La segunda fase de este algoritmo es el método *NC-value*. Este método, necesita palabras de contexto y un *Factor de ponderación de contexto*, que mide la probabilidad de que una palabra de contexto aparezca con un término específico.

Para incorporar la información de contexto, es decir, las palabras que están alrededor (a la izquierda y derecha) es necesario identificar los verbos, adjetivos y nombres, ya que Grefenstette dice que existe una mayor probabilidad de encontrarlos alrededor de un término.

Por ejemplo, para el candidato a concepto *plan de estudio* muestran algunas palabras de contexto con el número de veces que aparecen con el término y su factor de ponderación (Tabla 6):

Tabla 6. Palabras de contexto de un término.

T(w)	weight (w)	palabra de contexto
1.0	0.003623	Docencia
12.0	0.043478	Programa
15.0	0.054347	Asignatura
5.0	0.018115	Nivel
2.0	0.007246	Conclusión
4.0	0.014492	Posgrado

Una vez obtenido este factor de ponderación para cada palabra de contexto, se unifican esos valores. Con estos valores se aplica la ecuación final (1), dando lugar al valor *NC-value*.

$$NC - value(a) = 0.8 * C - value(a) + 0.2 * \sum_{b \in C_a} f_a(b) weight(b)$$

Donde:

a es el término candidato

C_a es el conjunto de palabras de contexto de a

B_a es una palabra de C_a

$f_a(b)$ es la frecuencia de b como palabra de contexto de a .

$weight(b)$ es el peso de b como palabra de contexto

En la Figura 2 se presenta de forma gráfica el proceso seguido:

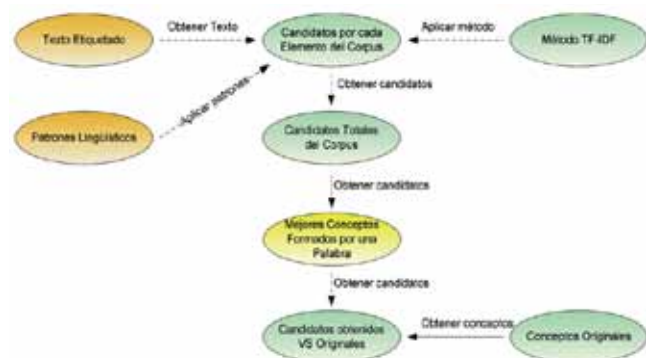


Figura 2. Extracción de conceptos compuestos.

1.4 Fase de extracción de conceptos simples

1.4.1 Tf-Idf

El método TF-IDF fue presentado por Gerard Salton, aplicado para obtener los mejores candidatos a conceptos simples. Este valor es muy frecuente en los procesos de recuperación de la información y minería de textos. Representa una medida estadística para evaluar la importancia de una palabra, en un documento dentro de un corpus. La importancia se incrementa proporcionalmente debido al número de veces que una palabra aparece en el documento, pero se compensa con la frecuencia de la palabra contenida en la totalidad del corpus. ecuación (2):

$$(tf - idf)_{i,j} = tf_{i,j} \times idf_i$$

Donde: $tf_{i,j}$ representa la *frecuencia del término* (dando importancia al término t_i en el documento d_j) e idf_i , que representa la *frecuencia del documento inversa*, (lo importante que es la palabra en todo el corpus).

En la figura 3 se muestra el proceso para extraer los mejores términos simples de forma gráfica:

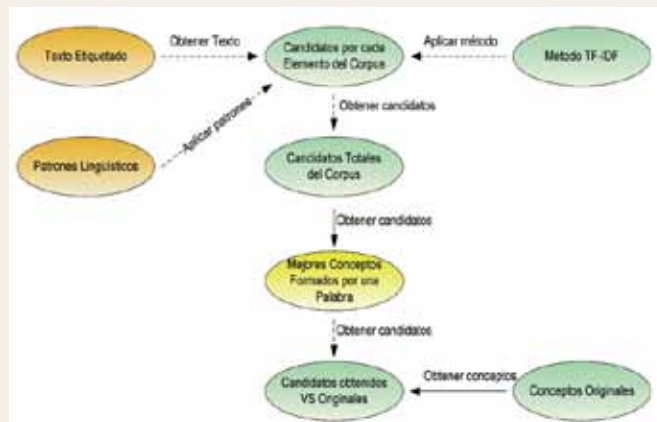


Figura 3. Extracción de Conceptos formados por una sola palabra.

2. MÓDULO DE EXTRACCIÓN DE RELACIONES

En los textos escritos en lenguaje natural, las relaciones entre conceptos suelen estar asociadas a los verbos (9). Por esa razón, una vez que los conceptos han sido identificados es necesario identificar las relaciones semánticas entre conceptos. Nuestro trabajo se basa en el uso de roles semánticos para identificarlas.

Un rol semántico se define como la relación entre un componente sintáctico y su predicado (4) y (5). Actualmente, el conjunto de roles semánticos mayormente utilizados son los desarrollados en el proyecto *the Proposition Bank* (7) el cual se desarrolló específicamente para el inglés.

En nuestro caso, es necesario emplear un conjunto de roles semánticos en español, implementando para ello la Base de Datos Sintáctica en Español ADESSE (3), la

cual contiene información sintáctico-semántica sobre los verbos.

En la Figura 4 se muestra un ejemplo del rol semántico SUSTITUCIÓN que se puede expresar a través de los verbos *sustituir*, *reemplazar*, *relevar* o *suplir* que integran el rol semántico.

```
<predicate lemma="sustituir">
<roleset id="sustitución">
<roles>
<role n="0" descr="holder"/>
<role n="1" descr="sustituir"/>
</roles>
</roleset>
```

El [0rector] es sustituido por el [1Secretario General Académico].

Figura 4. Un ejemplo del verbo disminuir en ADESSE.

Este módulo se compone de un conjunto de fases secuenciales (Figura 5), Fase de Identificación de elementos y la Fase de Identificación de Relaciones. A continuación, se explica cada fase.

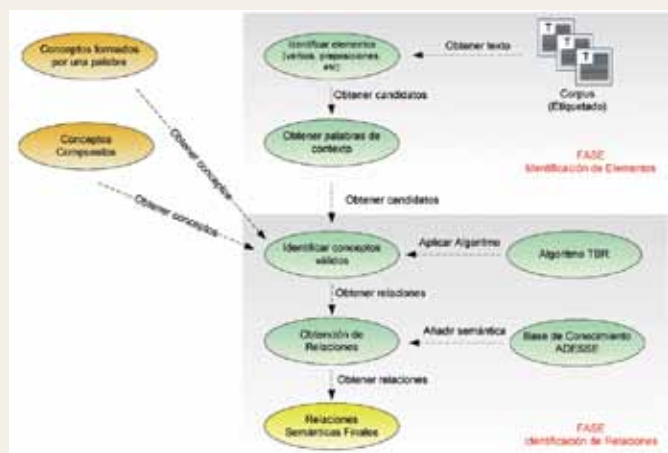


Figura 5. Representación gráfica del proceso de Extracción de Relaciones.

2.1 Fase de Identificación de elementos

Se comienza con la localización de todos aquellos elementos principales de las relaciones: para las relaciones no taxonómicas se buscan los verbos principales, para las relaciones taxonómicas, se busca la unión del verbo "ser" en tercera persona "es" con un determinante "un o una"; para las relaciones partonómicas se busca la unión de preposiciones y artículos "de la o de el" etcétera., que se encuentran en todo el corpus. Después, el sistema recupera un número configurable de palabras a la izquierda y a la derecha del elemento, con el objetivo de identificar algún concepto ya definido (Tabla 7).

Tabla 7. Ejemplo de relación no taxonómica.

...y difundir las convocatorias de movilidad estudiantil.** proporcionadas proporcionar **.por la dirección de movilidad, intercambio y...

2.2 Fase de Identificación de Relaciones

Con los conceptos identificados se crea una relación candidata. Dependiendo de las palabras y de la longitud de los patrones que se hayan elegido, se obtendrán pocas o una gran cantidad de relaciones candidatas. Para los casos en los que exista más de un concepto a la izquierda o derecha del elemento, se obtendrán los conceptos más cercanos al verbo. Además, los conceptos compuestos tendrán prioridad sobre los conceptos simples. Del ejemplo anterior, se obtienen las relaciones candidatas en la Tabla 8.

Tabla 8. Relaciones candidatas obtenidas a partir de los conceptos identificados.

CONCEPTOS IDENTIFICADOS IZQUIERDA	VERBO	CONCEPTOS IDENTIFICADOS DERECHA
movilidad estudiantil	proporcionar	Dirección
convocatorias		Movilidad
movilidad		Intercambio
estudiantil		dirección de movilidad

Para identificar una relación válida pueden existir dos casos: 1) que solo exista un concepto sencillo en ambos lados del elemento, 2) que exista una combinación de conceptos (sencillos y compuestos) en cada lado. Para ello, seguiremos el algoritmo creado para este fin, llamado TBR (*TheBestRelation*) (Figura 6):

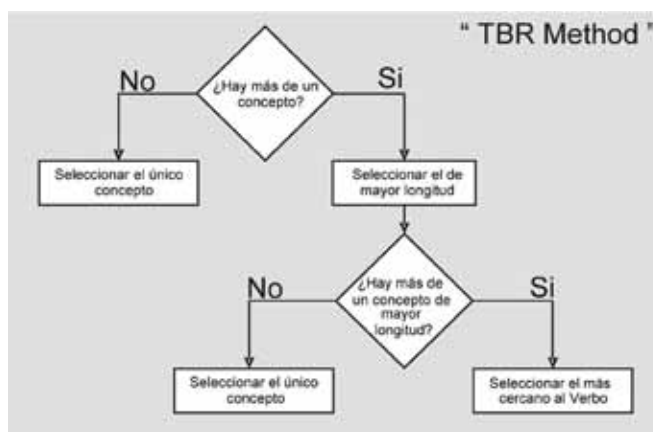


Figura 6. Algoritmo de selección de relaciones TBR.

En la Figura 9, se muestra una gráfica donde aprecia el conocimiento extraído por cada una de las fases principales de la herramienta, donde resalta el 81.73% de las relaciones subclassOf y el 78.57% de las relaciones taxonómicas. Los demás promedios son bajos, debido a que la mayoría de los conceptos están representados por un patrón muy específico y a lo largo del corpus se repite pocas veces, por lo tanto, el módulo de aprendizaje de patrones no los reconoce como importantes. En la última columna de la gráfica se aprecia un promedio final de adquisición de conocimiento del 65.73% que no es tan bajo para la complejidad que representó este dominio.

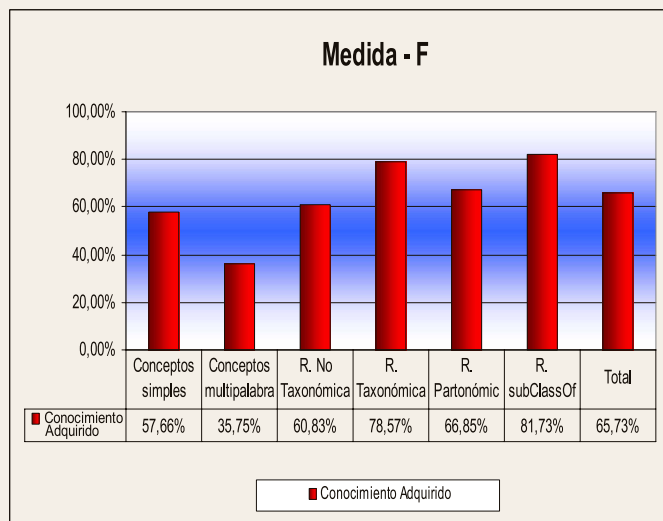


Figura 9. Evaluación de los resultados para el dominio Universitario.

CONCLUSIONES

Se ha presentado en este artículo una herramienta que emplea la metodología de *Ontology Learning* para adquirir conocimiento a partir de textos escritos en lenguaje natural y en español, para ello se han utilizando algunas de las técnicas más representativas del PLN adaptadas al español. Esta herramienta se centra en recuperar conocimiento implícito empleando para ello, la identificación de 4 tipos de relaciones entre conceptos: las relaciones taxonómicas, no taxonómicas, partonómicas y del tipo subclassOf, las tres primeras se basan en identificar los roles semánticos definidos en la base de datos semántica ADDESE y la última en la jerarquía de clases y propiedades de la ontología.

Una importante novedad es que con la metodología de aprendizaje de patrones se proporciona la facilidad de aplicarse a cualquier dominio y lenguaje, ya que si reemplazamos las herramientas específicas para el lenguaje español con las de cualquier otro lenguaje, podemos obtener resultados similares a los obtenidos en este lenguaje y dado que la metodología de aprendizaje de patrones es configurable, se pueden obtener infinitas combinaciones de patrones para el lenguaje en el que se esté implementando.

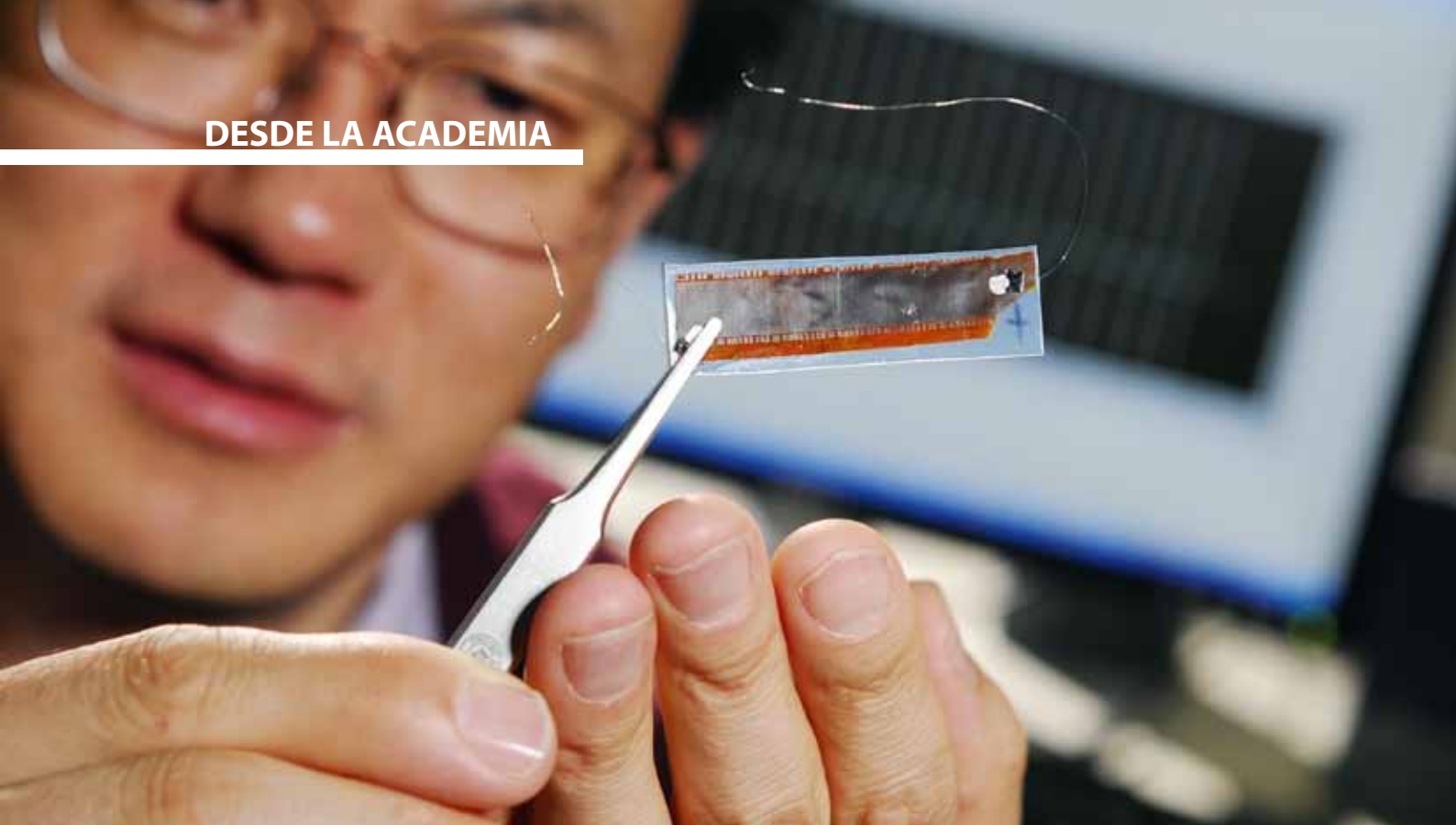
La construcción de ontologías no representa una novedad, sin embargo, para el español no hay mucha investigación, por esa razón, presentar esta metodología para este lenguaje representa un gran avance, incluida la comunidad de la ingeniería del conocimiento, ya que las ontologías están siendo la base de múltiples actividades, como la Web semántica o la detección de mentiras en el lenguaje escrito (10).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al programa de consolidación Institucional de repatriación del CONACYT(168341) por brindar el apoyo necesario para continuar con la investigación en México. A los grupos de investigación CATIUS (Cuerpo académico en Tecnologías de la Información de la Universidad de Sonora) y e-conocimiento (Universidad de Murcia).

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Covington, M. A. "Natural Language Processing for Prolog Programmers". *Artificial Intelligence Programs*, The University of Georgia Athens, Georgia. PRENTICE HALL, Englewood Cliffs. New Jersey 07632.
- 2) Frantzi, K.T., Ananiadou, S., and Hideki, M. (2000). Automatic recognition of multi-word terms: the C-value/NC-value method. *International Journal on Digital Libraries*, 3(2), pp. 115-130.
- 3) García-Miguel, José M.; Fita González Domínguez y GaelVaamonde. (2010). ADESSE. A Database with Syntactic and Semantic Annotation of a Corpus of Spanish, Proceedings of the Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC), Valletta (Malta), 17-23 de mayo.
- 4) Moreda, P., Llorens, H., Saquete, E., and Palomar, M., (2011). Combining semantic information in question answering, *Information Processing and Management*, 47 (06), pp. 870 – 885, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ipm.2010.03.008>
- 5) Ochoa J.L, Almela A. and Valencia-García R. (2011) Identifying patterns for unsupervised learning of multiword terms. *Educational Research and Reviews* vol 6(9), pp. 645-656.
- 6) Padró, L., Collado, M., Reese, S., Lloberes, M., and Castellón, I. (2010). FreeLing 2.1: Five Years of Open-Source Language Processing Tools *Proceedings of 7th Language Resources and Evaluation Conference (LREC 2010)*, ELRA, La Valletta, Malta. May, 2010.
- 7) Palmer M, Gildea D, Kingsbury P (2005). The proposition bank: an annotated corpus of semantic roles. *Computational Linguistics*. 1(31): 71-106.
- 8) Subramaniam T, Jalab HA, Taga AY (2010) Overview of textual anti-spam filtering techniques. *Int. J. Phys. Sci.* 5(12): 1869-1882.
- 9) Valencia-García R, Fernández-Breis JT, Ruiz-Martínez JM, García-Sánchez F, Martínez-Béjar R (2008). A knowledge acquisition methodology to ontology construction for information retrieval from medical documents. *Expert Systems: The Knowledge Engineering Journal*. 25(3):314-334.
- 10) Almela A., Valencia-García R. and Cantos P. (2012) Detectando la mentira en lenguaje escrito. *Procesamiento del Lenguaje Natural*, Revista nº 48, pp. 65-72. <http://journal.sepln.org/sepln/ojs/ojs/index.php/pln/article/view/4489>



¿CÓMO SE FABRICAN LOS NANO-MATERIALES?

ALEJANDRO CÉSAR DURÁN HERNÁNDEZ,
EDUARDO VERDÍN LÓPEZ

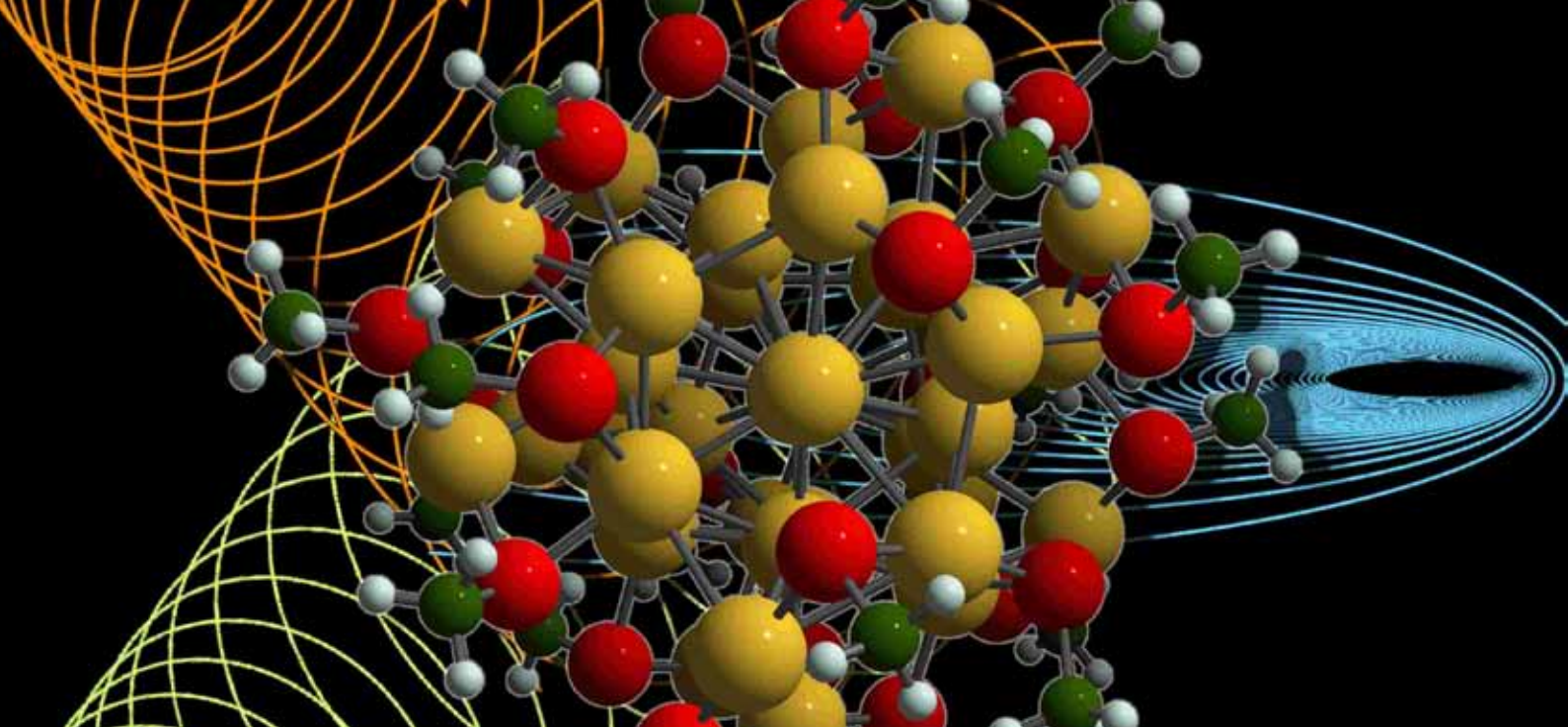
La construcción de nano-materiales es un campo emergente cuya investigación está enfocada en estudiar materiales a una escala de tamaños, en donde las interacciones de muchos átomos se ven reducidas, dando lugar a nuevos y novedosos estados físicos y químicos, para posibles aplicaciones tecnológicas en prácticamente todos los campos de investigación. En este documento se describen las dos tendencias usadas en la construcción de los materiales nanométricos; se inicia con el llamado método "arriba-abajo", donde se explica en qué consiste y cuáles son sus pros y contras; por otro lado, el método "abajo-arriba" que es el más utilizado en la fabricación de nanomateriales debido a su sencillez y accesibilidad. Por medio de estas dos tendencias es posible construir, ensamblar y estudiar los materiales a nivel de unas cuantas celdas unitarias, moléculas y/o cúmulos de átomos.

DR. ALEJANDRO CÉSAR DURÁN HERNÁNDEZ
Centro de Nanociencias y Nanotecnología,
Universidad Nacional Autónoma de México
Campus Ensenada
Correo: dural@cnyunam.mx

DR. EDUARDO VERDÍN LÓPEZ
Universidad de Sonora, Departamento de Física
Correo: everdin@fisica.uson.mx

*Autor para correspondencia: Dr. Alejandro César Durán Hernández
Correo electrónico: dural@cnyunam.mx
Recibido: 7 de septiembre de 2012
Aceptado: 26 de octubre de 2012





EL SIGLO XXI ES DE LOS NANOMATERIALES

Quizá uno de los logros más significativos en los albores de este siglo ha sido la posibilidad de estudiar y desarrollar materiales a la escala nanométrica. Estos avances se han alcanzado gracias a que ya se puede observar, medir y manipular objetos, sean estos orgánicos o inorgánicos, a tamaños nanométricos. Para tener una idea más familiar podemos decir que el diámetro del átomo de hidrógeno es del orden de un décimo de nanómetro, es decir, 0.000000001 m. De esta manera, la nanotecnología ha sido definida por la *Iniciativa Nacional de Nanotecnología* (NNI, por sus siglas en inglés) como la investigación básica y aplicada a nivel atómico, molecular y macromolecular en la escala de tamaños de 1-100 nm (1). Así, la nanotecnología aspira a dominar, registrar y entender el mundo microscópico a la escala más pequeña posible, en donde, para lograr esto se conjugan diferentes campos del conocimiento con la finalidad de encontrar paradigmas insospechados de amplia repercusión social.

UNA IDEA A DESARROLLAR

La primera aproximación fue propuesta por el científico, divulgador y premio Nóbel R. Feynman en 1959, cuando expuso que “hay mucho espacio en el fondo” en una conferencia cuyo título original fue “There’s plenty of room at the bottom” (2). En esa conferencia, Feynman indirectamente dejaba al descubierto las potenciales fuerzas escondidas en los procesos cuánticos y auguraba nuevos avances tecnológicos al poderse fabricar materiales a tamaños de unos cuantos átomos o moléculas. Este primer antecedente estableció las bases de lo que sería más tarde un nuevo campo científico. Hubo que esperar algunas décadas para que esta visión se hiciera realidad. El mejoramiento de algunos equipos como el microscopio electrónico y su transformación en un microscopio de

alta resolución (*High resolution transmission electron microscopy*, HRTEM); el descubrimiento de los microscopios de tunelaje electrónico (STM) y de fuerza atómica (AFM) hicieron posible mirar hacia el fondo, como decía Feynman y mediante estas herramientas, comprobar que efectivamente es posible manipular átomos y moléculas a escala de unos cuantos nanómetros.

APLICACIONES SIN LÍMITES

Hace apenas una década empezó el despegue mundial de lo que hoy conocemos como nanociencias y nanotecnología; los descubrimientos y avances tecnológicos han impactado prácticamente todos los aspectos de la vida moderna. Nano-robots, materiales a base de nanotubos de carbono más resistentes que cualquier acero, fármacos que trabajan a nivel molecular, microchips capaces de realizar funciones en nanosegundos, catalizadores con nanopartículas para hacer más eficiente la combustión, son sólo algunos ejemplos de lo que se ha logrado en este campo científico. Si bien es cierto que se está avanzando a pasos agigantados en diversos frentes de la nanotecnología todavía queda mucho trabajo por realizar en ciencia básica, ingeniería y su interconexión con los procesos biológicos que sin duda tendrá un gran impacto en la medicina y en el control de enfermedades como el cáncer.

Hoy en día, la nanociencia es una labor multidisciplinaria y en el área de la ciencia de los materiales está básicamente encaminada a lo largo de dos estrategias básicas. Una de ellas consiste en tomar materiales y/o compuestos químicos orgánicos e inorgánicos de composición y propiedades conocidas a nivel macroscópico y reducirlos a nivel nanométrico e investigar sus nuevas propiedades a estas dimensiones. La otra, construir y ensamblar dispositivos desde la región de los nanómetros con la finalidad de que cumplan funciones

electrónicas específicas (diodos, capacitor, etcétera). En este campo del conocimiento la construcción de dispositivos nanotecnológicos se ha abordado bajo dos tendencias. El primer enfoque llamado nanotecnología de arriba-abajo (*top-down*) y el segundo, de abajo-arriba (*bottom-up*).

DE ARRIBA-ABAJO

Es importante mencionar que este concepto en nanotecnología fue inicialmente desarrollado en los 70's del siglo pasado y hace hincapié en la planificación y comprensión detallada de cualquier sistema, abordándolo bajo esta dos tendencias. Su desarrollo se extendió y es exitoso en el campo de la administración de empresas, en los aspectos y líneas ingenieriles de las grandes industrias así como en la informática mostrando excelentes resultados que se traducen en grandes ganancias (3). La nanociencia y la nanotecnología han tomado este concepto y ahora podemos hablar de materiales que se pueden construir y reducir hasta la nanoescala de arriba hacia abajo.

Esta tendencia fue inicialmente sugerida por Feynman en 1957 y empieza a partir de una pieza de material de dimensiones macroscópicas, que de manera gradual o paso a paso, se reduce hasta alcanzar escalas nanométricas con formas definidas y funcionales. Un ejemplo análogo y hasta cierto punto burdo pero que esencialmente no altera la idea de este concepto, es el trabajo del escultor que paso a paso y gradualmente va reduciendo las dimensiones y obteniendo formas definidas sobre una gran pieza de mármol. Es importante señalar que no solamente la mano y creatividad de escultor son importantes para lograr la forma y la belleza de su obra sino también la calidad del material (Figura 1).



Figura 1. Secuencia de la fabricación de materiales siguiendo la tendencia de arriba hacia abajo (*top-down*). La piedra bruta es esculpida y reducida mediante la mano del escultor hacia un objeto funcional.

De manera similar a la del escultor, la nanotecnología de arriba hacia abajo se apoya de estos dos principios fundamentales; por un lado, materiales que han sido sintetizados bajo procesos sistematizados, con un alto control de calidad y además con propiedades físicas previamente optimizadas para determinada aplicación; por otro lado, la técnica y/o la herramienta capaz de reducir paso a paso las dimensiones del material sin alterar

sus propiedades microscópicas. Una de las técnicas que cumple estos requisitos y que es ampliamente utilizada en la nano-fabricación de dispositivos es la litografía. Las litografías por luz ultravioleta (*Extreme Ultra Violet Lithography*, EUVL), por haz de electrones (*Electron Beam Lithography*, EBL), por rayos-x (*X-ray Lithography*, XRL) y por haz de iones (*Ion Beam Lithography*, IBL) son de las más empleadas (4). Estas técnicas tienen la ventaja de tener una alta resolución y flexibilidad; es decir, pueden imprimir dispositivos con diferentes patrones desde aproximadamente 15 a 20 nm hasta el nivel atómico y sobre una gran variedad de materiales; sin embargo, tienen la desventaja de ser lentos en operatividad, además de que el costo de los equipos es demasiado alto llegando en ocasiones hasta un millón de dólares.

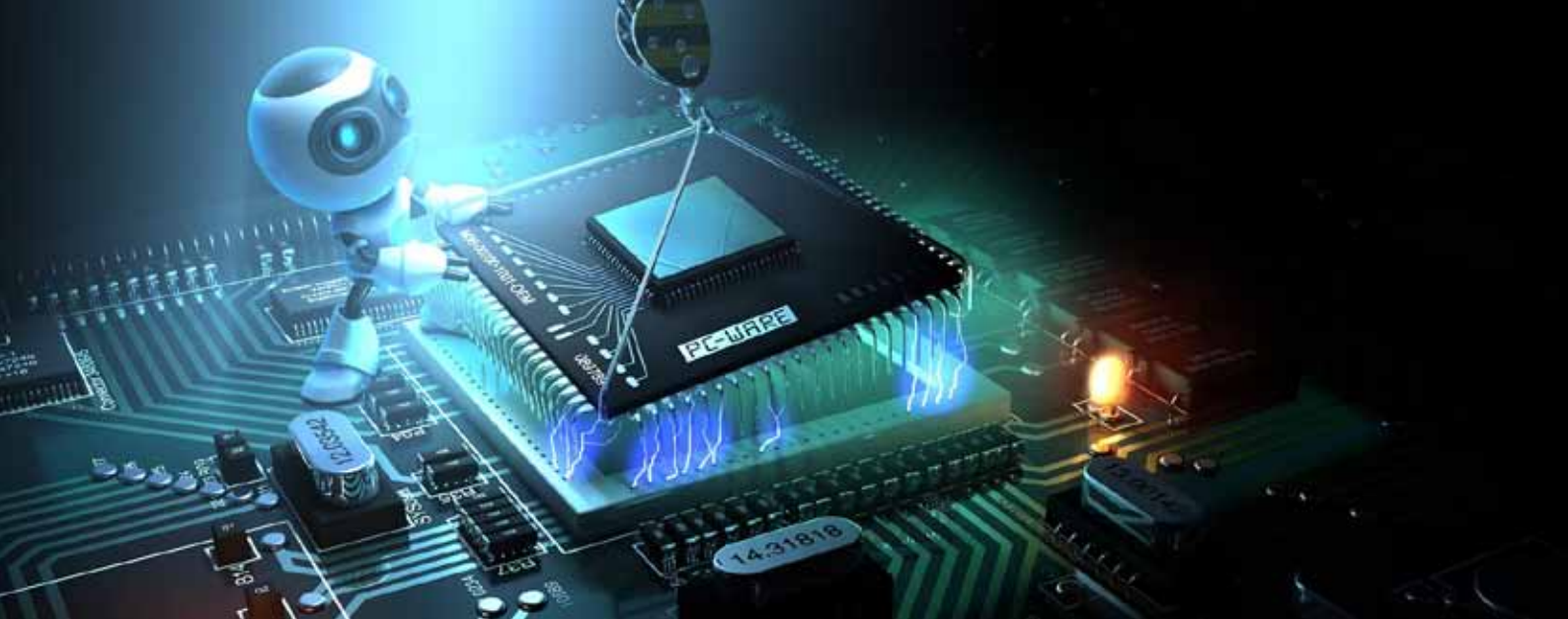
Probablemente, el mejor ejemplo de la nanofabricación de arriba hacia abajo se presenta en la tecnología del silicio, que se desarrolló originalmente para la microelectrónica y ahora se utiliza también para la fabricación de nanomotores y circuitos electrónicos. Monocristales de silicio son cortados en obleas muy delgadas y por medio de litografía por haz de electrones es posible producir circuitos integrados en la región de los nanómetros, tal como se visualiza en la Figura 2. Otra técnica para producir materiales siguiendo esta tendencia es la reducción por molienda, en donde el material es reducido por medio de impactos del material con bolas de gran dureza dentro de un vaso que gira a alta velocidad en movimiento planetario. Esta técnica es ampliamente usada en la reducción de partículas cerámicas y se pueden alcanzar tamaños de partículas de 50 hasta 2 nm. A diferencia de la técnica por litografía, su costo es muy inferior pero resulta ser una técnica destructiva.



Figura 2. Un monocristal de silicio, cortado en obleas de dimensiones y orientaciones definidas, se somete a un equipo de litografía asistido por haz de electrones que imprime circuitos electrónicos y nanomotores a escala nanométrica.

DE ABAJO-ARRIBA

En el segundo enfoque, de abajo-arriba, se procede en sentido contrario, es decir, en lugar de comenzar con materiales de gran tamaño y revelar solo un fragmento de él, aquí todo comienza con átomos y moléculas que se van acomodando y ensamblando hasta conseguir materiales en el intervalo de los nanómetros. Sin duda, este enfoque abre un nuevo paradigma para la síntesis en el mundo



de la nanotecnología, ya que cambiará la forma de hacer materiales y, con esto, permitirá producir nanomateriales con diversas formas y mediante diversas opciones o rutas de síntesis.

Un ejemplo que no altera la idea de lo que representa esta tendencia de fabricación, es la construcción de cualquier edificio. Para que este sea funcional deberá construirse desde sus cimientos, pegando tabique a tabique hasta obtener la forma adecuada para que cumpla una función específica o general tal como se visualiza en la Figura 3. De manera análoga, estructuras atómicas o moleculares pueden ser fabricadas sobre esta base, donde las interacciones físico-químicas (diferentes tipos de enlaces) entre los átomos y moléculas (que de manera similar cumplen la función del cemento en el ejemplo anterior) juegan un papel importante para que este principio de organización se lleve a cabo. Entre las rutas típicas de fabricación siguiendo este enfoque, podemos citar los métodos de química húmeda (sol-gel, combustión, hidrotermal, etcétera), depósito de vapores físicos y químicos, depósito térmico y por pulverización (*sputtering*), rocío pirolítico, reacciones químicas o electroquímicas por precipitación, síntesis por pulverización asistida por un plasma o flama, entre otras.



Figura 3. Secuencia de la fabricación de materiales siguiendo la tendencia de abajo hacia arriba (bottom-up).

La Figura muestra primeramente la plantilla o base de la construcción, seguida por los objetos que se agrupan (tabiques y castillos) y por último la casa que sirve como objeto funcional.

Es importante mencionar que a pesar de ser tan diversa, atractiva y prometedora nuestra capacidad de construir las cosas desde abajo hacia arriba, es muy limitado. Es decir, aunque es posible producir y/o depositar estructuras relativamente simples en la escala nanométrica mediante las técnicas enumeradas anteriormente, es demasiado complejo manufacturar dispositivos integrados siguiendo este enfoque. Cualquier clase de arreglos atómicos o moleculares funcionales, en la actualidad, no pueden ser hechos sin la asistencia del enfoque de arriba hacia abajo, es decir, mediante técnicas litográficas. Sin embargo, posibles soluciones para la manufactura de dispositivos nanométricos y funcionales siguiendo la tendencia de abajo hacia arriba se han visualizado utilizando el principio de auto-organización.

AUTO-ORGANIZACIÓN

La auto-organización es uno de los principios fundamentales de la formación y crecimiento de patrones funcionales en la naturaleza (por ejemplo, cúmulos galácticos, cristales, células vivas, etcétera). En estos procesos, el control no se lleva a cabo por manipulación directa de los bloques o unidades atómicas; aquí los factores críticos que juegan un papel importante son las fuerzas de enlace o unión entre los componentes y las condiciones del entorno los cuales permiten la organización espontánea del sistema.

Mediante los procesos de auto-organización se prevén diversas aplicaciones y una gran cantidad de ideas se están gestando en los terrenos de la electrónica, componentes ópticos, biomembranas y biosensores, biocibernética, biomoléculas, modificación de virus, etcétera. Un ejemplo de la auto-organización se muestra en la figura 4. En esta figura se aprecia como las partículas o moléculas organometálicas (precursores) se auto-organizan guiadas por factores fisicoquímicos hasta formar cúmulos y finalmente dispositivos auto-ensamblados.

Así, la auto-organización se contempla como una técnica simple, eficaz y sostenible para la implementación y ejecución de productos nano-tecnológicos con costos

de producción muy bajos. Aunque el uso de las técnicas de auto-organización está en la infancia, en la actualidad ya no es solo una visión y, lo más importante, su uso para futuras aplicaciones técnicas puede contribuir a la rentabilidad y, en última instancia, para una producción de nanomateriales y sistemas nano-biológicos más sostenible, al cual difícilmente se podría acceder por otras rutas de fabricación de materiales en esta escala de tamaños.

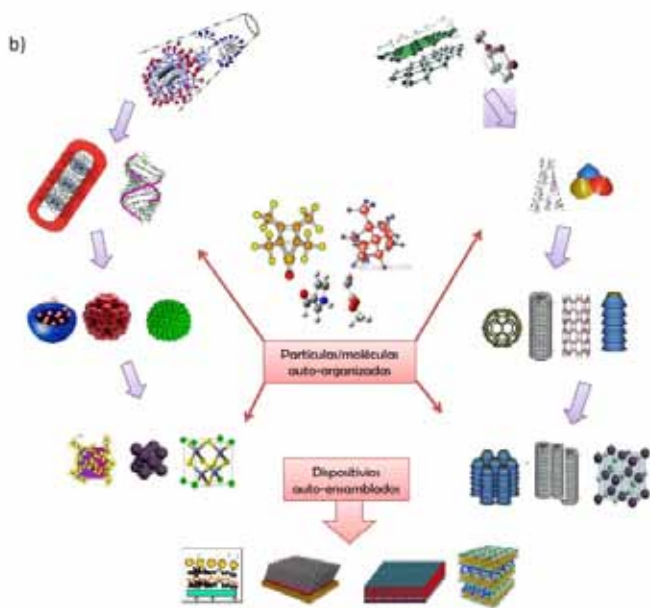


Figura 4. Secuencia de una molécula que se va ensamblando auto-organizadamente hasta formar estructuras ordenadas (cúmulos) y dispositivos funcionales.

En síntesis la nanociencia y la nanotecnología se vislumbran como un nuevo campo científico en donde convergen todos los campos del conocimiento y que tendrán un gran impacto en la sociedad. En el campo de los materiales avanzados, el estudio fundamental y la construcción de dispositivos nanotecnológicos se está abordando bajo la tendencia de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba. A través de estos enfoques se permite crear variedad de materiales nanométricos que generarán conocimiento nuevo y una gama de aplicaciones que tendrán repercusiones en el futuro próximo.

UN CENTRO DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN

En el Centro de Nanociencias y Nanotecnología (CNyN)-UNAM, campus Ensenada, se está abordando la síntesis de materiales nanométricos realizados por el método de síntesis, denominado por 'combustión' sobre materiales magnetoeléctricos y materiales ferroeléctricos libres de plomo, proyectos que en conjunto se están desarrollando con el Departamento de Física de la Universidad de Sonora.

El depósito de películas con espesores nanométricos es una de las líneas que se están llevando a cabo en el

Departamento de Materiales Avanzados, con la finalidad de observar el límite en el que este fenómeno ocurre o desaparece. Por otro lado, el enfoque de la auto-organización es uno de los proyectos que el grupo de materiales avanzados del CNyN está por desarrollar en el corto plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) <http://www.nano.gov/>
- 2) <http://metamodern.com/2009/12/29/theres-plenty-of-room-at-the-bottom-feynman-1959/>
- 3) Bresser-Pereira, Luiz Carlos, José María Maravall, and Adam Przeworski, 1993, Economic reforms in new democracies: a social-democratic approach In William C. Smith, Carlos H. Acuña and Eduardo Gamarra, eds., *Theoretical and Comparative Perspectives for the 1990s*. New Brunswick, USA: Transaction Books, 1994: 181-182.
- 4) Booker, R. and E. Boysen, 2005, *Nanotechnology for Dummies*, Hoboken, Wiley Publishing, Inc.





CENTENARIO DE LA DIFRACCIÓN DE RAYOS X VIGÉSIMO QUINTO EN LA UNISON

RICARDO RODRÍGUEZ MIJANGOS

En este año de 2012 se cumplieron 100 años del descubrimiento de la difracción de rayos X y su uso para determinar la estructura de la materia. En 1895, dieciséis años antes de 1912, Wilhelm Conrad Röntgen había descubierto lo que denominó rayos X por desconocer su naturaleza y encontró que podían penetrar el cuerpo humano y registrar sus huesos. Por su descubrimiento Röntgen fue galardonado con el primer Premio Nobel de Física en 1901.

A la memoria de Carlos Fernando Duarte Gutiérrez

RICARDO RODRÍGUEZ MIJANGOS
Correo: mijangos@cifus.uson.mx

*Autor para correspondencia: M.C. Ricardo Rodríguez Mijangos
Correo electrónico: mijangosl@cifus.uson.mx
Recibido: 20 de septiembre de 2012
Aceptado: 20 de octubre de 2012

CENTENARIO DE LA DIFRACCIÓN DE RAYOS X

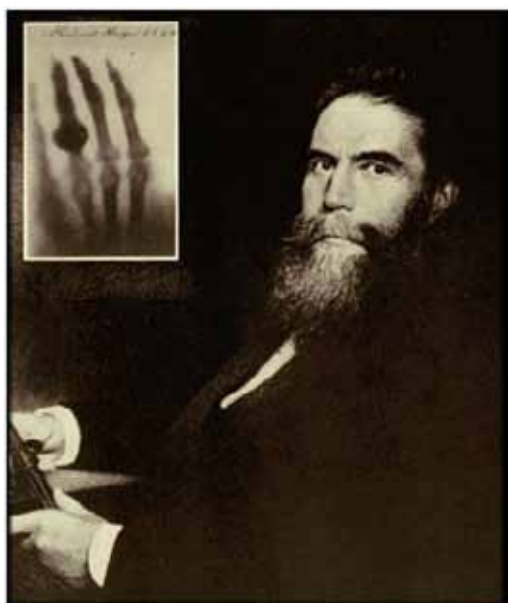


Figura 1. Wilhelm Röntgen en 1895. Foto insertada: Radiografía de la mano de Frau Röntgen.

Max von Laue, profesor de física en la Universidad de Zúrich, fue el primero en sugerir el uso de un cristal para actuar sobre los rayos X como un conjunto de rejillas tridimensionales que permitirían formar un patrón sobre una placa fotográfica, el cual evidenciaría el arreglo simétrico de los átomos componentes del cristal. En 1912 se demostró este fenómeno por von Laue y dos ayudantes que trabajaban bajo su dirección Figura 2.

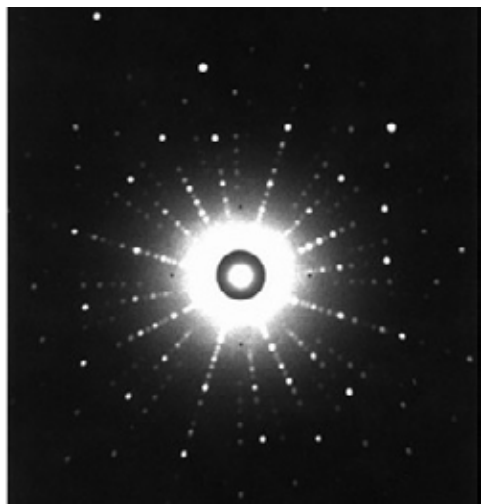


Figura. 2. Patrón de difracción de Von Laue de un cristal con simetría de orden cuatro (rotando un cristal perfecto en un ángulo de $360/4=90$ grados) el cristal permanece idéntico, indistinguible, en relación a su posición inicial.

El evento asociado a la difracción de rayos X dio a conocer que eran ondas electromagnéticas similares a la luz, pero con una longitud onda mucho más pequeña, demostrando además que la estructura de un cristal está conformada por el arreglo periódico de los átomos constituyentes.

Registros históricos establecen que en 1911 Von Laue (Figura 3) sugirió a uno de sus asistentes de investigación, Walter Friedrich y a un estudiante de doctorado, Paul Knipping, que trataran de hacer incidir rayos X sobre cristales (eran bien conocidos desde la mineralogía), suponía que el cristal actuaría como rejillas de difracción tridimensionales.

Alrededor del mes de abril de 1912, von Laue, Friedrich and Knipping realizaron su experimento pionero sobre sulfato de cobre. Encontraron que si las distancias interatómicas del cristal se conocen, entonces se podría medir la longitud de onda de los rayos X, también es posible lo opuesto, si se conoce la longitud de onda de los rayos X. Los experimentos de difracción pueden utilizarse para determinar el espaciamiento interplanar de un cristal.



Figura 3. Max von Laue en 1914.

Von Laue y sus ayudantes fueron galardonados con el Premio Nobel de Física 1914 por su logro. Partiendo del descubrimiento de von Laue, Sir William Henry Bragg y su hijo William Lawrence Bragg, obtuvieron la estructura cristalina de muchos minerales formulando de manera sencilla la forma en que se difractan los rayos X en los cristales (Ley de Bragg), obtuvieron el Premio Nobel de Física en 1915.

Ley de Bragg: La interferencia constructiva de rayos X, establece la relación:

$$n\lambda = 2d\sin(\theta)$$

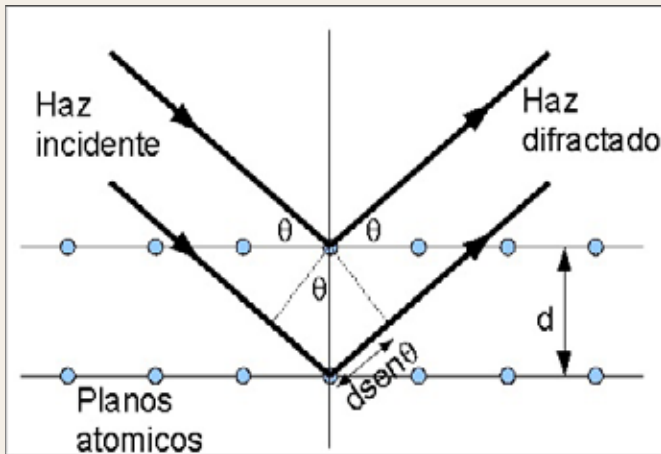


Figura 5.- Esquema ilustrativo de la Ley de Bragg

A partir de estos elementos, se desarrolló una área robusta de la ciencia: la difracción de rayos X y el desarrollo tecnológico de los difractómetros que emiten rayos X con longitud de onda conocida.

Actualmente, la técnica más popular es la denominada difracción de polvos, la cual requiere que en el porta muestras del difractómetro se coloque polvo del material a caracterizar, estos granos del polvo son pequeños cristales que están orientados al azar, lo cual garantiza que los rayos X inciden en todas las direcciones posibles de los planos cristalográficos del cristal y producen un espectro de difracción que consiste en un conjunto de picos marcados en ángulos de incidencia que producen interferencia constructiva de los rayos X, según la estructura cristalina del cristal y de acuerdo a la Ley de Bragg.

La cristalografía tuvo una fuerte evolución a partir del conocimiento de la difracción de rayos X, donde se estudian las simetrías posibles para un cristal. En un difractómetro moderno existe un archivo en computadora que empaqueta el espectro de difracción del material que se caracteriza, este espectro es una especie de huella digital del material. El espectro de difracción de un cristal con estructura cúbica centrado en la cara (Figura 6, átomos colocados en las aristas del cubo y en el centro de las caras, en la que se denomina celda elemental) típico de un cristal halogenuro alcalino tipo NaCl, se aprecia en la Figura 7, esta es una caracterización reciente de una mezcla cristalina nueva de halogenuros alcalinos que forman un cristal equivalente a uno único, no mezclado.

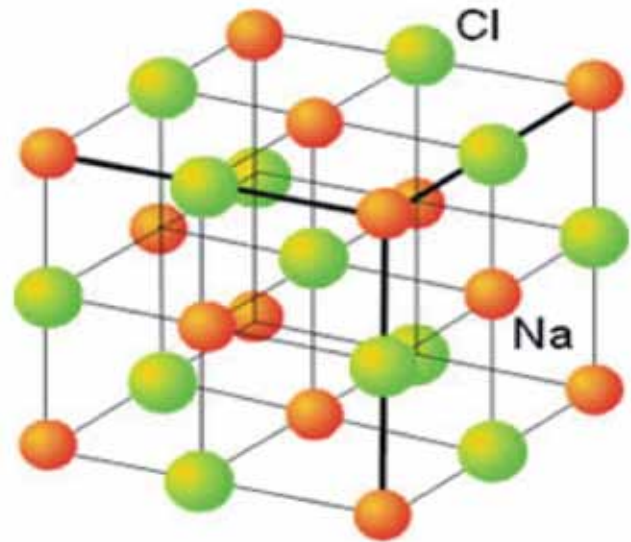
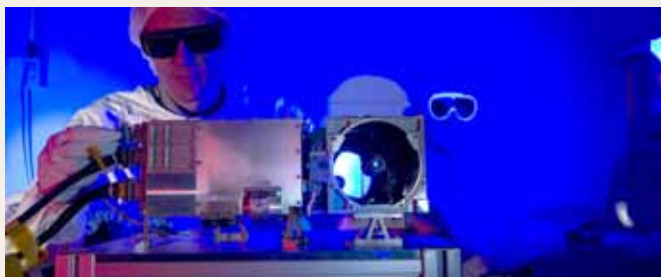


Figura 6. Celda elemental de un cristal NaCl, la cual se replica indefinidamente para formar el cristal, es posible definir varios planos con distintas orientaciones donde inciden los rayos X.

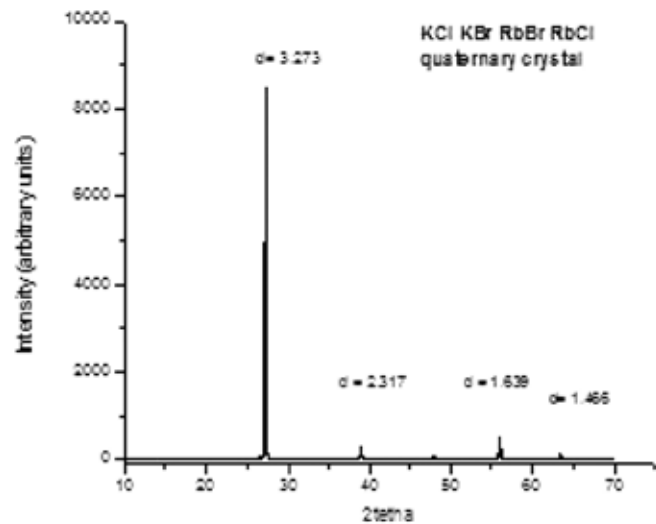


Figura 7. Espectro de difracción típico de un halogenuro alcalino Estructura tipo(NaCl)

VIGÉSIMO QUINTO ANIVERSARIO DE LA DIFRACCIÓN DE RAYOS X EN LA UNISON

El primer difractómetro de rayos X fue escogido e iniciada su adquisición en 1987 por el Dr. Motomichi Inoue, Coordinador en ese entonces del Centro de Investigación en Polímeros y Materiales. El difractómetro de marca japonesa Rigaku comenzó a operar en 1989, manejado por el propio Dr. Inohue e investigadores japoneses visitantes

que periódicamente visitaban el centro, y eventualmente, por estudiantes del posgrado en Polímeros y Materiales.

A fines de la década de los 90's del siglo XX se doctoró Francisco Brown Bojórquez, adscrito al Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales (anterior centro) y realizó su tesis en la caracterización estructural cristalina de nuevos materiales por difracción de rayos X. Pasó a ser el difractometrista oficial a cargo del difractómetro Rigaku. Se efectuaron caracterizaciones de materiales de los investigadores del departamento de polímeros y materiales y de otros departamentos de la UNISON. Al inicio del siglo XXI, en un nuevo edificio, se inauguró el Laboratorio de Cristalografía y Geoquímica del Departamento de Geología, donde se inició la operación de un X Ray Bruker Advanced (Figura 8) de manufactura alemana. Participó en su adquisición y operación el maestro Carlos Duarte Gutiérrez, quien tenía amplia experiencia en difracción de rayos X ya que había laborado antes de ser académico en la UNISON como Jefe de Estado Sólido del Laboratorio de Experimentación Metalúrgica de la Comisión de Fomento Minero y del Laboratorio del Consejo de Recursos Minerales.

Los dos difractómetros trabajan con rayos X incidentes con una longitud de onda de 1.54 Angstroms ($1 \text{ Angstrom} = 1 \times 10^{-10} \text{ metros}$).

En noviembre de 2001 se realizó en la UNISON el Tercer Congreso Nacional de Cristalografía organizado por la Sociedad Mexicana de Cristalografía. Se presentaron trabajos de investigación asociados a la difracción de rayos X por investigadores nacionales, en particular hubo oportunidad para los académicos de la UNISON de discutir sus trabajos asociados a difracción con pares nacionales y extranjeros. Se llevaron a cabo conferencias magistrales tales como: High resolution X ray diffraction of semiconductor materials impartido por Keith Bowen de Scientific Incorporated, Denver, Col. USA y cursos como: Clay minerals identification by X ray crystallography impartido por Richard W. Berry (San Diego USA) y Ledesma Vazquez (Ensenada B C). También talleres del que destacó el de: Difracción de rayos X por polvos impartido por Uwe Breckwinkel (Alemania) y Carlos Duarte (México), realizado en el Laboratorio de Mineralogía y Cristalografía utilizando el nuevo difractómetro Bruker.

Desafortunadamente, el maestro Carlos Duarte Gutiérrez falleció inesperadamente en 2003 y quedó a cargo del difractómetro de Geología el Dr. Juan José Palafox Reyes. Actualmente lo operan principalmente el maestro Abraham Mendoza y el Dr. Francisco Brown Bojórquez, ya que el difractómetro Rigaku quedó fuera de servicio.

A la fecha, en la UNISON ya se han caracterizado por difracción de rayos X innumerables muestras para investigadores de la UNISON de diferentes departamentos y también para personal externo. El espectro de difracción de la Figura 7 se realizó en este año de 2012 para la investigación asociada a una tesis doctoral del Departamento de Investigación en Física de la UNISON.



Figura 8. Difractómetro Bruker de nueva generación (Este o uno equivalente, se espera conseguir en sustitución del Rigaku).





BALANCE ESTATAL DE ENERGÍA EN SONORA: PRIMER PASO PARA AVANZAR HACIA LA SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA

JORGE LUIS TADDEI BRINGAS, RAFAEL ENRIQUE CABANILLAS LÓPEZ,
CARLOS MIGUEL LUNA ZAVALA, PABLO DANIEL TADDEI ARRIOLA

La energía es fundamental para el desarrollo de las sociedades. En el marco de la planeación energética, el balance de energía es un instrumento de diagnóstico sobre la producción, transformación y consumo de los distintos tipos de energía para una región determinada. En el presente trabajo se describen los elementos que componen el sistema energético en Sonora, destacando la gran dependencia de los combustibles fósiles que son importados. Se destaca la necesidad de impulsar políticas públicas e innovaciones tecnológicas encaminadas a aprovechar nuestras fuentes renovables para avanzar hacia la imprescindible sustentabilidad energética.

DR. JORGE LUIS TADDEI BRINGAS
Correo: jtaddei@industrial.uson.mx
DR. RAFAEL ENRIQUE CABANILLAS LÓPEZ
Correo: rcabani@iq.uson.mx
ING. CARLOS MIGUEL LUNA ZAVALA
Correo: cm_lunaz@hotmail.com

ING. PABLO DANIEL TADDEI ARRIOLA
Correo: pablo_taddei@hotmail.com
Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad de Sonora

*Autor para correspondencia: Dr. Jorge Luis Taddei Bringas
Correo electrónico: jtaddei@industrial.uson.mx
Recibido: 20 de septiembre de 2012
Aceptado: 18 de octubre de 2012

SITUACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

Uno de los hitos más importantes para el desarrollo de la humanidad ha sido, sin duda, el aprovechamiento de las formas de energía existentes en la naturaleza; la vida como la conocemos sería imposible sin un apropiado aporte energético (1). Para Hirsch (2) la energía es la base de la economía mundial y el dinamismo que la caracteriza se debe en mucho a la contribución de los combustibles fósiles; es decir el petróleo, el gas natural y el carbón mineral. Según Odum (3), a mediano plazo nos espera una vida de menor intensidad energética porque esos combustibles no son renovables y no existen fuentes primarias de energía conocidas con capacidad energética similar.

Las fuentes energéticas no se han diversificado en poco más de un siglo debido a que el petróleo y el gas, bajos en costo, han dominado la oferta energética primaria desde mediados del siglo pasado. Los hidrocarburos y el carbón mineral han proporcionado desde 1973 hasta la fecha, el 80% de la energía utilizada por los seres humanos.

La escasez energética de combustibles fósiles es inevitable en el futuro, pues se encuentra profundamente ligada con la sustentabilidad de la civilización actual. Entre los factores que pueden contribuir al debilitamiento o al colapso de las sociedades modernas Diamond (4) señala a la energía y el cambio climático antropogénico. Esto se debe, en buena parte, a las emisiones de dióxido de carbono que generan las actividades humanas, principalmente la quema de hidrocarburos.

Lo anterior, ha traído como consecuencia una intensificación en la investigación de opciones de energía a partir de fuentes renovables como la energía geotérmica, solar, eólica, mareomotriz, entre otras, aunque su crecimiento se ha dificultado porque todavía se les imputa su baja potencia en comparación con los combustibles fósiles, además de su poca competitividad en el mercado. Pero su ventaja, además de su bajo impacto ambiental, es la oportunidad de independizar las políticas energéticas locales del mercado global, que actualmente se basa en la supremacía del petróleo (5).

Para Sheinbaum *et. al*, (6) el tema energético es fundamental para el debate sobre el desarrollo sustentable pues la disponibilidad de recursos energéticos es indispensable para resolver la pobreza y mejorar las condiciones de vida. Por otro lado, la explotación de recursos energéticos tiene impactos ambientales locales y globales, en un mundo en el que todavía no se aprende a sobrevivir a partir de las fuentes renovables de energía (7).

PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA Y DESARROLLO SUSTENTABLE

El objetivo de una planificación energética es cumplir con la demanda de energía en el futuro tomando en cuenta consideraciones políticas, sociales y ambientales, además de los datos históricos sobre oferta y demanda de energía en la región o país que se examina (8).

La planificación energética empezó a generalizarse en occidente a partir de la crisis petrolera de 1970, entonces se desarrollaron metodologías que superaron el enfoque tradicional basado en indicadores sencillos como la tasa de crecimiento, el consumo per-cápita o la intensidad energética y no consideraban las relaciones sociales ni ambientales involucradas.

Los objetivos fundamentales que deben guiar una planeación energética sustentable según Bertinat (9), son entre otros, los siguientes:

- ◆ Desarrollar un *balance energético* integral del sistema.
- ◆ Impulsar la mejora socio-ambiental buscando la eficiencia energética y las energías renovables.
- ◆ Planificar la oferta y la demanda energética del sistema a largo plazo.
- ◆ Garantizar el acceso a los bienes energéticos al conjunto de la población, en condiciones dignas y priorizando a los sectores más vulnerables.

BALANCE ENERGÉTICO

La presentación estadística confiable, detallada y completa es esencial para el seguimiento de la situación energética a nivel regional, nacional o internacional.

Independientemente del método o modelo utilizado para la planeación energética, un paso importante y que aborda todos los fenómenos involucrados en la oferta y la demanda de energía, es la realización de un estudio preliminar del sistema energético en análisis (8).

Una manera de identificar las tendencias actuales en el comportamiento de la oferta y la demanda de energía es el desarrollo de una representación de los flujos en el sector energético llamado *balance de energía* que muestra, por medio de una lógica de cálculo propia del reporte, un sistema energético equilibrado. El objetivo es identificar la dinámica del equilibrio entre oferta y demanda utilizando los datos del flujo energético en un determinado espacio



de tiempo (10). Utiliza los fundamentos de la contabilidad y es uno de los marcos básicos para el análisis de sistemas energéticos.

En México, el balance nacional de energía se presenta en términos de petróleo crudo equivalente, una unidad muy parecida a la recomendada por la Agencia Internacional de Energía (AIE). Por energía primaria se entienden las fuentes tal como se obtienen en la naturaleza, ya sea de forma directa (hidráulica, solar, eólica) o después de un proceso de extracción (petróleo, carbón mineral, etc.). Las energías secundarias son las que provienen de los centros de transformación y cuyo destino son los diversos sectores de consumo; entre ellas se tiene la electricidad, el gas LP, gasolina, diesel, etcétera.

En Sonora se realizó formalmente el Balance Energético del año 2009. Actualmente, se está llevando a cabo la elaboración de los balances del 2010 y 2011 para la Comisión Estatal de Energía del Estado de Sonora (COEES). También se le entregará una metodología apoyada en software para que ella misma elabore manualmente este importante instrumento de planeación energética.

PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA EN MÉXICO

La dependencia de México al petróleo se expresa en sus finanzas públicas y en las estadísticas energéticas del país. El 34.66% del presupuesto público del estado mexicano en el sexenio anterior (2000-2006) provino de los ingresos petroleros y el 92.4% de la producción de energía primaria en el país hasta el 2010 es de fuentes de energía fósil, ya sea petróleo, gas natural o carbón. Los hidrocarburos (petróleo y gas natural) representan el 90.2% y el carbón mineral el 2.2% según datos del balance energético nacional del 2010 (11).

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO DE SONORA

El consumo energético en Sonora representa aproximadamente el 4% del consumo energético nacional. La matriz de energía en Sonora se detalla a partir de cinco clasificaciones:

- Gas Natural.
- Energía Eléctrica.
- Petrolíferos y Gas LP.
- Biomasa.
- Otros productos energéticos.

Para estructurar un balance energético se debe de realizar antes un balance de cada producto, desde las formas de generación (o importación) y transformación, hasta los consumos propios de cada sector socio-económico.

a) Descripción general del gas natural en Sonora

La región noroeste del país, que incluye Sonora, no tiene conexión con el Sistema Nacional de Gasoductos, por lo cual todo el requerimiento de gas natural es abastecido por medio de importación desde Estados Unidos (EUA).

Descripción general de la electricidad en Sonora.

La electricidad producida por las plantas de servicio público, tanto paraestatales como de productores independientes, se introduce a la red nacional de transmisión y distribución, por lo cual la producción total de una entidad puede ser menor o mayor a su propio consumo interno, sin embargo la energía eléctrica faltante es equilibrada con el consumo o la producción de otros lugares de la república. En la región noroeste en el 2010, Sonora tuvo el 36% del consumo total de electricidad.



b) Descripción general de los petrolíferos y el gas LP en Sonora

En México existen 6 refinерías, ninguna de ellas en Sonora; los derivados del petróleo que entran al estado tienen dos orígenes: las refinерías nacionales y el mercado internacional, principalmente los Estados Unidos. En Sonora se consumen básicamente cuatro tipos de petrolíferos: gasolinas, diesel, combustóleo y turbosina. El gas licuado de petróleo, al igual que el gas natural, es importado en su totalidad desde los Estados Unidos; sin embargo, el gas LP no ingresa a Sonora por medio de gasoductos sino por vía terrestre, siendo Nogales el punto de interconexión.

c) Descripción general de la biomasa en Sonora

La producción de carbón vegetal en México es una industria muy madura que ha alcanzado niveles altos de exportación, mayoritariamente a los Estados Unidos. La producción de energía (biogas, principalmente) a partir de biomasa residual (estiércol de cerdo) ha despertado algún interés entre los productores porcinos de la región. Como



sucede con los productos energéticos de la biomasa, no se tienen datos exactos de la cantidad de energía que se produce, y para el caso de la producción de biogás solo se hace la indicación de la existencia de este tipo de uso sin tener los medios para estimar un valor energético.

d) Descripción general de otros productos energéticos en Sonora

La extracción de carbón mineral antracítico en algunas minas sonorenses es considerada como un producto energético primario. Igualmente se hace mención de los usos industriales del coque de petróleo que es importado por la industria cementera. Además se realizó una estimación sobre el uso de coque de carbón en la industria minera del estado.

En cuanto a la oferta, la transformación y consumo de los distintos tipos de energía, se tiene lo siguiente:

1. Oferta de energía primaria

La producción de energía primaria en Sonora se limita a la hidroenergía y a la biomasa. La planta hidroeléctrica más importante del estado es "El Novillo" y se ubica en la presa "Presidente Plutarco Elías Calles" sobre el río Yaqui; fue fundada en 1964 y tiene una capacidad de 135 MW. Además de ésta existen otras dos hidroeléctricas pequeñas e intermitentes: Mocúzari y Oviachic, de 10 MW y 19 MW respectivamente, ambas ubicadas al sur de la entidad. Otra producción de energía primaria es el carbón mineral antracítico que es extraído de las minas de San Javier, San Antonio y El Tule. En 2010 se extrajeron 228,300 toneladas de carbón antracítico.

2. Transformación de energía y oferta de energía secundaria

Las centrales eléctricas son los principales centros de transformación en el Estado y operan mediante la combustión de hidrocarburos, con excepción de las hidroeléctricas. Los permisos otorgados para

autogeneración e importación de electricidad, son los siguientes: Puerto Libertad (632 MW), Guaymas II (484 MW), Fenosa Naco-Nogales (258 MW), Fenosa Hermosillo (250 MW), CCC Hermosillo (227 MW) e Hidroeléctrica (135 MW). Todas estas centrales en conjunto suman un total de 1.98 GW que es la capacidad eléctrica del estado de Sonora.

El sector eléctrico, el más grande de transformación en la entidad, es el mayor consumidor de fuentes secundarias, ya que utiliza como insumo gas natural, combustóleo y diesel. La oferta de energía secundaria incluye la importación de petrolíferos, desde las refinerías nacionales, y gas LP desde Estados Unidos.

3. Consumo de energía

El consumo de energía en Sonora se distribuye principalmente en los siguientes rubros:

- *Gas natural.* Los sectores socioeconómicos atendidos son el sector eléctrico, el petrolero, el industrial y la autogeneración, así como el sector residencial, servicios y autotransporte.
- *Electricidad.* El consumo es reportado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) atendiendo a los sectores residencial (32 %), industrial (51 %), comercial y de servicios (7 %) y al sector agrícola (10 %), como se aprecia en la Figura 1.

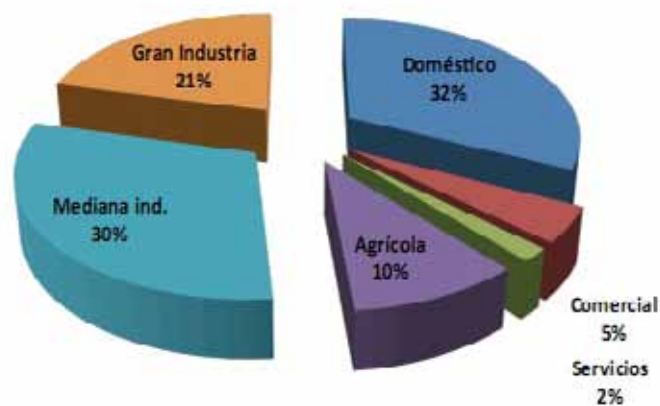


Figura 1. Estructura del consumo eléctrico por sector en 2009. Según CFE.

- *Petrolíferos y gas LP.* Se usan principalmente en el sector transporte. La gasolina es comercializada únicamente a través de estaciones de servicio de PEMEX, al igual que el diesel, aunque éste tiene otros usos en el sector eléctrico y en la industria. La turbosina es exclusiva para el transporte aéreo. En Sonora, el combustóleo es utilizado significativamente por el sector eléctrico; las estadísticas de su consumo se encuentran en los insumos de las centrales eléctricas, en la sección de transformación de energía y oferta de energía secundaria.

Las ventas reportadas de gasolina se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Consumo de gasolina en Sonora

Gasolina, m ³	2005	2006	2007	2008	2009
Ventas en Sonora	1,143,215	1,225,056	1,325,194	1,416,540	1,391,247

(información de PEMEX)

- *Otros productos energéticos.* El consumo de otros productos energéticos es principalmente de biomasa (leña y carbón vegetal) y consumo industrial de coques, tanto coque de petróleo como coque de carbón o carbón siderúrgico. El primero es consumido por la industria cementera y el segundo en la industria minera. Ambos se importan.

BALANCE ENERGÉTICO DEL ESTADO DE SONORA

Con base en la descripción del sistema energético que se mostró en la sección anterior, se realizó el balance de energía del estado utilizando los factores de conversión adecuados para cada producto energético.

El diagrama de flujo de energía en el Estado de Sonora se presenta en la Figura 2. En esta imagen se muestra, a grandes rasgos, la trayectoria de cada entrada a la matriz energética, desde su producción (o importación) hasta su uso final.

Como se puede observar, la contribución más amplia se debe a la importación de gasolinas y de los principales combustibles utilizados para la producción de electricidad: combustóleo y gas natural.

El balance consolidado del año 2009 para el Estado de Sonora, utilizando los factores de conversión expuestos anteriormente, se exhibe en una matriz de tipo contable, como se muestra en la Figura 3.

Se puede apreciar que Sonora tiene un consumo eléctrico per cápita de 3.84 MWh/hab (Megawat hora por habitante), muy por encima de la media nacional que es de 1.94 MWh/hab; ello se debe al extremoso clima y a que las industrias regionales, como la minera y la cementera, hacen uso intensivo de energía. Ésto representa a la vez una magnífica oportunidad para buscar disminuciones en el consumo y desarrollar las energías alternativas en el estado.

CONCLUSIONES

La energía es imprescindible para el desarrollo de las sociedades, por ello, la planeación energética adquiere una importancia fundamental ya que ayuda a asegurar la provisión de energía en el futuro, así como a mejorar su eficiencia. Se persigue también, reducir al mínimo los efectos de su uso. El balance energético posibilita un diagnóstico general de la generación, importación, transformación y consumo por sector de los distintos tipos de energías.

La baja producción de energía primaria en Sonora, así como su alta dependencia de productos energéticos importados de otros estados y de otros países, presentan un gran reto al mediano plazo para la sustentabilidad energética de la entidad. Por ello es importante revisar el potencial para la explotación de energías renovables, ya que existe una gran extensión litoral para desarrollar la energía oceánica y eólica además de contar con una insolación de las más altas del mundo.

Por lo anterior, se requiere profundizar en el análisis de la perspectiva energética; mejorar la generación, proceso y disponibilidad de la información; incrementar la investigación científica y tecnológica relacionada con las energías renovables y establecer políticas públicas encaminadas a avanzar en la búsqueda de la sustentabilidad energética para Sonora.

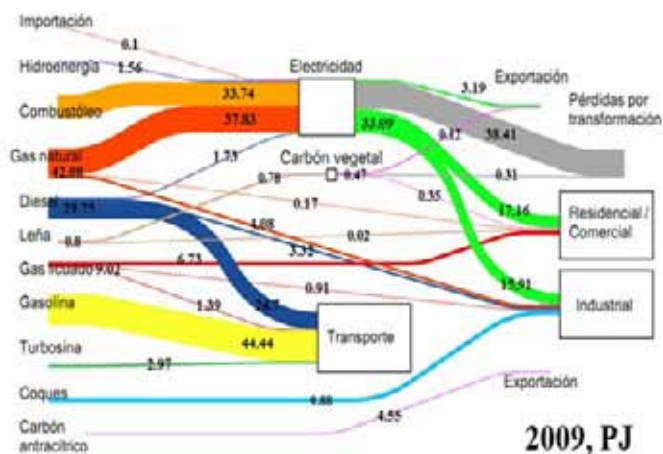


Figura 2. Flujo energético en el Estado de Sonora.

2009, Pesajulios (10 ¹⁵ J)		ENERGÍA PRIMARIA					ENERGÍA SECUNDARIA								
ACTIVIDAD	Hidroenergía	Leda	Carbón mineral	Gás Natural	Total primaria	Electricidad	Gás Licuado de Petróleo	Gasolina	Diésel (Gas Oil)	Combustibles (Fuel Oil)	Turbotina	Ceques (gasóleo y carbón)	Carbón vegetal	Total secundaria	TOTAL
OFERTA															
Producción	1.56	0.00	4.55		6.91	36.18							0.47	36.65	43.56
Importación	0.00	0.00	0.00	42.43	42.43	0.10	8.74	46.80	29.84	33.74	3.17	9.88	0.00	132.27	174.70
Importación desde fuera del país				42.43	42.43	0.10	8.74	6.94	6.23	13.81	0.00	9.88		45.70	88.13
Importación desde dentro del país					0.00	0.00		29.86	23.61	19.93	3.17			86.57	86.57
Exportación			4.55		4.55	3.19							0.12	3.31	7.86
Variación de inventario					0.00									-1.17	-1.17
No aprovechado					0.00			-0.75	-0.21	0.00	-0.21			0.00	0.00
OFERTA TOTAL	1.56	0.00	0.00	42.43	44.79	33.09	8.74	46.04	29.64	33.74	2.97	9.88	0.35	164.45	209.24
TRANSFORMACIÓN															
Centrales Eléctricas	-1.56			-37.83	-39.39	36.02			-1.30	-33.74				36.02	-38.41
Autoproducción					0.00	0.16			-0.43					0.16	-0.28
Carbonera		-0.76			-0.76								0.47	0.47	-0.31
Coquería/Alto Hornos					0.00									0.00	0.00
Otros centros				-0.31	-0.31									0.00	-0.31
TRANSFORMACIÓN TOTAL	-1.56	-0.76	0.00	-38.14	-40.49	0.00	0.00	0.00	-1.73	-33.74	0.00	0.00	0.00	-35.47	-39.31
CONSUMO FINAL															
Consumo propio					0.00	0.02								0.02	0.02
Pérdidas (transmisión y distribución)				0.85	0.85	0.66								0.66	1.51
Ajuste	0.00	0.00	0.00	-0.81	-0.81	-0.67	-0.28	1.60	-0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	-0.27
Transporte					0.00			1.59	44.44	24.70	2.96			73.49	73.49
Industria, minería				4.08	4.08	15.91	0.91		3.32			9.88		30.02	34.10
Residencial		0.02		0.17	0.19	11.10	5.42						0.19	16.71	16.89
Comercial, servicios públicos					0.00	2.41	1.02						0.16	3.59	3.59
Agrícola, pesca, minería					0.00	3.65	0.29							3.94	3.94
Construcción, otros					0.00									0.00	0.00
Consumo energético	0.00	0.02	0.00	4.25	4.26	33.08	9.02	44.44	28.03	0.00	2.96	9.88	0.35	127.76	132.02
No energético					0.00									0.00	0.00
CONSUMO FINAL	0.00	0.02	0.00	4.25	4.26	33.08	9.02	44.44	28.03	0.00	2.96	9.88	0.35	127.76	132.02

Figura 3. Balance energético del Estado de Sonora en 2009.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Álvarez, P., Sánchez, J. 2005. Planificación energética y desarrollo sostenible. *Encuentros multidisciplinares* 7(12) pp. 2-16. Universidad Autónoma Metropolitana, UAM, México.
- 2) Hirsch, R. 2005. The Inevitable Peaking of World Oil Production. *Bulletin of The Atlantic Council of the United States*, 14(3) pp. 1-9. Atlantic Council, UnitedStates.
- 3) Odum, E. 2006. A prosperous way down. *Energy*, 31(1) pp.69-75. Holanda, Elsevier Ltd.
- 4) Diamond, J., 2005. *Collpase: How Societies Choose to Fail or Succeed*. UnitedStates: VikingPress.
- 5) Verdesio, J. 2003. Políticas públicas para la difusión de las Nuevas Energías Renovables (NER) en Brasil. *Energía, Reformas Institucionales y Desarrollo en América Latina*. México, D.F. 5-7 Noviembre 2003. UNAM.
- 6) Sheinbaum, C., Rodríguez, P., Robles, G. 2009. Política mexicana e indicadores de sustentabilidad. *Problemas del desarrollo, Revista Latinoamericana de Economía*, 40(158), pp. 113-134. México: UNAM.
- 7) Capra, 2003. Energía y sustentabilidad. *Foro Social Mundial de Porto Alegre*, Febrero 2003. CIPMA, Colombia.
- 8) Dicorato, M., 2007. Environmental-constrained energy planning using energy-efficiency and distributed-generation facilities. *RenewableEnergy* 33 (2008). Holland: Elsevier.
- 9) Bertinat, P., 2007. Políticas energéticas locales. *4º Foro binacional de energías renovables*, Agosto 2007. Montevideo, Uruguay
- 10) Oliveira, A., Girod, J.,1990. Eenergy Diagnosis: Toward a Policy-Oriented Approach for Energy Planning in Developing Countries. *World Development* 18 (4). United Kingdom: Pergamon Press.
- 11) SENER, Secretaría de Energía, 2011. *Balance Nacional de Energía 2010*. México: SENER.





VIABILIDAD Y POTENCIAL DE FUENTES ALTERNATIVAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES AVANZADOS EN SONORA

JUAN MANUEL VARGAS LÓPEZ, ARTURO SOQUI LEÓN,
JUAN MANUEL VARGAS RAMÍREZ, RAFAEL CANETT ROMERO

En el presente documento, se hace una revisión acerca de los avances y de las expectativas que sobre biocombustibles avanzados se presentan en el estado de Sonora. Bioetanol y biodiesel son los energéticos que recientemente han recibido atención como sustitutos de los recursos no renovables, por lo que se aporta un análisis sobre las opciones que existen, haciendo énfasis en las plantas que generan biomasa para la producción de combustibles que no compitan con los cultivos destinados a la alimentación humana y que su cultivo tenga la factibilidad técnica para considerar el establecimiento de agroindustrias para la producción de bioenergéticos avanzados en el estado de Sonora.

DR. JUAN MANUEL VARGAS LÓPEZ
Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos
Universidad de Sonora. Correo: jmvargas@capomo.uson.mx
Q.B. ARTURO SOQUI LEÓN
Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia
Universidad de Sonora. Correo: asoquil@iq.uson.mx
MSc. JUAN MANUEL VARGAS-RAMÍREZ
CPhD en North Dakota State University of Agriculture and

Applied Science. Department of Agricultural
and Biosystems Engineering. Fargo, North Dakota, EUA.
Correo: juan.vargasramirez@my.ndsu.edu
M.C. RAFAEL CANETT ROMERO
Departamento de Investigación y Posgrado en
Alimentos, Universidad de Sonora.
Correo electrónico: rcanett@guayacan.uson.mx

*Autor para correspondencia: Dr. Juan Manuel Vargas López
Correo electrónico: jmvargas@capomo.uson.mx
Recibido: 12 de septiembre de 2012
Aceptado: 27 de octubre de 2012

POTENCIAL PARA LAS PLANTAS GENERADORAS DE BIOCOMBUSTIBLES

México cuenta con diversidad genética, climática y edáfica para la producción sostenible y competitiva de especies bioenergéticas y se dispone de especies que no compiten directamente con la producción de alimentos considerados en la canasta básica de la alimentación del Mexicano. En este contexto, en el Estado de Sonora existen amplias regiones donde las condiciones climáticas y edafológicas son muy adecuadas para el cultivo de plantas para producción de bioenergéticos, según un estudio realizado por la Red Mexicana de Bioenergía, A.C. Sin embargo, la gran mayoría de esta superficie se ubica en lugares donde actualmente se siembra o es tierra de potencial uso para la agricultura tradicional, por lo que los espacios para la agricultura de siembra de precursores de biocombustibles avanzados (bioetanol y biodiesel) es bastante reducido. Datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (1) muestran que en Sonora es técnicamente posible la explotación de algunas plantas para aprovechar en la generación de energía a partir de su biomasa como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Áreas identificadas para la producción de biomasa para bioenergéticos.

La Higuera

La higuera (*Ricinus communis* L.) (Figura 2) representa una oportunidad técnica favorable para su aprovechamiento en la producción de insumos para obtener biocombustibles. Esta especie oleaginosa se encuentra ampliamente distribuida en México, es rústica y se adapta a las condiciones climáticas de diferentes ambientes, además posee un alto potencial de producción para la obtención de aceite (2).

El aceite es un líquido viscoso miscible en alcohol y ácido acético glacial, de densidad 0.9537 g/ml a 25°C. Debido a su bajo punto de congelación (-10°C) se puede obtener para empleo en motores de alta revolución. En la Tabla 1 se resumen las propiedades físicas y químicas del aceite de higuera que se evaluaron en el laboratorio de bioenergía del INIFAP (3).

La prueba de estabilidad de oxidación del aceite de higuera indica que puede estar almacenado durante 11 meses a una temperatura de 30°C sin que pierda su calidad, lo cual le confiere ventajas sobre aceites de otras plantas. En virtud de la gran diversidad bioquímica en cultivos como la higuera (*Ricinus communis* L.) expresada tanto en contenido de aceites como en proteínas es altamente factible seleccionar materiales genéticos que cumplan con los estándares internacionales de calidad que requieren el aceite y/o el biodiesel, así como otros productos de interés industrial. Diversos investigadores han concluido que un valor elevado del 5% de índice de acidez indica que el aceite contiene alta cantidad de ácidos grasos libres, generado por un alto grado de hidrólisis. Este índice es particularmente importante para el proceso de producción de biodiesel (3).

La Dirección de Estadística de la FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación) en el 2011, reportó en México una superficie cosechada de 500 ha con una producción de 100 ton de grano en el año 2009. Se encuentra distribuida en los estados de Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán (4).

Tabla 1. Propiedades físico-químicas del aceite de higuera.

Densidad (g/ml) a 40° C	Viscosidad (mm ² /s)	Índice de acidez (%)	Índice de yodo (g I ₂ /100 g)	Índice de saponificación (mg KOH/g)	Estabilidad de oxidación (h) a 110°C
0.9455	253.55	1.887	78.82	131.56	16.8



Figura 2. Frutos, semillas y hojas de la planta de higuerrilla.

Sorgo Dulce

El sorgo dulce [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] (Figura 3) es una planta tolerante a la sequía, altas temperaturas, inundaciones, salinidad del suelo y toxicidad por acidez. Además, posee amplia adaptabilidad, rápido crecimiento y alta acumulación de azúcar. Es la principal materia prima alternativa que puede suplementar el uso de la caña de azúcar en la producción de etanol. El sorgo dulce puede ser transformado biológicamente en alcohol etílico de primera generación, etanol celulósico o para producir energía propia o como aditivo (6). El tallo del sorgo dulce concentra grandes cantidades de azúcar. Estas cantidades pueden ser similares o más altas que los de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), aunque el mecanismo de acumulación del azúcar es diferente; la caña de azúcar requiere de 12 a 16 meses de clima tropical para madurar, mientras que el sorgo requiere de 3 a 5 meses. Estos azúcares pueden ser convertidos a etanol, el cual es una excelente fuente de bioenergía. El agregar un 10 % de etanol a la gasolina reduce hasta en 30 % las emisiones de monóxido de carbono y entre 6 y 10 % las de bióxido de carbono. Debido a su rápido crecimiento, a su alto valor de producción de energía y su amplia adaptabilidad, el sorgo dulce resulta una excelente fuente biomasa para producir etanol a partir del jugo del tallo, o del bagazo, o residuo post extracción de los azúcares, ya que este puede también ser utilizado como energía para el proceso de fabricación de etanol (5).



Figura 3. Sorgo dulce en etapa de desarrollo

Hoy en día, el alto costo del azúcar de caña y del grano de maíz ha hecho que estas materias primas pierdan terreno contra otras fuentes. En relación a esto, los tallos del

sorgo dulce contienen azúcares fermentables en el jugo, equivalentes a 3,500-5,500 litros de etanol por hectárea, el cual es el doble comparado con el obtenido del grano de maíz. Según Prasad *et al.*, (2007), citado por Montes-García, en una producción de 50 ton/ha de tallo, 36.5 toneladas corresponden a agua (73%), 6.49 son de azúcar, 2.66 de celulosa, 1.87 de hemicelulosa, 1.35 de lignina y 1.15 corresponden a otros compuestos. El jugo se compone de agua (33.24 ton), azúcar (5.65 ton) y otros compuestos (0.78 ton), mientras que el bagazo se compone de agua (8.26 ton), azúcar (0.83 ton), celulosa (2.61 ton), hemicelulosa (1.83 ton), lignina (1.31 ton) y otros compuestos (0.49 ton). Del jugo se obtienen alrededor de 3,451 litros de etanol anhidro y del bagazo 2,422 litros, dando un total de 5,873 L / ha, lo cual es muy factible de obtener en Tamaulipas de acuerdo a los resultados de evaluaciones realizadas, donde se superan las 50 ton/ ha de tallo de sorgo dulce (5).

Remolacha Azucarera

La remolacha (Figura 4) azucarera es un cultivo cuya superficie registrada en México es muy incipiente, sin embargo su potencial productivo es de más de 2 millones de hectáreas de temporal, lo que lo hace un cultivo viable para la producción de energéticos (7). Variedades de remolacha azucarera con altos rendimientos de los cultivos se han vuelto atractivos para la producción de etanol en los Estados Unidos, ya que pueden calificar como materia prima para biocombustibles avanzados bajo la EISA (Independencia Energética y Ley de Seguridad). La remolacha azucarera seleccionada para la producción de etanol se conoce también como *remolacha de energía*, y no es apropiada para la producción de azúcar de mesa debido a su alto contenido de deno-sacarosa. Ensayos de investigación sugieren que las *remolachas de energía* tienen una mayor cosecha y los rendimientos de etanol de grano de maíz y la remolacha de azúcar típicas (8). La remolacha azucarera es un cultivo bianual, es decir, su ciclo de vida completo dura 2 años. Durante el primer año de crecimiento, la remolacha acumula sacarosa, mientras que durante el segundo año, comienza el crecimiento reproductivo a temperaturas mayores a 6 °C. El crecimiento reproductivo de la remolacha azucarera tiene una duración de aproximadamente 12 semanas y la producción de semillas se lleva a cabo durante este período. Sin embargo, si la remolacha azucarera se expone a temperaturas menores a 6 °C permanece en estado vegetativo (8). La raíz de la remolacha está hecha de material insoluble de la pared celular y es responsable de almacenar la sacarosa durante el crecimiento. La sacarosa representa aproximadamente el 70% de la sustancia seca en la raíz de remolacha y se almacena dentro de las células de remolacha (9). La pared celular está formada por proporciones aproximadamente iguales de celulosa, hemicelulosa, pectina y que apoyan el contenido de celdas (8).

El proceso de conversión de sacarosa, glucosa y fructosa a etanol es mucho más simple que para convertir el almidón

de maíz en el mismo producto. La sacarosa se descompone en glucosa fácilmente fermentable y moléculas de fructosa por las enzimas hidrolíticas de levadura. En contraste, la conversión de almidón de maíz para etanol requiere pasos adicionales con gasto energético considerable: cocido, licuefacción y sacarificación, para romper el almidón en glucosa. La cocción y licuefacción de maíz macerado se lleva a cabo a 88°C y la sacarificación del almidón se produce óptimamente a 60°C. La producción de etanol a partir de almidón de maíz convencional necesita el doble de la cantidad de energía necesaria para producir etanol a partir de sacarosa (8).



Figura 4. Acercamiento del tubérculo de remolacha azucarera.

ALGAS VERDEAZULADAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL EN SONORA

Las algas verdeazuladas son los organismos ideales para producir etanol y otros biocombustibles ya que constituyen la biomasa más diversa y abundante del planeta. Las mismas utilizan la fotosíntesis como medio para capturar de manera eficiente la energía del sol para convertirla en azúcar intracelularmente, lo que les proporciona la energía vital para crecer y reproducirse. Las algas verdeazuladas duplican su población en cuestión de horas y pueden ser cultivadas en granjas permitiendo la producción de biocombustibles a nivel industrial (Figura 4).

BioFields © es un grupo empresarial mexicano dedicado a la producción de etanol a partir de algas verdeazuladas, sol, captura biológica de CO₂, tierras no cultivables y agua salada para contribuir en la lucha contra el cambio climático y ofrecer una alternativa para satisfacer la demanda energética futura con los mayores índices de sustentabilidad (10). Actualmente la planta se encuentra en la puesta a punto de su exclusiva tecnología DirectoEthanol™ para iniciar, al interior de la Central Termoeléctrica de Puerto Libertad, Sonora, los trabajos de construcción de su planta piloto en colaboración con la Comisión Federal de Electricidad y con el apoyo de CONACYT, con esto se están dando los primeros pasos para el escalamiento de la tecnología a nivel industrial. Su

tecnología consiste en la utilización de algas verdeazuladas híbridas no tóxicas, para producir biocombustibles en un sistema totalmente confinado y por lo mismo seguro. El proceso optimiza el metabolismo del alga verdeazulada híbrida con el fin de crear una vía nueva para la utilización y fijación de carbono que resulta en la síntesis de etanol (10).



Figura 5. Estanques de producción de algas verdeazuladas en Puerto Libertad, Sonora.

Jatropha curcas

El área de potencial medio para una producción sostenible de *Jatropha* en Sonora, es de 348,446 hectáreas, mientras el área con un alto potencial es de 59,251 ha, considerando las condiciones ambientales y ecológicas bajo las que puede crecer y ser productiva la planta (INIFAP, 2008). Descrito por Zamarripa y Díaz (2008), un alto potencial se presenta en altitudes de 0 a 1000 msnm, temperatura media entre 18 y 28 °C y una precipitación pluvial entre 600 y 1200 mm anuales, mientras un potencial medio es propicio a altitudes de 1000 a 1,500 msnm, precipitación pluvial de 1,200 a 1,500 mm anuales y una temperatura media entre 28 y 34 °C.



Figura 6. Potencial de producción sostenible de *Jatropha* en Sonora.



Aunque existe un proyecto en ejecución que involucraría a Sonora en la promoción del cultivo y aprovechamiento de *Jatropha* como fuente de biodiesel por parte del CONACYT, desafortunadamente en el Estado no ha habido institución o empresa que se haga cargo de retomar los alcances que ha generado en el Estado de Sinaloa por medio del Consejo para el Desarrollo de Sinaloa, que en relación con el CIAD Unidades Culiacán y Mazatlán, el INIFAP-Nayarit, el IPN-CIIDIR, la Universidad Autónoma de Sinaloa y la Fundación Produce Sinaloa, han terminado la primera etapa de dicho proyecto y este año recibieron los apoyos para continuar con la segunda etapa del mismo (CODESIN, 2012). <http://www.codesin.org.mx/node/483>.

CONCLUSIONES

Es indiscutible que existe la necesidad de diversificar las fuentes de obtención de energía con el fin de satisfacer las demandas que el desarrollo y el aumento poblacional han ido aumentando. En base a las investigaciones prospectivas, las instituciones de gobierno han establecido los lineamientos para propiciar el desarrollo de las tecnologías y están apoyando la aparición de agroindustrias. Sin embargo, En Sonora hace falta que las instancias del fomento a la agricultura y la economía propicien la diversificación de los ingresos de los productores mediante el aprovechamiento de la biomasa que varios cultivos convencionales generan, pues las acciones que se desarrollen formarán parte de la inevitable y promisoriosa transición a las nuevas energías; para ello se debe contemplar a corto plazo, una meta que tenga el destino de impulsar la superficie para cultivos que sirvan de insumos para biocombustibles. Esto se podrá alcanzar a través de estudios integrales que permitan detectar las oportunidades en las regiones con potencial productivo para el cultivo mas adecuado acorde a la demanda de la agroindustria de biocombustibles, privilegiando que estas acciones sean sustentables con la diversidad y el ambiente de la entidad. Se tienen las exitosas experiencias que se han visto en Estados como Chiapas, Sinaloa, Veracruz, etc., donde los gobiernos y los productores se han vinculado y organizado para lograr el establecimiento de agroindustrias con futuro que ya están rindiendo frutos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) SAGARPA 2009-2012. Programa de producción sustentable de insumos para bioenergéticos y de desarrollo científico y tecnológico. http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/PROINBIOS_20091013.pdf
- 2) Mondragón Robles, J. (2009). Transesterificación del Aceite de Higuierilla (*Ricinus communis* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora. Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia. Hermosillo, Sonora, México.
- 3) http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/prensa_noticia-actual/99-calidad-agroindustrial-del-aceite-de-higuierilla-ricinus-communis-l-para-la-produccion-de-bioenergeticos.html Consultado el 15 de septiembre del 2012.
- 4) Solís-Bonilla, J.L., Zamarripa-Colmenero, A., González-Ávila, A., Rico-Ponce, H.R., Tapia-Vargas, L.M., Teniente-Oviedo, R., Zacarías-Gutiérrez, M., Cruz-Ramírez, J.R., Hernández-Martínez, M. (2011). Guía técnica para la producción de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Chiapas. Folleto Técnico No.25. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas. México. 59 p.
- 5) Montes-García, N., Salinas-García, J.R., González-Jiménez, A., Loredó-Pérez, R., Díaz-Padilla, G. (2010). Guía técnica para la producción de sorgo dulce [*Sorghum Bicolor* (L) Moench] en Tamaulipas. Folleto Técnico No. 49. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro Regional del Noroeste. Campo Experimental Rio Bravo, Rio Bravo, Tamaulipas, México. 46 p.
- 6) Grajales-Solís, M., Zamarripa-Colmenero, A., Alonso-Báez, A., Montes-García, N. (2011). Guía tecnológica del cultivo del sorgo dulce con potencial para producir Etanol en Chiapas. Folleto Técnico ISBN: 978-607-425-618-5. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas. México. 46 p.
- 7) <http://www.bioenergeticos.gob.mx/descargas/Programa-Produccion-Sustentable-Bioenergeticos-PROINBIOS.pdf> Consultado el 10 de septiembre del 2012.
- 8) Vargas-Ramírez, J.M. (2012). Evaluation of Storage Techniques To Preserve Fermentable Sugars From Sugar Beets For Ethanol Production. Tesis de Maestría en Ciencias. North Dakota State University of Agriculture and Applied Science. Department of Agricultural and Biosystems Engineering. Fargo, North Dakota, EUA.
- 9) <http://images.google.es/> Foto de remolacha azucarera (Figura 3). Consultado el 5 de septiembre del 2012.
- 10) <http://www.biofields.com/index.php?lang=es> Consultado el 2 de septiembre del 2012.
- 10) CODESIN (2012). Desarrollo sustentable de la cadena agroindustrial de *Jatropha curcas* (JC) para el rescate de la zona serrana marginada del Noroeste de México. <http://www.codesin.org.mx/node/483>



ASPECTOS GENERALES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE SONORA

MARTÍN RENÉ SORTILLÓN VALENZUELA

Se presenta información básica sobre la producción de energía en las presas del Estado de Sonora que cuentan con centrales hidroeléctricas, tales como la capacidad instalada y la ubicación dentro de la Entidad. Se analiza también a la hidroelectricidad como energía renovable, comentando sus ventajas y desventajas, revisando al mismo tiempo la producción nacional de este tipo de generación tanto actual como la potencial. También se revisa a las instancias del gobierno federal que participan en la toma de decisiones y en el aprovechamiento de los recursos naturales nacionales para la generación hidroeléctrica. Al final se presenta brevemente el proyecto hidroeléctrico Río Yaqui, como caso ejemplo de las nuevas propuestas técnicas para este tipo de fuente.

M.C. MARTÍN RENÉ SORTILLÓN VALENZUELA.
Departamento de Ingeniería Civil y Minas. Laboratorio de Hidráulica.
Correo: msortillon@dicym.uson.mx

*Autor para correspondencia: M.C. Martín René Sortillón Valenzuela
Correo electrónico: msortillon@dicym.uson.mx
Recibido: 17 de noviembre de 2012
Aceptado: 4 de noviembre de 2012



ANTECEDENTES

La generación más antigua de electricidad se llevó a cabo con centrales hidroeléctricas, en las cuales se aprovecha las diferencias de altura que existen en los cursos de agua, bien sean debidos a accidentes naturales o bien sean provocados mediante embalses (presas). Al caer el agua se provoca el movimiento de las turbinas y con éste, el funcionamiento del generador.

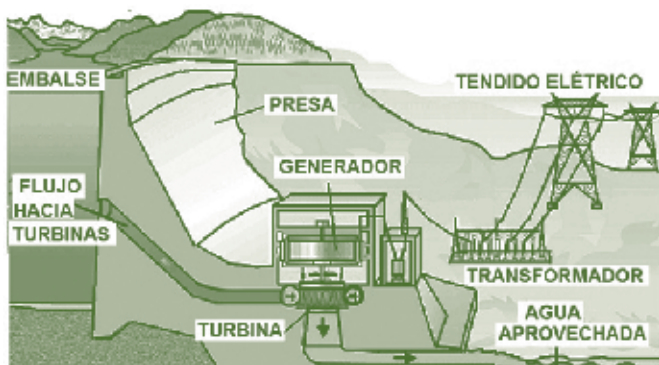


Figura1. La energía hidroeléctrica se produce a medida que el agua se mueve de un nivel superior a uno inferior empujando a una turbina.

Mientras que la hidroelectricidad se considera como renovable, en cualquier país, el manejo del caudal de los ríos y los ciclos de lluvia y sequía pueden impactar la capacidad hidroeléctrica grandemente, a la vez que puede generar efectos ambientales que pueden ser graves para los ecosistemas involucrados.

El uso de combustibles renovables tales como el agua para hidroelectricidad, solar, de viento, geotérmico y biomasa en lugar de los combustibles fósiles producen muy poco o nada de emisiones directas a la atmósfera terrestre. Sin embargo, la generación con combustibles renovables es generalmente más costosa ya que solicita materias primas tales como tierra y agua (6).

LA HIDROELECTRICIDAD EN MÉXICO

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es dueña y opera prácticamente toda la generación hidroeléctrica de México. Se estima que el potencial de generación del país con este tipo de fuente es cercano a 42,000 megawatts (MW) comparado con los 10,530 MW que tiene actualmente.

Debemos recordar que no hay sistemas verdaderamente grandes de ríos en México. Las montañas Sierra Madre separan al país en las cuencas del Pacífico y Atlántico teniendo como resultado ríos de longitud tal, que desarrollarán instalaciones hidroeléctricas extensas. La mayor parte de las instalaciones hidroeléctricas de México están localizadas en las regiones sur y sureste del país. Las sequías recientes en las regiones noreste y noroeste (donde está ocurriendo la mayor parte del

crecimiento del consumo de electricidad) han tenido como consecuencia cortes, afectando cerca del 20 por ciento de la generación del área. Como ejemplo de esto, la generación hidroeléctrica disminuyó su importancia tanto en términos absolutos como porcentuales de la generación total en el período del 2000 al 2003, por ejemplo. Posteriormente aumentó un 27 por ciento al año siguiente, esto es, del 2003 al 2004 debido a una nueva capacidad hidroeléctrica agregada en la región Sureste (estado de Chiapas).

En nuestro país, entre las centrales hidroeléctricas más importantes por su capacidad de generación se encuentran la Manuel Moreno Torres, que genera 2,400 megawatts (MW), ubicada Chicoasén, Chiapas; la del Malpaso en Tecpatán, Chiapas; El Infiernillo, en La Unión, Guerrero, que produce 1,000 MW; le sigue Aguamilpa, en Tepic, Nayarit, la cual es capaz de generar 960 MW. El sistema cuenta también con la Hidroeléctrica Belisario Domínguez, o Angostura, en Chiapas, que genera 900 MW; La hidroeléctrica Leonardo Rodríguez Alcaine, conocida como "El Cajón", produce actualmente 750 MW desde Santa María del Oro en Nayarit. Otra de gran importancia es la que se encuentra en Choix, Sinaloa que lleva el nombre de Luis Donald Colosio, conocida también como Huites, la cual genera en su máxima capacidad 422 MW.(1).

A partir de febrero de 2012, México contó con 14,324 MW de capacidad instalada de generación eléctrica basada en energías renovables, incluyendo grandes hidroeléctricas, lo que representó el 22.3% de la capacidad total de generación eléctrica en el país. En nuestro país se estima un potencial hidroeléctrico de 53,000 MW.

Algunas de las empresas que se encuentran en México para el desarrollo de proyectos y proveeduría de equipo para la generación de energía renovable son: Acciona, Iberdrola, Gamesa, Vestas, EDF Electricite de France, Cannon Power Group, Abengoa, Potencia Industrial, Sanyo, Kyocera y Vientek, entre otras (8).

La meta del gobierno federal es alcanzar una capacidad instalada de tecnologías limpias de 35% para el año 2024.

Se estima que para 2025 se incrementen 18,716 MW a la ya existente capacidad instalada para la generación de electricidad a partir de energías renovables, liderada por una mayor participación del sector eólico (60.3%) e hidráulico (24.3%), estimándose una generación por el servicio público de 3531 MW, un autoabastecimiento de 575.1 MW y una generación distribuida de 435.2 MW totalizando 4514.3 MW con esta modalidad de producción.

A inicios de 2012, en México se registraron 204 centrales en operación y en construcción para la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables; Oaxaca y Veracruz son los estados con mayor número de proyectos eólicos y de bioenergéticos, respectivamente.

Para incentivar la participación privada en la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) otorga permisos bajo diferentes esquemas, entre los que destacan el autoabastecimiento o generación de energía eléctrica para autoconsumo de personas físicas y

morales así como el productor independiente de energía o generación de energía eléctrica en una planta mayor a 30 MW para venta exclusiva a la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Otras de las modalidades para la generación de energía eléctrica son cogeneración, pequeña producción, exportación e importación.

Entre los incentivos de la CFE para la generación de energía eléctrica privada se encuentran el Banco de Energía, el cual permite la acumulación de excedentes de energía a los productores, bajo el esquema de autoabastecimiento para ser utilizados en el futuro o ser vendidos a la CFE. De la misma manera, la Tarifa Preferencial para la transmisión de energía o cargo por servicio de transmisión para energías renovables o cogeneración eficiente de \$0.14 pesos/kWh, en lugar de \$0.30-\$0.40 pesos/kWh por fuentes tradicionales.

En este sentido, se considera que México es un país seguro para la inversión extranjera. El país cuenta con 28 APPRI (Acuerdos para la Promoción y Protección Recíproca de las Inversiones) y acuerdos para evitar la doble tributación con más de 40 países.

ASPECTOS LEGALES

La estructura legal para el sector eléctrico está establecida en los artículos 27 y 28 de la Constitución Mexicana y en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, la cual estipula que proporcionar energía eléctrica para el servicio público, es decir vender electricidad a los consumidores, es de dominio exclusivo de las compañías que son lideradas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

En 1992, el gobierno inició cambios para permitir la entrada de participantes privados en la generación de energía eléctrica. Intentos posteriores para modificar la estructura legal y de regulación de la industria se hicieron en 1999 y durante la administración del presidente Vicente Fox, pero no tuvieron éxito.

Entre los principales organismos que se encargan de las políticas energéticas en nuestro país se encuentra la Secretaría de Energía (SENER), la cual debe asegurar recursos energéticos competitivos, suficientes, de alta calidad, factibles económicamente y sustentables ambientalmente, de acuerdo a como es requerido por la nación.

El Secretario de Energía (SENER) es nombrado por el presidente de México y es también el presidente de

los consejos de la CFE y Petróleos Mexicanos (PEMEX). La SENER también coordina y apoya las actividades de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), la cual fue creada en 1994 como un cuerpo consultivo que se reportaba a la SENER y su papel como consultor estaba limitado a la industria eléctrica. El Acta de la CRE (1995) transformó su función a una de reguladora independiente y con poder de autonomía técnica y operativa, con un mandato legislativo para regular las actividades de tanto de los operadores públicos como los privados en las industrias de la electricidad y del gas natural.

Las funciones principales de la CRE son conceder permisos, autorizar los precios y tarifas del transporte, transmisión y distribución, aprobar los términos y condiciones para la provisión de los servicios, emitir directivas, resolver disputas, requerir información e imponer sanciones, entre otras. Aunque la CRE aprueba

las metodologías para calcular los pagos por la transmisión y distribución de la electricidad y el gas natural, no tiene la autoridad para establecer realmente las tarifas y los precios últimos de electricidad y gas natural. Ella participa con la Secretaría de Hacienda en el establecimiento de tarifas.

No hay un conjunto claro de reglas o procedimientos para nombrar a los miembros de la CRE. Parece que los comisionados son seleccionados por el Secretario de Energía (y presumiblemente por el presidente de México) y aprobados por el presidente sin

escrutinio público o la aprobación del Congreso.

Por otro lado, la Secretaría de Hacienda juega un papel crítico tanto en el sector eléctrico como en el de hidrocarburos. Administra los precios últimos de la electricidad y los hidrocarburos y es por lo tanto, es responsable de las políticas de subsidios.

En este aspecto, esta involucrada también la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), cuidando que todas las actividades de la industria eléctrica obedezcan las provisiones legales sobre protección del ambiente, la principal entre ellas, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente -LGEEPA- y los estándares oficiales mexicanos (NOM) sobre protección ambiental.

GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA EN SONORA

El estado de Sonora cuenta con una capacidad de generación de energía eléctrica de 2 087 MW, suficiente para satisfacer los requerimientos que demanda el desarrollo regional (7).



pronósticos sobre demanda y oferta de electricidad están sujetos a un alto grado de incertidumbre y tienen que revisarse periódicamente.

Para satisfacer este crecimiento potencial de la demanda y compensar por la capacidad de generación de 5,108 MW que será retirada del sistema, la SENER planea que al año 2014 se incremente la capacidad de generación en 22,574 MW (9).

La inversión total en generación, transmisión y distribución que se requerirá para satisfacer el crecimiento en la demanda se estima en \$58 miles de millones de dólares. Se espera que un 48 por ciento de esta inversión provenga del sector privado.

El pronóstico de la tasa anual de crecimiento promedio de la demanda de electricidad del 5.2 por ciento al año 2014, es alta de acuerdo a los estándares históricos. Por ejemplo, en el periodo 1994 – 2004, la demanda de electricidad creció a una tasa promedio anual de 4.1 por ciento. Este recuento histórico incluye dos recesiones económicas, la de 1995 y la 2001, en las cuales la demanda de electricidad disminuyó. De lo expuesto es claro que la demanda de electricidad y su proyección está muy ligada al desempeño de la economía mexicana.

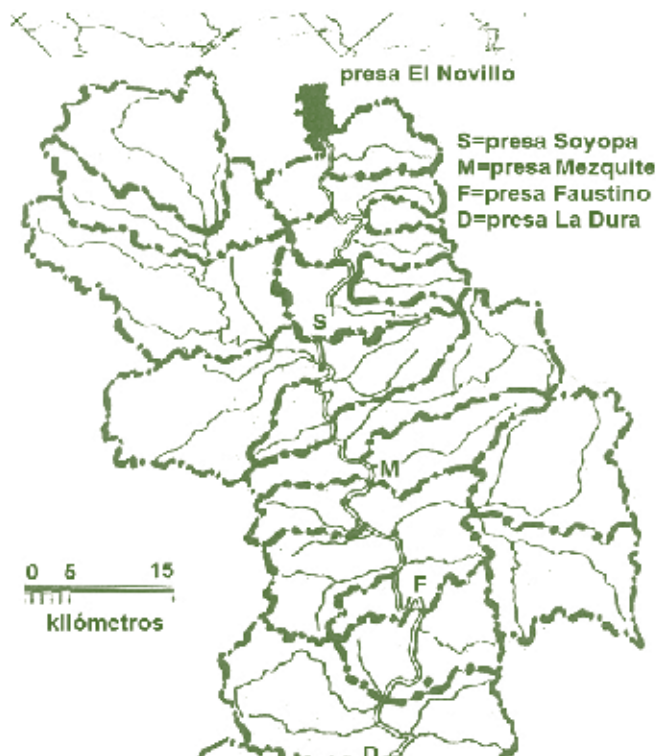


Figura 3. Cuenca del proyecto hidroeléctrico en el río Yaqui.

Los sitios localizados se identificaron con los nombres de Soyopa, Mezquite, Faustino y La Dura (Figura 4), todos aguas debajo de la presa Plutarco Elías Calles y aguas arriba

UN PROYECTO DE MINI HIDROELÉCTRICAS EN EL RÍO YAQUI

Debido a condiciones áridas de la mayor parte del norte del país, hay relativamente pocos lugares para nuevas instalaciones hidroeléctricas, preocupaciones ambientales y la necesidad de reubicar a algunas comunidades rurales, también obstaculizan el desarrollo de nuevas instalaciones de este tipo.

La Comisión Federal de Electricidad considera como mini-hidroeléctricas aquellos proyectos de generación con una capacidad menor a los 30 MW y que tienen un bajo impacto en los ecosistemas colindantes al proyecto.

Actualmente se trabaja en la identificación de nuevos sitios susceptibles para desarrollar este tipo de obras hidráulicas y que puedan ser interconectados al sistema eléctrico. Como un ejemplo de estos esfuerzos, a mediados de la década de los años 90, se propuso aprovechar los escurrimientos de la cuenca comprendida entre las presas Plutarco Elías Calles y Álvaro Obregón sobre el río Yaqui, la cual se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Localización de las centrales mini-hidroeléctricas en el río Yaqui. La cuenca de aportaciones propias se subdividió en subcuencas para el estudio hidrológico correspondiente.

El sitio del proyecto tiene aproximadamente una precipitación media anual de 450 mm y totaliza una superficie de drenaje cercana a los 2412 Km² (Figura 5) y una evaporación media anual de 2100 mm (Figura 6).



Figura 5. Isoyetas de precipitación media anual en el Estado de Sonora y ubicación de la cuenca del proyecto Soyopa-La Dura de centrales mini-hidroeléctricas sobre el río Yaqui.

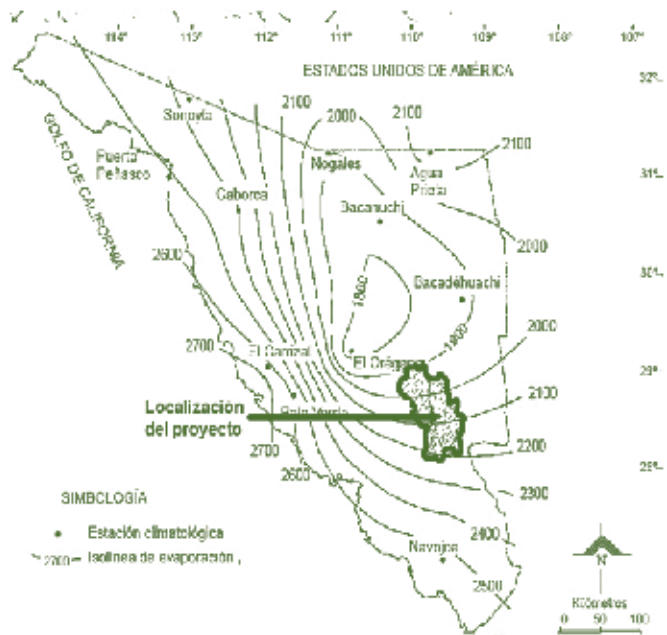


Figura 6. Ubicación del proyecto hidroeléctrico en el río Yaqui en el plano de evaporaciones de Sonora.

Fueron realizados los estudios básicos para este proyecto, tanto de ingeniería civil como de impacto ambiental así como de factibilidad técnica y de ingeniería financiera, los cuales fueron entregados al gobierno del estado de Sonora (4).

CONCLUSIONES

El estado de Sonora cuenta con tres presas de almacenamiento que se utilizan para la generación de energía eléctrica, dos sobre el río Yaqui, las presas Plutarco Elías Calles y Álvaro Obregón, y una sobre el río Mayo, presa Adolfo Ruiz Cortines. En conjunto la capacidad de generación hidroeléctrica es de 164 MW, que es una fracción baja para la capacidad de generación en la Entidad considerando las otras fuentes, la cual a su vez se considera suficiente para el desarrollo económico de la región.

Dentro de los planes de aprovechamiento de los recursos hidráulicos de Sonora se ha contemplado la realización de proyectos de instalación y construcción de centrales mini-hidroeléctricas entre las presas El Novillo y El Oviáchic, sobre el curso del río Yaqui, considerando que tienen un bajo impacto en los ecosistemas colindantes al proyecto, sin embargo, dentro de las prioridades que enmarca el programa de mediano plazo de la Comisión Estatal del Agua, la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas no aparece como un problema principal.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), Infraestructura Eléctrica, Agenda e Incidencia de la Industria de la Construcción en México, <http://www.cmic.org/agendaindustria/AGENDA%20ELECTRICIDAD.pdf>.
- 2) Center for Energy Economics Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin e Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey *Una Guía de la Industria Eléctrica en México*, Septiembre de 2006. http://www.beg.utexas.edu/energyecon/documents/Guide_To_Electric_Power_in_Mexico_esp.pdf
- 3) Comisión Estatal del Agua, *Programa Estatal de Mediano Plazo*, 2010. <http://www.ceasonora.gob.mx/>.
- 4) Gobierno del Estado de Sonora, *Proyecto Hidroeléctrico Río Yaqui*, Febrero de 1998.
- 5) INEGI, *Distribución de energía eléctrica por entidad federativa Durante Diciembre de 2007*, <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/comunicados/electbol.asp>.
- 6) Omar Romero Mata, *Energías Renovables, sus avances y sus alcances en México*, Universidad de Stavanger, Noruega. http://octi.guanajuato.gob.mx/octigto/formularios/Investigaciones/ENERGIA_RENOVABLE.pdf
- 7) Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Regional Sustentable (OEIDRUS), *Monografía del Estado de Sonora, Energéticos*, 2007. <http://www.oeidrus-sonora.gob.mx/documentos/PUBLICACION%20DINAMICA/mono.pdf>
- 8) PROMEX, *Inversión y Comercio*, http://www.promexico.gob.mx/es_us/promexico/Renewable_Energy.
- 9) Secretaría de Energía (SENER), Dirección General de Planeación Energética, *Prospectiva del Sector Eléctrico 2010-2025*, http://www.sener.gob.mx/res/1825/SECTOR_ELECTRICO.pdf.



ENERGÍA SOLAR EN SONORA

CENTRO MEXICANO DE INNOVACIÓN EN ENERGÍA SOLAR

RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ

La energía solar es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando con el tiempo desde su concepción. En la actualidad, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica. Es una de las llamadas energías renovables o energías limpias, que puede hacer considerables contribuciones a resolver algunos de los más urgentes problemas que afronta la Humanidad.]

El potencial de producción de electricidad a partir de energía solar en el estado de Sonora es más alto que el de países europeos. La entidad cuenta con ventajas gracias a que sus abundantes recursos solares térmicos facilitan la producción de energía fotovoltaica, que es un tipo de electricidad renovable obtenida directamente de los rayos del sol. En el presente documento se expone uno de los proyectos que sientan las bases para desarrollar esta tecnología en la región.

ING: RAFAEL PACHECO RODRIGUEZ
Correo: rpachecor2009@hotmail.com
División de Ingeniería.

*Autor para correspondencia: M.C.Rafael Pacheco Rodríguez
Correo electrónico: pacheco@correom.uson.mx
Recibido: 21 de septiembre de 2012
Aceptado: 4 de noviembre de 2012



EPISTEMUS: www.epistemus.uson.mx



Es indudable que la energía mueve el mundo, no se concibe el desarrollo de un país si no cuenta con suficiente energía para la industria, sistemas de comunicación, investigación, entre otros. Una preocupación en los últimos años es incursionar en la producción de energías alternativas limpias para abatir la quema de combustible fósiles (hidrocarburos, gas y carbón), con la finalidad de abatir los efectos en el cambio climático el cual ha alcanzado escalas preocupantes por la contaminación del medio ambiente. El Estado de Sonora es el lugar geográfico con una mayor insolación del país y del mundo, por lo que se seleccionó para impulsar proyectos de investigación para el estudio y aprovechamiento de la energía solar para producir energía eléctrica.

En la reunión plenaria del XIX Foro de Energía Fronteriza México-Estados Unidos realizada en octubre de 2012, se anunció la instalación del Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar en el Estado de Sonora (CMIES), en el cual participarán 49 empresas nacionales y extranjeras e Instituciones de Educación Superior entre las que destaca la Universidad de Sonora, La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Este hecho ubicará al Estado de Sonora como el líder nacional en investigación y proyectos experimentales de energía solar en el país. En el foro internacional estuvieron presentes 10 estados fronterizos de ambos países: Arizona, California, Nuevo México, Texas, Sonora, Chihuahua, Nuevo León, etcétera.

El Estado de Sonora es uno de los lugares con mayor irradiación solar en el planeta, por lo que debe de aprovecharse este invaluable y singular recurso natural para promover el uso de energías limpias, amigables con el medio ambiente, que encamine al Estado al uso racional y

sustentable de los recursos energéticos.

Laboratorio de Concentración Solar (Helióstatos)

Como es sabido, desde hace algunos años se ha instalado en el campus de Agricultura de la Universidad de Sonora, en la ciudad de Hermosillo, el Laboratorio de Concentración Solar en donde colabora el Centro de Investigación en Energía de la UNAM, El Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV, la Secretaría de Energía a nivel federal, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, e Gobierno del Estado de Sonora, entre otros.

Soll Sussman, coordinador del Foro por 19 años, considera como un evento extraordinario pues se refuerza la atención hacia la prioridad de la energía en la región fronteriza, sobre todo en el desarrollo económico y el cuidado del medio ambiente.

El CMIES requerirá una inversión inicial de 300 millones de pesos por lo que se están gestionando los apoyos con el Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACYT), entre otros.

Parque generador de energía fotovoltaica

Destaca también la noticia de lo que el Gobernador del Estado de Sonora, anunció la puesta en marcha de proyectos muy importantes entre los que destaca la ampliación de instalaciones de distribución de gas natural y la energía solar. En lo que se refiere a este último rubro, se firmó una carta entre el gobernador de Sonora y la empresa SUNEDISON para construir un Parque Generador de Energía Fotovoltaica.

Estos acontecimientos vislumbran un escenario prometedor pues Sonora será el principal estado del país en general energía eléctrica aprovechando la energía solar.





EL CAMBIO CLIMATICO GLOBAL: SU IMPACTO EN LA SEGURIDAD, LA HIGIENE Y EL MEDIO AMBIENTE

PH.D. JOSE LONGORIA

El Cambio Climático Global ha pasado de ser una fábula a ser una realidad inevitable, éste fenómeno afecta todos los aspectos de la vida de nuestro planeta. La complejidad de los sistemas terrestres y su interrelación (Figura 1) hacen que los efectos del cambio climático en la humanidad y los procesos físicos sean de difícil identificación. Muchos de los sistemas terrestres están ligados al clima, por lo que un cambio en el clima puede afectar muchos aspectos relacionados con los humanos y sus actividades así como también con los lugares en donde viven las plantas y los animales, con la producción de alimentos, la disponibilidad de agua y los riesgos para la salud.

Por lo mismo, en las últimas décadas se ha publicado una plétora de trabajos científicos, algunos con gran valor intelectual y otros de reputación dudosa, en si, lo que en la actualidad concebimos como cambio climático global es muy distinto de lo que originalmente se pensó que era éste fenómeno. Puede decirse que no hay un solo aspecto relacionado con el cambio climático global que no sea controversial o que no haya generado discusiones acaloradas.

DR. JOSE (PEPE) LONGORIA, PH.D.
Departamento de la Tierra y Medio Ambiente
Florida International University
Correo: longoria@fiu.edu

*Autor para correspondencia: Dr. José Longoria, PH.D.
Correo electrónico: longoria@fiu.edu
Recibido: 7 de septiembre de 2012
Aceptado: 3 de noviembre de 2012



EPISTEMUS: www.epistemus.uson.mx

PREGUNTAS QUE CON FRECUENCIA LA GENTE SE HACE:

¿El cambio climático es una realidad?

En el 2007 el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) concluyó en su informe a las Naciones Unidas que el sistema climático de la Tierra sin lugar a duda está cambiando (IPCC, 2007). Aquí tenemos que recordar que en efecto el IPCC surge de una acción política de las Naciones Unidas.

¿Cómo distinguir los cambios climáticos naturales de los cambios climáticos antropogénicos o generados y/o influenciados por los humanos y sus actividades?

Hay evidencias nuevas y más convincentes de que la mayor parte del calentamiento de los últimos 50 años es debido a las actividades humanas. Esta evidencia se deriva de los núcleos de hielo que fueron colectados del hielo antiguo de Antártica los cuales muestran que los niveles de dióxido de carbono son mas altos ahora que en ningún otro momento de los últimos 650,00 años. En su informe a la Naciones Unidas, el Panel on Climate Change (IPCC) concluyó que hay mas de 90 por ciento de certeza en que el calentamiento acelerado de los últimos 50 o 60 años es debido a las actividades humanas.



Figura 1. Sistemas terrestres y su interrelación con el Clima.

PERO, ¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO?

El cambio climático está directamente relacionado con los gases efecto invernadero, particularmente el dióxido de carbono (CO_2); en una cantidad normal el dióxido de carbono atrapa calor y hace que el planeta sea lo suficientemente caliente como para permitir la vida, pero si ponemos excesos de dióxido de carbono en la atmósfera, principalmente debido al uso de combustibles fósiles, entonces se evita que el calor regrese a la atmósfera por lo que se queda atrapado en la superficie de la tierra causando el efecto de invernadero (Figura 2).



Figura 2. El efecto invernadero.

El clima incluye patrones de temperatura, precipitación, humedad, vientos y estaciones. El Cambio Climático afecta mucho más que un simple cambio del tiempo, por lo general se refiere a cambios estacionales en un periodo largo de tiempo. Los patrones climáticos juegan un papel fundamental en la configuración de los ecosistemas naturales y de la economía y cultura humana que depende de ellos.

LA DIFERENCIA ENTRE CALENTAMIENTO GLOBAL Y CAMBIO CLIMÁTICO

Aunque algunos investigadores usan los términos *Calentamiento Global* y *Cambio Climático* como sinónimos, cabe aclarar que no son lo mismo. El calentamiento global causa que cambien los climas, éste término se refiere al aumento de temperaturas globales mientras que el término *Cambio Climático* incluye otros cambios más específicos. Se sabe que las temperaturas globales mas calientes, tanto de la atmósfera como la de los océanos, conducen al cambio climático global el cual afecta los patrones de lluvias, de tormentas y de sequías, así como también de las estaciones de cultivo, la humedad y el nivel del mar. Por otra parte, mientras que el calentamiento global es un fenómeno a escala planetaria, el cambio climático se refiere a cambios a nivel global, continental, regional o local. Aunque una tendencia de calentamiento es global, las diferentes áreas del mundo experimentarán diferentes cambios climáticos específicos los cuales tendrán impactos únicos locales tanto en las plantas como en los animales y en la gente. De la misma forma, algunas áreas pueden igualmente presentar enfriamiento más que calentamiento. Esto es lo que dificulta el entendimiento del *Cambio climático global*.

Las evidencias del cambio climático global

Se ven a nuestro alrededor: temperaturas más calientes, los glaciares se derriten, el nivel del mar se eleva, las plantas



florece más pronto, la nieve se derrite más rápidamente, las aves ya no migran tan al Sur. La imagen de la Figura 3 muestra un ejemplo de los múltiples glaciares de Alaska, observándose claramente el deshielo a la base del glaciar (margen inferior derecha de la imagen).



Figura 3. Glaciar en Alaska. Fotografía tomada el 8 de Agosto del 2012.

¿Cómo nos afecta el cambio climático?

Los impactos del cambio climático, es decir, si el planeta se sigue calentando, tendría efectos muy marcados y principalmente veríamos más *desastres naturales*, por ejemplo, habría tormentas y ciclones más fuertes, inundaciones, sequías, más enfermedades, incendios forestales, menos disponibilidad de agua, los ecosistemas se pondrían en riesgo, por ejemplo los corales están en peligro, amenazas a la biósfera ya que muchas plantas y animales se están extinguiendo (Figura 4).

La pregunta que nos planteamos es: cómo distinguir los cambios climáticos naturales de aquellos que son cambios climáticos antropogénicos o generados y/o influenciados por los humanos y sus actividades. En general los impactos negativos del cambio climático global serán menos severos si las gentes reducen la cantidad de gases de efecto invernadero que emiten y ponen en la atmósfera, y aún peor, si seguimos produciendo estos gases a las tasas actuales o mayores. De tal forma, a medida que las temperaturas globales continúan en ascenso veremos más cambios en el clima y en el medio ambiente.



Figura 4. Relación del cambio climático con los desastres naturales.

¿Es el cambio climático un fenómeno nuevo en la Tierra?

El clima de la Tierra ha cambiado repetidas veces a través de los 4,500 millones de años de existencia de nuestro planeta, esos cambios se produjeron a través de largos periodos de tiempo, de miles a millones de años. Se conocen varios episodios de cambio climático global bien documentados en el pasado geológico, entre ellos se pueden citar cuatro episodios de la historia del planeta Tierra en los cuales el cambio climático afectó marcadamente la vida en la Tierra, estos episodios se conocen como: *La Bola de Nieve*, que sucedió hace 600 millones de años; *La Extinción Masiva del Pérmico*, hace 245 millones de años; *El Efecto Invernadero de los Dinosaurios*, hace 115 millones de años; y las *Edades Modernas de Hielo* que ocurrieron desde hace 3 millones de años hasta la actualidad. Por otra parte, existe una relación directa entre la explosión demográfica y la industrialización (el uso de combustibles fósiles) con el calentamiento del planeta, lo cual se ve acentuado a partir de los 1800, cuando la gente empezó a quemar los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas. Asimismo, se sabe que la década comprendida entre los años 2000 y 2009 fue la más caliente que se haya registrado. La tasa actual del cambio climático aumenta tan rápidamente hasta el punto en que la corriente científica actual considera que los seres vivos

en la Tierra, incluyendo a los humanos, no tendrá tiempo para adaptarse a las cambiantes condiciones climáticas. La imagen de la Figura 5 muestra la relación de las anomalías de temperatura y el índice de temperatura global.

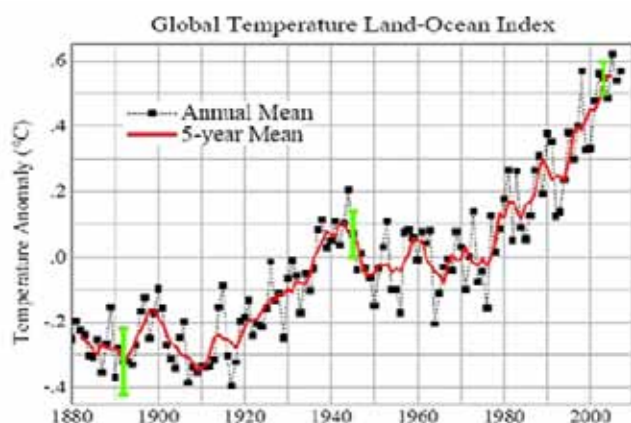


Figura 5. Relación de las anomalías de temperatura y el índice de temperatura global (tomada de NASA; http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/).

LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CLIMA DEL PLANETA TIERRA

Los factores que fundamentalmente influyen en el clima de la Tierra son las nubes, los incendios forestales, las erupciones volcánicas, los océanos y la gente.

Las nubes

Reflejan la luz solar y proveen sombra lo cual asegura que la superficie de la Tierra permanezca fría, el vapor de agua que contienen las nubes es un gas efecto invernadero ya que atrapa calor en la atmósfera al reflejar de regreso la energía hacia la Tierra por lo que entrapa el calor. El papel de las nubes en el cambio climático permanece aún controversial ya que los investigadores no están de acuerdo con relación al efecto real de las nubes, unos consideran que el efecto de la cubierta de nubes es de enfriar, mientras que otros consideran que es el de calentar la Tierra. De todas formas, lo que sí es cierto es que si el calentamiento global continúa habrá un aumento en la cantidad de nubes en la atmósfera, lo cual en este momento no se sabe si ayudará o perjudicará al sistema climático.

Los incendios forestales

Liberan dióxido de carbono (un gas efecto invernadero) a la atmósfera, el dióxido de carbono atrapa el calor y consecuentemente contribuye al calentamiento del planeta. Si un bosque del mismo tamaño del que se quemó crece de nuevo, la misma cantidad de dióxido de carbono que se agregó a la atmósfera durante el incendio será removido por la actividad fotosintética del nuevo

bosque, de ahí la importancia de la reforestación. De esta forma podemos decir que los incendios forestales afectan el Dióxido de Carbono (CO_2) atmosférico a corto plazo pero no en escalas grandes de tiempo.

Las erupciones volcánicas

Envían partículas de ceniza a la atmósfera las cuales bloquean la llegada de la luz solar a la superficie de la Tierra por lo que contribuyen al enfriamiento. La ceniza de los volcanes puede tener efectos a nivel mundial ya que la ceniza en la estratósfera puede viajar grandes distancia. El ejemplo típico es la erupción del Monte Pinatubo en la Filipinas en 1990, el cual envió suficiente ceniza a la atmósfera que logró bajar la temperatura promedio de la Tierra por varios años. Aquí tenemos que recordar que las erupciones volcánicas también liberan dióxido de carbono el cual a través de millones de años causa calentamiento.

Los océanos

Absorben calor, el calor del agua es transportado por las corrientes oceánicas a nivel mundial, dada la capacidad de absorber, y al mismo tiempo distribuir el calor, los océanos ayudan a hacer más lento el proceso de cambio de temperatura en la atmósfera. La interacción océano-atmósfera hace posible la generación de tormentas tropicales y finalmente huracanes.

La gente (los humanos y sus actividades)

Usan grandes cantidades de combustibles fósiles los cuales liberan dióxido de carbono, en general, los organismos vivos producen y consumen gases efecto invernadero, especialmente dióxido de carbono. El carbono, que es el componente fundamental de la vida, es liberado en forma de dióxido de carbono gaseoso durante el uso de los combustibles fósiles pero éste gas es usado por las plantas verdes durante el proceso de la fotosíntesis. El óxido nítrico es un gas producido cuando el nitrato y el amonio presente en los fertilizantes se descomponen en el suelo. El gas metano es producido por microbios en los humedales naturales y en los sembradíos de arroz y también se libera a través del tracto digestivo de los animales de granja (vacas y ovejas).

LA RUTA HACIA EL ENTENDIMIENTO CIENTÍFICO DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

A pesar de las serias discrepancias y lo controversial del tema sobre el *Cambio Climático Global*, en la actualidad se tiene un entendimiento claro del fenómeno, esto gracias a que la influencia de la humanidad en el cambio del clima ha sido bien conocida desde la antigüedad, la gente había sospechado durante mucho tiempo que la actividad humana podría cambiar el clima local. Por ejemplo, los griegos de la antigüedad debatían sobre cómo el talar los bosques podría traer cambios en las precipitaciones para una región. En la actualidad es bien sabido que los bosques absorben y toman el CO_2 de la atmósfera por lo

que las áreas deforestadas experimentan altas emisiones de CO₂. Pero es evidente que también hubo grandes cambios del clima que sucedieron por sí mismos es decir sin la influencia antropogénica.

LA SECUENCIA DE LA EVOLUCIÓN DEL CONOCIMIENTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

En 1896 el científico sueco Svante Arrhenius publicó una nueva idea: *A medida que la humanidad quemaba combustibles fósiles como el carbón, el cual aumenta el dióxido de carbono en la atmósfera terrestre, la temperatura media del planeta aumenta.* A partir de ese momento, la evolución de la secuencia de eventos y descubrimientos sobre el Cambio Climático Global muestra el siguiente panorama:

En la década de los 1930, la gente se dio cuenta de que la región del Atlántico Norte y los Estados Unidos en general se habían calentado considerablemente durante el medio siglo anterior. Sin embargo, sólo una voz solitaria, la del entusiasta G. S. Callendar, insistió en que se veía venir el calentamiento por efecto invernadero.

En la década de 1950, los enunciados y reclamaciones de Callendar estimularon a unos cuantos científicos a estudiar el calentamiento por efecto invernadero con técnicas mejoradas y cálculos detallados. Esto estimuló un fuerte aumento de fondos gubernamentales, especialmente de agencias militares preocupadas por la guerra fría y su interés sobre el clima y los mares.

Las mediciones meticulosas realizadas por C. D. Keeling en 1960, dieron como resultado la demostración de que el nivel de concentración de gases iba en aumento año tras año.

Durante la década de los 1970, algunos científicos idearon modelos matemáticos del clima que arrojaron como resultado identificar que el sistema climático es sorprendentemente variable. Al mismo tiempo, otros investigadores pusieron al descubierto otras formas ingeniosas para recuperar las temperaturas del pasado mediante el estudio de polen y conchas fósiles.

Todos estos estudios arrojaron datos que permitieron afirmar que habían sucedido grandes cambios climáticos, los cuales en el pasado se habían llevado a cabo en un intervalo de pocos siglos. Esta conclusión fue respaldada por modelos de computación de la circulación general de la atmósfera, lo que conllevó a entender cómo hacer predicciones del clima. Sin embargo, el grupo de científicos que revisó los cálculos y los modelos matemáticos encontraron que aunque eran razonables, no se vio la necesidad de tomar ninguna acción política, solo recomendaron poner más esfuerzo en la investigación

científica para saber con certeza lo que estaba sucediendo.

En la misma década de los 1970, surgió el auge del *medio ambientalismo* el cual planteó cuestionamientos públicos acerca de la influencia de la actividad humana sobre el planeta. La curiosidad sobre el clima se convirtió en una preocupación ansiosa. Junto con el efecto invernadero, algunos científicos señalaron que la actividad humana estaba arrojando partículas de polvo y smog a la atmósfera, las cuales podrían bloquear la luz solar y enfriar el planeta. Al mismo tiempo dieron a conocer el análisis estadístico del clima del hemisferio Norte, lo cual mostró que una tendencia al enfriamiento había comenzado en la década de 1940.

En sí, la única cosa en la que la mayoría de los científicos estaba de acuerdo fue en que se tenía un entendimiento muy rudimentario del sistema climático del planeta, por lo que era necesario realizar mucha más investigación científica sobre el clima. De esta forma, las

actividades científicas se aceleraron, incluyendo cantidades masivas de datos, lo cual motivó innumerables viajes oceanográficos y lanzamiento de satélites artificiales. Al cabo de unos pocos años la idea de una edad de hielo, la cual había sido apoyada por una minoría de científicos, fue declinada, y entonces se prestó atención en el calentamiento global. Se hizo evidente que tanto el polvo como el smog generados por los humanos únicamente permanecían en la atmósfera por semanas, mientras que el dióxido de carbono permanecería por siglos y que su concentración aumenta década a década.

Los modelos numéricos y computacionales mejoraron enormemente y empezaron a mostrar que existían saltos de cambios climáticos, los cuales estaban ligados a cambios en la circulación de las corrientes oceánicas. De esta forma los expertos en el análisis del clima predijeron sequías, tormentas, cambios positivos del nivel del mar y otros desastres naturales derivados todos del calentamiento global. Entonces, algunos políticos comenzaron a sospechar que todo esto bien podría ser un asunto público. Al mismo tiempo, los modeladores tuvieron que hacer una serie de suposiciones arbitrarias acerca de las nubes, por lo que otros científicos con más reputación dudaron de la confiabilidad de los resultados.

Mientras tanto, otros investigadores hicieron notar lo poco que se sabía acerca de la forma en que los ecosistemas se interrelacionan con el clima y la atmósfera. Entre otros aspectos, se argumentaba acerca de los efectos de la agricultura y de la deforestación, tanto en aumentar como en sustraer dióxido de carbono del aire. Una vez más, uno de los puntos en que los científicos estuvieron de acuerdo fue en la necesidad de establecer un programa



de investigación más coherente. Sin embargo, la investigación científica siguió en forma desorganizada y el apoyo económico para la investigación aumentó en forma irregular. De esta forma, los esfuerzos de investigación se dispersaron entre los diferentes campos científicos, cada uno con diferente punto de vista con relación al cambio climático.

Un descubrimiento inesperado fue el aumento en el nivel de concentración de metano y otros gases los cuales influirían seriamente sobre el calentamiento global. Algunos de estos gases degradan la capa protectora de ozono por lo que esas noticias realmente irritaban al público al darse cuenta de la fragilidad de la atmósfera terrestre. De todas formas, para los finales de los 1970 las temperaturas globales habían empezado otra vez a aumentar, por lo mismo, muchos científicos estaban ahora convencidos de que el aumento de temperatura era de esperarse a medida que continuaba la acumulación de gases de efecto de invernadero.

En el verano del 1988, la preocupación generalizada por el calentamiento global llegó a ser aparente al identificarse las temperatura más altas registradas en el planeta, pero para el inicio del año 2000 algunos investigadores postularon un calentamiento global sin precedentes, por lo que se realizó una reunión internacional de científicos quienes advirtieron que el mundo debería de tomar pasos decisivos para disminuir la emisión de gases efecto invernadero.

Los resultados y postulaciones del calentamiento global fueron un tanto disímiles según el equipo modelador, la mayor parte de los investigadores encontró que para fines del siglo XXI el calentamiento sería de 3°C y que los niveles de dióxido de carbono se duplicarían; en el otro extremo del espectro otro grupo de investigadores calculó un aumento catastrófico en el calentamiento de 5°C.

En el 2001 los gobiernos del mundo crearon un comité para obtener un asesoramiento más confiable. Este Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) logró llegar a un consenso, además se formuló tan cautelosamente el documento que muy pocos expertos o representantes gubernamentales disputó su contenido (Figura 6). Al mismo tiempo el Panel anuncio que el sistema climático de la Tierra es tan complejo que los científicos involucrados nunca podrán llegar a un completo acuerdo.



Figura 6. Tercer reporte de cambio Climático 2001 del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).

Desde el 2001, los modelos de cómputo han mejorado enormemente y una abundancia de datos de todas clases han reforzado la conclusión de que las emisiones humanas son muy probablemente la causa del serio cambio climático. Las conclusiones del IPCC fueron revisadas y respaldadas por la academia de ciencias de la mayoría de los países, desde Estados Unidos hasta China, así como por las sociedades científicas y virtualmente todas las organizaciones se unieron en un consenso científico.

Finalmente en el 2007, el IPCC informó que la comunidad científica estaba cada vez más segura que los humanos estaban cambiando el clima del planeta (Figura 7), aunque solamente una pequeña fracción del calentamiento postulado había sucedido hasta la fecha, los efectos del cambio climático ya se hacían visibles en algunas regiones, por ejemplo, ondas calientes mortales, inundaciones más grandes, sequías mas pronunciadas, cambios relacionados con el calor en la distribución y comportamiento de especies sensibles. Sin embargo, el panel de científicos no fue capaz de determinar el rango de posibilidades, ya que dependería de las medidas que la gente tome para restringir la emisión de gases, se estimó que para el fin de este siglo debemos de esperar que el promedio de temperatura del planeta se eleve entre 1.4 y 6 °C (2.5–11°F).



Figura 7. Reportes del Cambio Climático 2007 generados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).

Muy a pesar de toda la información y datos disponibles los meteorólogos de televisión, es decir los encargados del pronóstico o previsión del tiempo, muy rara vez, casi nunca, hacen mención del *Cambio Climático*. Esto se debe a que la mayoría de ellos no cree en el cambio climático. Por ejemplo, una entrevista a John Coleman, el fundador del Canal del Tiempo (The Weather Channel) claramente define su posición contra la idea del cambio climático e incluso arremete contra el IPCC. En una encuesta reciente a meteorólogos del tiempo de diversas estaciones de TV de los Estados Unidos realizada por la George Mason University (2011) se determinó que solamente un 19 por ciento de ellos cree que el cambio climático sea causado o inducido por actividades humanas, es decir antropogénico; 29 por ciento considera que el cambio climático es un fenómeno producido por causas naturales; 34 por ciento considera que es el producto de una combinación de causas naturales



y antropogénicas; 9 por ciento no están convencidos, y el 8 por ciento esta indeciso. A pesar de esas estadísticas, el 82 por ciento cree que el clima si esta cambiando. Tal y como lo demuestra la encuesta, la inmensa mayoría de los meteorólogos de TV de los Estados Unidos no cree que las actividades humanas sean las causantes del cambio climático. Solamente el 18 por ciento de los meteorólogos de TV entrevistados estaban conscientes de que hay un consenso científico sobre el cambio climático.

Ya para terminar de escribir el presente trabajo, el 31 de Agosto del 2012, a las 6:29 AM, la Sociedad Americana de Meteorología (AMS - American Meteorological Society) dió a conocer su posición oficial con relación al cambio climático, en ese comunicado no solo se anunció que el cambio climático está ocurriendo, sino aún más importante, que el cambio climático es causado por los humanos.

EN SÍNTESIS, EL DIÓXIDO DE CARBONO QUE SE EMITE HOY AFECTARÁ EL PLANETA POR CIENTOS DE MILES DE AÑOS

Si la humanidad continúa emitiendo gases de efecto de invernadero al aire con los valores actuales, es seguro que recrearemos las condiciones húmedas y calientes que prevalecieron en el planeta Tierra hace cien millones de años, en el Periodo Cretácico.

En la actualidad la humanidad altera el clima a un ritmo de unas 5,000 veces más rápido que el ritmo más rápido de un episodio de calentamiento natural en el pasado geológico del planeta.

La combustión de carbón es aún solo la fuente más grande de todos los gases efecto de invernadero que emiten a la atmósfera de la Tierra; como resultado de esto, el cambio climático continua acelerándose y las moléculas de CO₂ arrojadas a la atmosfera ahora continuarán atrapando calor por siglos.

Para mitigar el calentamiento global el mundo

necesita incursionar a tecnologías energéticas que emitan cantidades dramáticamente más reducidas de gases de efecto invernadero tan pronto como sea posible, sin embargo tal incursión energética tomará décadas para que el cambio climático se detenga o disminuya.

ANTE EL PANORAMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

Toda vez que se ha expuesto el panorama general sobre el Cambio Climático Global, debemos hacer énfasis en las siguientes preguntas derivadas del inminente Cambio Climático que la humanidad enfrentará en este siglo XXI:

¿Cuáles son los riesgos a la salud que enfrentaremos?.

Son por factores biológicos, químicos, físicos, culturales y del estilo de vida que adoptamos.

¿Qué tipos de peligros biológicos enfrentamos?.

Los peligros biológicos más serios que enfrentamos son enfermedades infecciosas tales como la influenza, el SIDA, la tuberculosis, diarreas, y malaria.

¿Qué tipos de peligros químicos enfrentamos?.

Nuestro mayor peligro se deriva de sustancias químicas en el medio ambiente que causan cáncer y defectos de natalidad, así como desordenes en los sistemas inmunológico, nervioso y endocrino en los seres humanos.

¿Cómo podemos evaluar los riesgos químicos?.

Muchos científicos usan animales vivos de laboratorio, así como informes sobre estudios de envenenamiento y epidemiológicos para estimar la toxicidad de componentes químicos, aunque estos métodos tienen limitaciones. Muchos científicos de la salud hacen mas énfasis en la prevención de la contaminación para reducir las sustancias químicas potencialmente ofensivas a la salud.

¿Cómo percibimos los riesgos y cómo podemos evitar el peor de ellos?.

Podemos reducir la mayor parte de los riesgos que enfrentamos estando más informados y pensando críticamente acerca de los riesgos, y sobre todo tomando decisiones más cuidadosas.

¿Cuáles son los principales problemas de la contaminación del aire? Los principales problemas de contaminación del exterior (outdoors) son (1) el smog industrial derivado de la quema de carbón; (2) el smog fotoquímico derivado de los motores de vehículos y de las emisiones industriales; (3) depósito o lluvia ácida derivada de la quema de carbón y del escape (mofle) de los vehículos.

Los principales contaminantes del interior son el humo u el hollín derivados de la quema de madera y carbón, principalmente esto ocurre en los países menos desarrollados), el humo de los cigarrillos, y los químicos que se usan en materiales de construcción y en productos de limpieza.

¿Cómo debemos combatir la contaminación del aire? Tanto las herramientas legales, como económicas y tecnológicas nos pueden ayudar para limpiar la contaminación del aire, pero la mejor solución es la prevención de la contaminación del aire.

¿Cómo podría cambiar el clima de la Tierra en el futuro? La evidencia científica recabada indica que el calentamiento de la atmósfera terrestre se debe a una combinación de efectos naturales y antropogénicas y además que este calentamiento muy probablemente conlleve a una disrupción climática de dimensiones significantes durante este milenio.

¿Cuáles son algunos posibles efectos de una atmósfera más caliente? El cambio rápido en la temperatura atmosférica que se prevee tiene consecuencias severas y de larga duración, incluyendo un aumento en las sequías y las inundaciones, el aumento del nivel del mar y el cambio en la localización de tierras de cultivo y hábitats silvestres.

¿Qué podemos hacer para desacelerar el cambio climático proyectado? Podemos reducir las emisiones de gas efecto de invernadero y las amenazas de disrupción climática que permitirán ahorrar dinero y mejorar la salud humana, todo esto si reducimos el derroche de energía y utilizando más los recursos energéticos renovables limpios.

¿Qué son los residuos sólidos y residuos peligrosos, y por qué son problemas? Los desechos sólidos contribuyen a la contaminación y la pérdida de recursos valiosos que podrían ser reusados o reciclados, los desechos peligrosos

contribuyen a la contaminación así como también a la degradación del capital natural, problemas de salud y muertes prematuras.

¿Cómo debemos tratar los residuos sólidos? Un procedimiento sustentable de los residuos sólidos sería primero reducirlos, luego reusarlos o reciclarlos y finalmente confinarlos en un sitio seguro.

¿Por qué son la reutilización y reciclado de materiales tan importantes? El reusar materiales y artículos disminuye el consumo de materia y de recursos energéticos, además reduce la contaminación y la degradación del capital natural; el reciclar así lo mismo pero a mucho menos escala.

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de quemar o enterrar residuos sólidos? Las tecnologías del incinerado y sepultamiento de los residuos sólidos se han desarrollado bastante bien, pero el incinerar los residuos contribuye a la contaminación del aire y del agua y también a la emisión de gases efecto invernadero. El incinerar desechos eventualmente contribuye a la contaminación y degradación de los recursos terrestres y acuáticos.

¿Cómo debemos tratar los residuos peligrosos? Un primer intento más sustentable para tratar los residuos peligrosos es producir menos de ellos, después el reúso y el reciclaje, y luego convertirlos a materiales menos peligrosos y finalmente almacenar los que queden en una forma segura.

¿Cómo hacer la transición a una sociedad más sostenible? Cambiar a

ser una sociedad de bajos desechos requiere que los individuos y los negocios reduzcan el uso de recursos y que reutilicen y reciclen los desechos tanto a escalas local, nacional, como global.

¿Hasta dónde puede llegar el Cambio Climático?

El Cambio Climático Global ha pasado de ser una fábula a ser una realidad inevitable, éste fenómeno afecta todos los aspectos de la vida de nuestro planeta. Los seres humanos tenemos una gran responsabilidad, las acciones que se tomen deben de ser en conjunto: gobiernos, universidades, empresarios y cada individuo para garantizar un verdadero impacto global.

EL comité editorial de la revista Epistemus agradece al Dr. José Longoria su aportaciones y la distinción que nos hace al considerar a este proyecto editorial para difundir sus reflexiones en torno a este tema.





LA FUERZA DEL METABOLISMO: SOBREPESO Y OBESIDAD

SANDRA MIREYA GÓMEZ CUADRAS

El problema de nuestro siglo en materia de salud es el sobrepeso y la obesidad. El estado de Sonora es la entidad federativa del país y de la zona fronteriza cuya población registra más sobrepeso y obesidad, ya que más del 70% de la población está afectada por esta enfermedad (Secretaría de Salud). Cabe destacar que la obesidad y el sedentarismo son factores que contribuyen al desarrollo de las enfermedades crónicas no transmisibles, las cuales son responsables del 66% de los fallecimientos en México. Los padecimientos más frecuentes son la enfermedad coronaria, diabetes, enfermedad cerebrovascular, hipertensión arterial, insuficiencia renal, cáncer de mama, colón, próstata, endometrio y riñón, así como el síndrome metabólico.

Es por este motivo que el objetivo de este trabajo es transmitir un mensaje que de la pauta para despertar la inquietud por regular el balance energético de nuestro cuerpo que redunde en un peso y composición corporal saludable y está dirigido a todas aquellas personas que deseen tomar el control de su metabolismo y la salud en general.

M.C. SANDRA MIREYA GÓMEZ CUADRAS
División de Ingeniería-Universidad de Sonora-URC
Correo: smgomez@iq.uson.mx

*Autor para correspondencia: M.C. Sandra Mireya Gómez Cuadras
Correo electrónico: smgomez@iq.uson.mx
Recibido: 20 de septiembre de 2012
Aceptado: 7 de noviembre de 2012



EPISTEMUS: www.epistemus.uson.mx

INTRODUCCION

Las estadísticas no mienten. La gran mayoría de la población tiene sobrepeso y una de cada cuatro personas ya está en una condición de obesidad. El mayor problema es que la tendencia es clara: la situación continúa empeorando año tras año. Muchas de las personas que tratan diversas dietas de moda, se dan por vencidas porque observan que hacen el esfuerzo y son pobres los resultados; otros se deprimen al ver como algún familiar o conocido que es flaco, come todo lo que ellos no pueden comer y sin embargo sigue siendo un flaco esquelético, aunque coma dulces, chocolates y pastelitos todos los días. Por otra parte, es algo ilógico que por alguna misteriosa razón algunos de nosotros engordamos con solo "mirar la comida". A este fenómeno se le ha llamado el "metabolismo lento" y se ha popularizado a tal nivel que cualquier persona que observe que engorda con mucha facilidad o que tiene gran dificultad para bajar de peso lo usa para describir su condición aunque no pueda explicarse lo que la palabra "metabolismo" quiere decir. Para la gran mayoría de la población "metabolismo lento" quiere decir "como poco engordo mucho".



CONCEPTUALIZACIÓN DE METABOLISMO

Para tener una idea más clara de lo que es el metabolismo podemos definirlo como " la suma de todos los movimientos, acciones y cambios que ocurren en el cuerpo para convertir los alimentos y los nutrientes en energía para sobrevivir"(1). El cuerpo humano está compuesto de materia. Son componentes como agua, grasa, proteínas, carbohidratos y minerales. Todos estos componentes están animadas por la vida que hay en nosotros pero

a su vez responden a las leyes de la física y los átomos. Los organismos vivos, para sobrevivir, deben poder tener movimiento, pero este deberá ser un movimiento ordenado y a un ritmo adecuado. Por ejemplo: si nuestro corazón va a un ritmo demasiado lento sería un riesgo casi igual de severo que si va a un ritmo demasiado rápido.

FACTORES QUE AFECTAN EL METABOLISMO

Existe varios factores que reducen el metabolismo y que si se combinan pueden lograr que una persona empiece a tener un "metabolismo lento", por lo que es importante conocer los factores que lo reducen porque esto permitirá evitar o vencer una condición de "metabolismo lento" ya que el tener un metabolismo ágil puede ser una garantía de tener una buena salud.

CARBOHIDRATOS REFINADOS

El sobrepeso y la obesidad son factores que reducen el metabolismo, quizá esto es debido al uso excesivo de azúcares y carbohidratos refinados. Cabe aclarar que los carbohidratos son alimentos necesarios pero que existen dos calidades: Los naturales y los refinados. Los naturales son aquellos que están en su estado natural y que no han sido sometidos a un proceso industrial, como ejemplo tenemos a los vegetales y las frutas. En cambio los carbohidratos refinados son productos de la industria alimentaria que han sufrido una variedad de procesos de pulido, blanqueado, molido y refinación. También dentro de los carbohidratos naturales existen algunos que son de sabor muy dulce, lo que significa que son muy altos en azúcares que se pueden convertir en grasa. Como ejemplo tenemos el plátano dominico, el mango o las pasas; en cambio hay frutas que no son excesivamente dulces como las fresas, la manzana y la pera.

Cuando los carbohidratos se procesan industrialmente pierden una buena parte de su valor nutritivo (vitaminas y minerales) y se convierten en alimentos que nos engordan fácilmente. Los procesos industriales son violentos de tal forma que los carbohidratos refinados contienen moléculas tan pequeñas que el cuerpo humano los convierte en glucosa sin mucho esfuerzo y todo lo que aumente demasiado la glucosa en el cuerpo genera un exceso de grasa corporal. Hay que hacer notar que mas del 85% de los diabéticos tienen sobrepeso y que son diabéticos porque sus niveles de glucosa son demasiado altos y como los altos niveles de glucosa promueven una generación de grasa corporal, por ende tienen sobrepeso. Ahora cuando nos comemos una dona (harina de trigo con azúcar) el cuerpo la convierte rápidamente en cantidades enormes de glucosa y eso crea un exceso de glucosa en la sangre lo cual provoca que nos engorde y esto es lo que sucede en el proceso de engordar. Esto nos hace pensar que la obesidad es debido al uso indebido de carbohidratos refinados, pero que por lo contrario los carbohidratos naturales como los vegetales son excelentes como alimento y no reducen el metabolismo ni contribuyen a la obesidad. Con excepción



del maíz y la remolacha, todos los otros vegetales nos ayudarán a adelgazar y a proteger nuestro metabolismo.

La remolacha se utiliza hoy en día como fuente principal del azúcar blanca refinada debido a su alto contenido en carbohidratos, por lo que sustituyó a la caña de azúcar que hace años se usaba para producir el azúcar. Por otro lado, pocos alimentos engordan más que el maíz por su alto contenido en azúcar fructosa, por lo que hoy en día el maíz y sus derivados son utilizados para engordar a los cerdos, la gallina y al ganado.

Existe una realidad económica detrás de todo esto. Lo que más produce dinero a los fabricantes de alimentos es precisamente los carbohidratos, ya que las proteínas como las que se encuentran en la carne, queso y huevos, producen poca ganancia (2). Los fabricantes más grandes de alimentos son compañías como General Foods, Quaker Oats, Nabisco, Kellogg's y la compañía Nestlé, y lo que producen y venden son carbohidratos refinados como jugos en polvo con azúcar, galletas, avena, hojuelas de maíz (corn flakes), dulces y chocolates, por lo cual se les considera como la mayor fuente de ingresos de la industria alimentaria.

Por otra parte, los carbohidratos refinados son adictivos ya que producen en el cuerpo un aumento de la serotonina que es una sustancia calmante que se produce en el cerebro. El problema aquí es que estos carbohidratos

llegan a afectar nuestro estado emocional y crean una dependencia adictiva por el efecto calmante que producen y esto está enfermando a la población, aunado a que cada día hay más sobrepeso, obesidad y diabetes.

DESHIDRATACIÓN

El cuerpo humano está compuesto principalmente de agua. Se calcula que debe ser un mínimo de 65%. Se ha visto que mientras más obesas están las personas mayor será la cantidad de grasa y menor la proporción de agua en el cuerpo. En las personas delgadas hasta el 65% de sus cuerpos son agua y en los obesos el por ciento de agua se reduce hasta 40%. La realidad es que si una persona quiere adelgazar tendrá que tomar mucha agua como medida principal, esto porque cuando tomamos agua lo que añadimos principalmente al cuerpo es oxígeno, el cual es el elemento que permite la combustión de la grasa y es lo que más impulsa el metabolismo. Ahora, hay que aclarar que tomar agua y tomar jugos o refrescos no es lo mismo. De la forma que funciona el cuerpo, si el agua es agua sin ningún sabor, el cuerpo la envía al torrente sanguíneo y aumenta la hidratación y el oxígeno a nivel celular, lo cual no sucede con los refrescos de dieta o no de dieta, café, jugos, alcohol (vino, cerveza, licor), etc., ya que estos tienden a deshidratar el organismo(2).



Así que tomar suficiente agua es vital para poder recuperar el metabolismo y adelgazar. Es inclusive necesaria para la salud ya que el agua permite que el cuerpo elimine los compuestos tóxicos (por la orina) e inclusive ayuda a evitar el estreñimiento. Por lo tanto, la cantidad de agua necesaria para el cuerpo debe ser equivalente a su tamaño, o sea, mientras mas grande sea el cuerpo mayor será su necesidad de agua. La recomendación general que estamos acostumbrados a escuchar es que se deben tomar 8 vasos de $\frac{1}{4}$ de litro de agua al día y a falta de otra mejor, esta es una buena recomendación, pero hay que aclarar que no es exacta.

GLÁNDULA TIROIDES

Los humanos tenemos una glándula que está localizada en el área del cuello que se llama tiroides y sus hormonas controlan tanto el metabolismo como la temperatura del cuerpo. Sin entrar en detalles, las personas que tienen problemas con su glándula tiroides padecen de una condición llamada "hipotiroidismo", para la cual existen medicamentos como el Eutirox o Novotiral. Cuando la persona padece esta condición puede sentir uno o varios de los siguientes síntomas: Alto colesterol, Dificultad para adelgazar, Depresión, Frío en las extremidades, Problemas digestivos, Retención de líquidos Cansancio continuo e insomnio entre otros. Una de las manifestaciones principales del hipotiroidismo es la fuerte tendencia al sobrepeso y a la obesidad, por lo que las personas que la padecen se les hace casi imposible adelgazar porque su metabolismo es extremadamente lento ya que la tiroides es la que lo controla(3).

Por lo tanto, si se presentan varios de los síntomas de hipotiroidismo y también tiene metabolismo lento, entonces, hay problema con la glándula tiroides.

Por otro lado, la tiroides requiere de algunos nutrientes, vitaminas y minerales como yodo, zinc, magnesio, cobre, manganeso, selenio y el aminoácido L- tirosina que si no se cubren y existe una deficiencia la obliga a fallar en su función, lo cual puede ocasionar un hipotiroidismo con su

resultante "metabolismo lento".

Otros factores que afectan el metabolismo son la Temperatura del cuerpo, ya que la tiroides la controla, así como el Estrés, los aceites Poliinsaturados, Alergias, Desayuno deficiente, Intolerancias del cuerpo (por ejemplo: intolerancia a la proteína de trigo llamada Gluten) y finalmente la Mala digestión.

SOLUCIONES PROBABLES

El problema es complejo, así que además de implementar acciones que ayuden a bajar los índices de sobrepeso, obesidad y metabolismo lento debemos:

Tomar mucha agua. El agua mejora la digestión porque elimina la acidez excesiva y crea el medio de transportación más efectivo que existe para los nutrientes de la sangre.

Usar enzimas digestivas. Son una verdadera ayuda para ayudar al metabolismo ya que ayudan al cuerpo a digerir la comida en su totalidad y eso aumenta la absorción de los nutrientes y eso sube el metabolismo.

Reducir los carbohidratos refinados. Tales como pan, harina, pasta, arroz y azúcar, dado que estos provocan un exceso de acidez.

No combinar alimentos que no combinan bien. Por ejemplo frutas y queso, los vegetales en general combinan bien con las carnes, huevos y quesos, pero las frutas se fermentan cuando se les combina con las proteínas de estos alimentos y todo lo que fermenta producirá gases, lo cual tiende a reducir el metabolismo.

Finalmente, a veces tendemos a pensar que las soluciones a un problema deben ser complejas mientras tenemos la solución "justo enfrente de nosotros".

BIBLIOGRAFÍA

- 1) <http://Wikipedia>, la enciclopedia libre
- 2) Suárez, F.2011. El Poder del Metabolismo. Editorial litográfica Ingramex, S. A. de C. V. México, D. F.
- 3) [Http://metabolismo: Cómo medirlo \(en casa\)](http://metabolismo: Cómo medirlo (en casa))





EL USO DE LAS TECNOLOGÍAS WEB DE RED SOCIAL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

JESÚS ANTONIO ZEPEDA LLAMAS

Las redes sociales, creadas a través de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), han despertado durante los últimos años, el interés de los académicos por utilizarlas en provecho de la educación. Al abordar el debate de si son apropiadas o no para implementarlas en los procesos educativos, surgen opiniones a favor, pero la evidencia en contra es mayor. Algunas características de las tecnologías web de red social son interesantes, pero son las costumbres de uso actual es la razón principal para no usarlas en procesos educativos. Aquí se deriva un debate sobre si en la actualidad, es conveniente o no, utilizar las tecnologías web de red social en apoyo al proceso educativo. El objetivo de este trabajo es difundir dicho debate a través de diferentes experiencias e investigaciones.

M.C. JESÚS ANTONIO ZEPEDA LLAMAS
 Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación
 Correo: antonio@ntic.uson.mx
 Universidad de Sonora

*Autor para correspondencia: M.C. Jesús Antonio Zepeda Llamas
 Correo electrónico: antonio@ntic.uson.mx
 Recibido: 7 de septiembre de 2012
 Aceptado: 8 de noviembre de 2012



EPISTEMUS: www.epistemus.uson.mx

INTRODUCCIÓN

Las redes sociales mediadas por las tecnologías de la información y la comunicación, permiten que la comunicación entre los integrantes se realice a través de diferentes dispositivos como los teléfonos inteligentes, computadoras personales, computadoras portátiles y tabletas. Permiten que el mensaje se realice a través de texto, imagen, audio y video. La comunicación en este tipo de redes sociales, pasa por encima de limitantes de distancia (pues internet provee el sistema de comunicación) y de tiempo (pues los mensajes quedan resguardados sin importar la hora en que fueron escritos o serán leídos). Estas características resultan interesantes y pueden ser utilizadas para apoyar el proceso de enseñanza aprendizaje.

La experiencia nos dice que también hay características consideradas "inconvenientes", dado que las tecnologías de información dan acceso a trabajos ya concluidos, permiten copiarlos, dificultan saber quiénes son los autores reales de los trabajos, y la posibilidad de que un alumno cometa fraude, es alta. Además, para el alumno es difícil enfocarse en lo académico pues a través de estas tecnologías se comunican con personas ajenas al curso y/o que manejan otros intereses constituyendo un gran distractor.

De aquí se deriva un debate sobre si en la actualidad, es conveniente o no, utilizar las tecnologías web de red social en apoyo al proceso educativo. El objetivo de este trabajo es difundir dicho debate a través de diferentes experiencias e investigaciones.

LAS REDES SOCIALES

Al decir "redes sociales" asociamos esta frase con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y a las personas comunicándose a través de ellas, pero no es así necesariamente. Una red social se conforma por personas que se relacionan a través de compartir diferentes intereses, como familia, país, escuela, deportes, artes, ciencias, política, etcétera. Pero, por el uso de las TIC para mediar la comunicación, al escuchar redes sociales, las asociamos con las plataformas web. De acuerdo a Wikipedia (1) un servicio web de red social, se apoya en una plataforma en línea, y permite compartir ideas e intereses diversos entre sus integrantes.

Ahora, las tecnologías web de red social ¿Tienen aspectos apropiados para apoyar la educación? Se podrá decir que sí, porque las inteligencias de las personas integradas por este tipo de redes sociales pueden combinarse, conformando una visión de grupo. Por ejemplo, Paz, et al. (2) consideran que como resultado del uso estratégico de las TIC, se estaría promoviendo una especie de revolución en el conocimiento generando la llamada sociedad del conocimiento la cual "heredaría dos fenómenos basados en las innovaciones: Las redes sociales y la inteligencia colectiva". Es decir, al aumentar la comunicación y el conocimiento colectivo, la discusión y acuerdos, pueden llevar a la sociedad a funcionar como una unidad, por ejemplo, los movimientos sociales iniciados en el 2010 en el norte de África y Medio Oriente, ha trascendido que fueron promovidos y organizados a través de redes sociales mediadas por las TIC. Bajo estas



ideas podemos suponer que las tecnologías web de red social son apropiadas para la discusión en línea y el trabajo colaborativo, lo que es bueno para el trabajo académico en equipo.

Pero al hablar de las tecnologías web de red social en la educación superior, Sotomayor (3) dice que nos tenemos que remitir necesariamente a la introducción de las TIC en las universidades y a los problemas que surgieron de esa implementación. Las mismas dudas se presentan en la actualidad con la idea de utilizar las tecnologías web de red social ¿No generarán mas distracción que beneficios? Crovi (4) por su parte, explica que en la educación de finales del siglo XX y principios del XXI las TIC se volvieron muy populares y los organismos internacionales involucrados en el diseño de políticas educativas, las consideraron muy útiles para llevar educación a más estudiantes y reducir el problema de la oferta educativa. Este problema es real frente a la demanda creciente por más educación superior en México. Además, la investigadora de la UNAM considera que estaríamos en camino de una "virtualización" de la enseñanza, con la ventaja de ser presencial o en línea, sin embargo en el 2007 se observó en la práctica, que gran parte de la planeación en esta área se concibió desde el "determinismo tecnológico que pone atención desmedida en la infraestructura técnica descuidando el proceso educativo". ¿Pasará lo mismo con las tecnologías web de red social? Recordemos se habla de tecnologías que pueden ser un "apoyo", pero es el académico quien tiene la responsabilidad mayor en el proceso educativo y la esencia de su trabajo en el modelo formal es irremplazable.

Por otro lado, Cabero y Llorente (5) reconocen el fenómeno de las redes sociales mediadas por TIC, aceptando que Internet se está convirtiendo en el medio de comunicación predilecto de todos y por supuesto, el de las nuevas generaciones, "... tal como se puede comprobar a través de la significatividad que las redes sociales han ido alcanzando en los últimos años, donde lo importante comienza a ser no el hecho de utilizar la red, sino formar parte de ella a través de los múltiples escenarios que se nos ofrecen".

También, se puede considerar interesante la agilidad de los nuevos estudiantes universitarios en el uso de las TIC en general, llamándolos nativos digitales, por haber crecido, viendo y usando computadoras. Sin embargo, en las academias vemos que pasar horas jugando o platicando a través de las TIC no les genera un provecho

necesariamente académico. También sabemos, que la información no es equivalente a conocimiento.

Cuando un alumno utiliza un buscador como Google y al encontrar información, no hace análisis y sólo copia y pega, luego presenta ese documento como si fuera un trabajo propio ¿Diríamos que estamos formando un buen estudiante? Esta "habilidad de meter una o dos palabras en un buscador" no es equivalente ó meritoria de conocimiento, como copiar tareas tampoco implica necesariamente aprendizaje suficiente. En la misma idea, esto de utilizar las tecnologías web de red social en la educación sólo porque están ahí, o porque maestros y alumnos las usan para comunicarse, tampoco es garantía de provecho académico por parte de unos o de otros.

UNA VISIÓN POSITIVA

Entre los más entusiastas de aprovechar las tecnologías web de red social en la educación están Sotomayor (3) quien dice que hay un buen aprovechamiento de las redes sociales en la enseñanza de lenguas extranjeras en la Universidad de Salamanca, también Bonk(6), quien hace una caracterización sobre las redes sociales mediadas por TIC, aplicadas en escuelas estadounidenses, observa que estas redes dan un sentido de pertenencia y permite interactividad social, creando desde amistades hasta movilizaciones masivas; herramientas como Facebook lo permiten y sistemas como Moodle, proveen los espacios de contenidos necesarios.

También hay otros aspectos positivos a considerar, por ejemplo, Cabero y Llorente(5), mencionan que las redes sociales mediadas por las TIC cubren funciones como entretenimiento, socialización, permiten expresar ideas y difundir creaciones propias en distintos formatos, apoyados por herramientas de la web 2.0 tales como Blog, Podcast, Wikis, Facebook, MySpace, entre otros, que han impulsado la interacción social en la red. Sí, es verdad que la libertad de expresión es importante dentro de las sociedades y la expresión de ideas nuevas y la producción creativa son aspectos muy deseables en el proceso educativo.

RESISTENCIA AL CAMBIO

Lozano (7), en el 1^{er} Coloquio Competitividad y Capital Humano Factores del Desarrollo del Tercer Milenio, presentó una investigación sobre el uso de las tecnologías web de red social por parte de estudiantes de nivel licenciatura y "el objetivo fue identificar si las redes sociales mediadas por TIC, constituyen procesos de aprendizaje





en su formación profesional". En resumen, los resultados arrojaron que las redes sociales mediadas por TIC, en este momento, no ayudan al proceso de aprendizaje en su formación profesional porque sólo las están utilizando para relacionarse y entretenerse, no necesariamente en actividades productivas académicas.

Así mismo, Croviy López (8) realizan un estudio donde segmentan por áreas de disciplina la situación del uso de las TIC en la UNAM, sobre lo que llamaron "acceso, uso, y apropiación de las TIC en materia educativa", encontrando que para estudiantes de ciencias biológicas y de la salud, físico-matemáticas e ingenierías, las TIC son un recurso cotidiano y fundamental en muchos niveles de uso académico, laboral y social; para los de ciencias sociales son sólo un instrumento de socialización, y para los de humanidades y artes, apenas una herramienta de uso muy secundario. Esto es importante pues nos sugiere que habría pertinencia de utilizar las tecnologías web de red social en apoyo de algunos cursos, excepto en ciencias sociales, humanidades y artes.

Sobre utilizar académicamente las redes sociales mediadas por TIC, muchos alumnos tienen una actitud de rechazo. Espuny et. al. (9), nos dicen "... es cierto que nuestros alumnos no se han mostrado especialmente entusiastas con el uso didáctico de las redes sociales, y eso está en relación directa con que nunca las han utilizado

en el contexto académico". La inserción de las TIC formalmente en los procesos académicos en educación superior dan lugar a buscar implementar el uso de tecnologías que soportan las redes sociales, no sólo por la afinidad que los estudiantes les tienen, sino porque hay características interesantes de provecho para fines académicos. Pero, como se ha mencionado, se requiere de un material ad hoc para estudiar las propuestas didácticas que se han realizado en diversos foros; esto de implantar una visión, un método, o una herramienta como son las redes sociales mediadas por TIC en un ejercicio de improvisación es una tentación en la que muchos caen.

EN LA UNIVERSIDAD DE SONORA

En la Universidad de Sonora, en el área de nuevas tecnologías de la información y la comunicación, de manera paralela a la plataforma de trabajo, hemos experimentado utilizando como herramienta de apoyo a Facebook, MSN Messenger, Youtube, y Blogger entre otras, creando grupos de discusión, para envío y recepción de actividades terminadas en diferentes formatos, como canal de comunicación individual y para mensajes grupales. De esta experiencia se puede decir que si se cumplió con lo esperado en términos de comunicación, y entregas de tareas, sin embargo, no se puede negar que resultan un gran distractor, que en ocasiones hubo problemas de entendimiento, confusión en las instrucciones. Pero



también es necesario aclarar que en el curso introducción a las nuevas tecnologías de

la información y la comunicación es natural experimentar con dichas tecnologías porque son objeto de estudio de la materia y por lo tanto no es equiparable a otros cursos donde si serían propiamente un apoyo. Además, se ha observado en la experiencia que algunos alumnos rechazan mezclar la academia con "Facebook" ó cualquier otra tecnología web de red social, pues las consideran como algo de uso muy personal, las usan más como distracción, para comunicarse con amigos, familia, parejas, divertirse, jugar, etcétera.

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

Si el alumno tiene una actitud de rechazo a utilizar las tecnologías web de red social en clases, ya se convierte en un problema, y si al mismo tiempo es herramienta de distracción, utilizarlas es un error.

Existen muchas tecnologías web de red social que son diferentes entre sí y ofrecen características especiales cada una de ellas. Pasan por encima de limitaciones de distancia y tiempo, y pueden ser aprovechadas solo si el maestro y los alumnos tienen acceso a estas tecnologías y además tienen la madurez y compromiso suficiente para establecer un acuerdo de uso y respetarlo.

Las tecnologías web de red social no van a desaparecer y aunque hoy sea un problema la actitud de los alumnos para aprovecharlas como apoyo en cursos de educación superior, quizá en el futuro sea más viable su uso. Lo que si queda claro es que no se debe improvisar.

En la mayoría de las investigaciones y experiencias discutidas aquí podemos ver la inconveniencia de utilizarlas, sin embargo, si han de implementarse, deberá reconocerse si los beneficios esperados son mayores a los problemas de distracción y pérdida de tiempo que surgirán, por lo que deberá establecerse una estrategia

que incluya conocer las tecnologías web de red social, caracterizarlas, seleccionarlas, justificar por qué y cómo es que serán un apoyo para un curso completo, un parcial, o solo un ejercicio ó práctica escolar.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Wikipedia(s.f.). Red Social. [Documento en línea] Fecha de consulta: 19 de Febrero de 2012 de http://es.wikipedia.org/wiki/Red_social
- 2) Paz, Marco; Cabrera, Sofía; Sánchez, Homar. (2009). Redes Sociales: La nueva oportunidad. Ed. Infotec. México. ISBN: 978-607-7763-02-4.
- 3) Sotomayor, Gilda. (2012). Las redes sociales como entornos de aprendizaje colaborativo mediado para segundas lenguas en la Universidad de Salamanca. [Documento en línea] EDUTEC Revista electrónica de Tecnología Educativa No. 34 / Diciembre 2010 ISSN: 1135-9250. Fecha de consulta: 12 de Febrero de 2012 en: http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec34/pdf/Edutec-e_n34_Sotomayor.pdf.
- 4) Cровi, Delia. (2007). Educar en la era de las redes. Universidad Nacional Autónoma de México y SITESA Ediciones. México. ISBN: 970-32-4120-4-UNAM, ISBN: 970-629-188-1-SITESA.
- 5) Cabero, J.; Llorente, M. (2010). Comunidades virtuales para el aprendizaje [Documento en línea]. EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Núm. 34/Diciembre. ISSN1135-9250. Fecha de consulta: 12 de febrero de 2012 en: <http://edutec.rediris.es/revelec2/revelec34/>
- 6) Bonk, Curtis J. (2011). The World is open: How web technology is revolutionizing education. Ed. Jossey-Bass Awileyinprint. San Francisco Ca. USA. ISBN: 978-1-1180-1381-6.
- 7) Lozano, María. (2012). El Uso de las Redes Sociales en estudiantes de Nivel Licenciatura. Una aproximación de su contribución como proceso de aprendizaje en la formación profesional. [Documento en línea] Memorias del 1er Coloquio Competitividad y Capital Humano Factores del Desarrollo del Tercer Milenio, Universidad Autónoma de Baja California, Campus Tijuana. Ediciones ILCSA S.A. de C.V. Tijuana, B.C., México. 2010. ISBN: 978-607-7736-32-5. Fecha de consulta: 16 de Febrero de 2012 en: <http://promepca.sep.gob.mx/archivospdf/produccion/Producto1282020.PDF#page=437>.
- 8) Cровi, Delia; López, Rocío. (2011). Tejiendo voces: Jóvenes universitarios opinan sobre la apropiación de internet en la vida académica. [Documento en línea] Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales. Vol.56, n.212, pp. 69-80. ISSN 0185-1918. Fecha de consulta: 20 de Febrero de 2012 en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-19182011000200005&script=sci_arttext
- 9) Espuny, Cinta et al (2011). Actitudes y expectativas del uso educativo de las redes sociales en los alumnos universitarios. En: El impacto de las redes sociales en la enseñanza y el aprendizaje [Documento en línea]. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC). Vol. 8, n.º 1, págs. 171-185. UOC. ISSN 1698-580. Fecha de consulta: 17 de Febrero de 2012 en: <http://rusc.uoc.edu/ojs/index.php/rusc/article/view/v8n1-espuny-gonzalez-lleixa-gisbert/v8n1-espuny-gonzalez-lleixa-gisbert>.



LA PARTÍCULA DE DIOS

RICARDO RODRÍGUEZ MIJANGOS

The God particle es el título del libro de divulgación escrito por León Lederman en coautoría con Dick Teresi, publicado en 1993. La denominada partícula de Dios o partícula divina en el título de este libro es el bosón de Higgs, predicha por Peter Higgs teóricamente hace 46 años, en el marco de una teoría de la física de partículas denominada teoría estándar.

*Autor para correspondencia: M.C. Ricardo Rodríguez Mijangos
Correo electrónico: mijangosl@cifus.uson.mx
Recibido: 7 de septiembre de 2012
Aceptado: 6 de noviembre de 2012

DISCUSIÓN CUALITATIVA

Leon Lederman explica la importancia de esta partícula y en respuesta a por qué le puso el título respondió: “fue idea del editor, en realidad yo le puse el título de God damn particle (partícula maldita por Dios) porque nadie podía encontrar esa maldita cosa”. El editor trastocó las palabras finalmente tituló el libro *The God particle*. La realidad de que haya sucedido así es dudoso, ya que Leon Lederman es un humorista irredento. Su libro es una historia en parte autobiográfica y llena de humor. Da detalles interesantes de sus primeros hallazgos experimentales en la física de partículas y de la investigación cuya coronación fue el Premio Nobel en 1988. También de su experiencia de haber sido Director del Fermilab (ubicado en Illinois cerca de Chicago USA) de 1978 a 1989, en el cual se encontraba el acelerador de partículas más potente y se dieron los primeros pasos para tratar de detectar el Bosón de Higgs.



Leon Max Lederman (1922-)

El autor hace referencias históricas de los pensadores que tuvieron la idea de que la materia estaba compuesta por partículas. La referencia obligada es Demócrito, que pensó que si a un material lo partía por la mitad y uno de los pedazos otra vez por la mitad y así sucesivamente, llegaría finalmente a una pieza elemental a la que denominó átomo. Ahora sabemos que la materia ésta compuesta por átomos, pero con el ánimo de determinar una pieza fundamental única, a esta pieza Lederman la denomina a-tomo, que realmente son dos: el electrón y el quark. En los átomos convencionales de la tabla periódica, las partículas del núcleo, protones y neutrones están compuestos por quarks y alrededor de estos están los electrones. El cuchillo imaginario de Demócrito ahora es una realidad: los aceleradores de partículas,

haciéndolas chocar, “las despedazan” logrando conocer componentes básicos. Lederman imagina un sueño donde platica con Demócrito en las instalaciones del Fermilab, el filósofo griego está sentado sobre un tubo metálico ancho, teniendo a los lados mazos de cables que se pierden en el fondo oscuro del laboratorio y Lederman le dice que está sentado en una parte de lo que sería su cuchillo.

El relato del libro explica que una pieza fundamental en la teoría de partículas es el denominado bosón de Higgs, asociado a un campo que permea todo el universo denominado campo de energía de Higgs. El comportamiento de las partículas en la naturaleza, a nivel microscópico es explicado a través de la mecánica cuántica, que implica que todo está cuantizado, es decir, que se da en paquetes discretos de energía, a los campos está asociado un paquete discreto o partícula, para el campo de Higgs está partícula asociada es el Bosón de Higgs. Para tratar de entender lo anterior, a continuación se realiza una analogía asociada al campo electromagnético, con el que estamos más familiarizados.

Las partículas cargadas y en movimiento establecen un campo electromagnético e interaccionan con partículas con características equivalentes (ejemplo, electrones) a través de ese campo o equivalentemente, a través de los paquetes cuantizados o partículas denominados fotones. A las partículas portadoras de la interacción se les denominan bosones y a las partículas que interaccionan se les denomina fermiones (el fotón es una partícula con masa igual a cero).

En la denominada teoría estándar* de partículas se unifican tres de las cuatro fuerzas de la naturaleza conocidas: nuclear, electromagnética y débil. Para lograr esta unificación se encuentra que los bosones portadores de las interacciones diferentes a la electromagnética tienen masa distinta de cero, lo cual se corroboró experimentalmente. Se requería un mecanismo que otorgara masa a las partículas, es donde aparece Higgs que hace 46 años predijo que existía un campo: el campo de Higgs y su correspondiente paquete o cuanto discreto asociado: el bosón de Higgs. Su importancia al detectarlo es que en gran parte queda consolidada la unificación de tres fuerzas de la naturaleza.

En la física del estado sólido se conoce un fenómeno que tiene cierta similitud en relación al otorgamiento de masa a las partículas: cuando un electrón pasa a través de un arreglo ordenado (cristal) de átomos positivamente cargados la masa del electrón puede incrementarse tanto como 40 veces. Algo similar sucedería a una partícula en el campo de Higgs, otorgándole masa. En este sentido podría pensarse que el apodo partícula de Dios es “válido”, ya que el campo de Higgs teniendo como paquete cuantizado al bosón de Higgs, establecería: “te otorgo masa, ya eres materia”. El obtener masa, es a

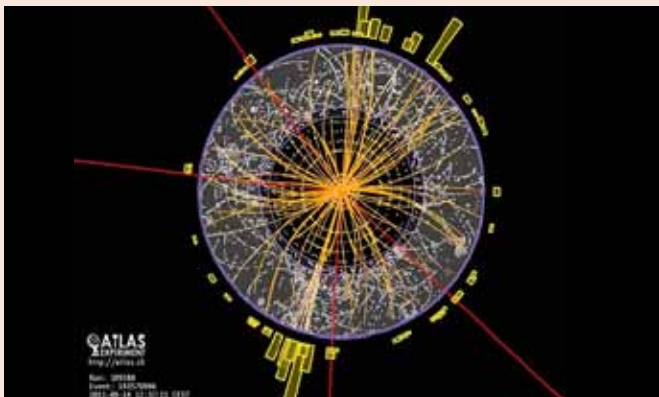
través del campo de Higgs, incluso el mismo Bosón de Higgs obtiene masa de éste campo.

La unificación de las cuatro fuerzas de la naturaleza fue el gran reto de Albert Einstein, que después de desarrollar la teoría de la relatividad general, se abocó toda su vida a este problema. La primera unificación se dio en el siglo XIX, cuando la electricidad y el magnetismo, que se suponían fenómenos independientes, se unificaron en la teoría electromagnética, lo cual realizó James Clerk Maxwell. Posteriormente, en la segunda mitad del siglo XX, Steven Weinberg (estadounidense) y Abdú Salam (paquistaní radicado en Inglaterra), por separado, propusieron la teoría electro-débil: la fuerza débil es la responsable del fenómeno de la radiactividad en los núcleos. Ambos obtuvieron el Premio Nobel por su hallazgo.

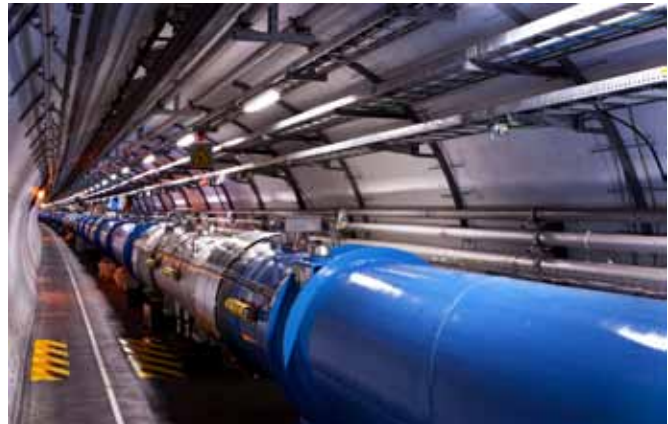
Existen teorías que unifican además de las tres fuerzas mencionadas antes, la gravitacional, en las teorías de gran unificación o GUT's, por sus siglas en inglés. Involucra conceptos asociados a teoría de cuerdas y similares, pero encontrar experimentalmente su validez se avizora algo muy lejano.

La detección el 4 de julio del 2012 del bosón de Higgs con una certidumbre del 95% augura que será una fecha histórica en la física. ¿Qué queda pendiente para obtener el 100 % de certeza? Medir el spin, que consiste en un giro intrínseco de la partícula. También bosones y fermiones se pueden clasificar por la magnitud de este giro o spin, que según la mecánica cuántica sólo permite ciertas magnitudes específicas: si es un número entero de veces ($s=0,1,2,\dots$) proporcional a una constante fundamental de la naturaleza, llamada constante de Planck, entonces es un bosón, si es proporcional a un número semientero ($s=1/2, 3/2,\dots$) es un fermión.

En el caso del bosón de Higgs, $s=0$, es lo que está pendiente de verificar experimentalmente en el CERN.



El LHC (LargeHadronicCollider) está haciendo colisionar protones a 8 Teraelectronvols (TeV) energía que se encuentra en las fronteras de la Física de altas energías y cuyos experimentos han culminado en el hallazgo altamente probable del Boson de Higgs.



Una vista de las entrañas del LHC. El inmenso tubo en cuyo interior chocan las partículas está al alto vacío y a muy bajas temperaturas, tiene una circunferencia de 27 kilómetros es parte del CERN (siglas en francés de Organización Europea para la Investigación Nuclear) se encuentra ubicado a 100 metros bajo tierra en la frontera de Francia y Suiza. Es el acelerador más potente en la actualidad y trabajan en distintos periodos de tiempo del orden de 10000 científicos de gran cantidad de países del mundo, incluido México. (Daniel Tapia Takaki egresado de la Licenciatura en Física UNISON y con posgrado obtenido en el DIFUS-UNISON). Se considera que la infraestructura del CERN es el complejo científico tecnológico más sofisticado construido por el ser humano hasta hoy.



Peter Higgs felicita a una de las científicas participantes en el proyecto que detectó el Boson de Higgs. 4 de julio de 2012 (CERN)

*Al lector interesado en la Teoría Estándar se le sugiere consultar un texto de veinte páginas en la dirección:

<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/modeloestandar.pdf>

BIBLIOGRAFÍA:

- 1) Lederman, Leon, Teresi Dick. La Partícula Divina. Ed. Crítica 2007.



PRESENTAN EL LIBRO "MI MÉXICO ES MINERO"

Una publicación para promover el conocimiento de las Ciencias de la tierra y la Minería

El 23 de agosto se presentó en la Universidad de Sonora el libro "Mi México es minero", cuyo objetivo es promover el conocimiento de las Ciencias de la Tierra y la Minería, impulsar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes en ese campo disciplinario.

Rogelio Monreal Saavedra, académico del Departamento de Geología, autor de la obra, destacó la importancia de promover esta industria y hacer especial énfasis en que el sector minero es una actividad sustentable que protege el medio ambiente. La obra forma parte de un proyecto que tiene el propósito de desarrollar una serie de materiales educativos por parte de la Asociación de Ingenieros Mineros Metalurgistas y Geólogos de México, Distrito Sonora. Esta obra dirigida a estudiantes de educación secundaria y público en general con contenidos como geografía, química, tectónica de placas, volcanismos, recursos del suelo, regiones mineras, transformación de materiales, los minerales, exploración-extracción de yacimientos minerales y la importancia de la minería en la vida diaria y cuidado del ambiente.

"Mi México es Minero" está ampliamente ilustrado con fotografías de rocas, minerales, minas y plantas de beneficio e incluye temas como: qué es la minería, qué es un mineral y cómo se forma, qué es un yacimiento mineral, una mina, una planta de beneficio, qué tipo de profesionistas trabajan

en la minería, la importancia de la minería en nuestras vidas, cómo se descubre una mina, qué es la exploración y explotación minera, pasos para hacer una mina, cómo se extraen los minerales de las rocas, la minería y el respeto al medio ambiente y el cuidado del medio ambiente durante los procesos mineros.

"Mi México es Minero" será de utilidad para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes, y que sea una semilla para despertar el interés por el estudio de las Ciencias de la Tierra y el aprovechamiento sustentable de sus recursos minerales.

Monreal Saavedra agradeció el apoyo del coautor del libro, el estudiante del octavo semestre de Geología, Bernardo Figueroa Ibarra, así como el financiamiento de varias compañías mineras para hacer posible el primer tiraje de 20 mil ejemplares del libro. Los comentaristas del libro fueron Manuel I. Guerra Robles por la Unison, Carlos Manuel Salazar Galindo, Director general de Educación Secundaria, René Gándara Quiroz, representante de Fideicomiso de Fomento Minero en la entidad, así como René López Félix, miembro de la Asociación de Ingenieros de Minas Metalurgistas y Geólogos de México, Distrito Sonora y como

moderador estuvo el Ing. Rafael Pacheco Rodríguez.

Puede tener acceso a la versión electrónica en la página: www.aimmgmac-son.org.mx, www.ingenierias.uson.mx. Para mayores informes: aimmgmacson@gmail.com.



PRESENTA UNISON SU PLAN DE DESARROLLO SUSTENTABLE

La sustentabilidad no sólo está relacionada con el cuidado del ambiente, sino también con garantizar un desarrollo económico competitivo, una mejor distribución de la riqueza y una sociedad más justa y equilibrada, consideró el Rector Heriberto Grijalva Monteverde, al poner el marcha el Plan de Desarrollo Sustentable (PDS) de la Universidad de Sonora. El 26 de septiembre, ante funcionarios estatales y municipales, docentes, investigadores y estudiantes de las unidades Centro, afirmó que esta iniciativa tiene como propósito prevenir, disminuir y eliminar el impacto que las funciones sustantivas de la alma máter ocasionan al ambiente, a la salud, y a la economía.

Para lograr lo anterior, la máxima casa de estudios implementará en sus seis campus, diez programas, 37 líneas de acción y 47 metas institucionales agrupadas en tres ejes rectores. Se trata de una visión de trabajo a 25 años, que la convierten en una institución de educación superior pionera en este tipo de acciones, subrayó el Rector.

El primer eje, explicó, está enfocado a la formación de profesionistas de calidad con una visión del desarrollo sustentable del estado y del país desde su disciplina; el segundo está relacionado con la gestión administrativa,

a fin de manejar eficientemente los recursos naturales, energéticos, de infraestructura e insumos de la institución, y el tercero tiene que ver con la difusión efectiva y promoción de la conciencia ambiental. Agregó que a través del portal www.sustentabilidad.uson.mx es posible consultar el Plan completo, actividades en curso, iniciativas, disposiciones administrativas, esfuerzos de vinculación, investigaciones y todo lo relacionado con el ambiente y desarrollo sustentable.

Grijalva Monteverde aclaró que el PDS es una herramienta de participación que integra a todos los universitarios y sociedad en general; que retoma los esfuerzos orientados a la sustentabilidad desarrollados desde 1992 por catedráticos, científicos y alumnos de esta casa de estudios, pues la experiencia en este aspecto es

amplia, recordó.

En 1994, la Universidad de Sonora fue la primera universidad mexicana en incorporar un curso de desarrollo sustentable en la currícula, esto en la Licenciatura en Ingeniería Industrial y de Sistemas, y actualmente existen diez cuerpos académicos relacionados con el tema de sustentabilidad, añadió.



OTORGAN PREMIO A LA TRAYECTORIA Y MÉRITO ACADÉMICO AL MAESTRO JAIME VARELA SALAZAR 12 de Diciembre de 2012

El 12 de diciembre el rector de la Universidad de Sonora, Heriberto Grijalva Monteverde entregó hoy el Premio a la Trayectoria y Mérito Académico 2012 al docente e investigador Jaime Varela Salazar, en reconocimiento a sus aportaciones científicas y de servicio académico por más de cuatro décadas, que lo han convertido en un pilar del cuerpo docente del Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad de Sonora

Catedráticos universitarios de diversas áreas del conocimiento, alumnos de licenciatura y de posgrado, y varios egresados, coincidieron en un solo aplauso para también ellos expresar su reconocimiento al pionero en estudios de ingeniería ambiental en Sonora, y quien ha contribuido a formar a más de 5,000 profesionistas de la Ingeniería Química,

Por ser un ejemplo para sus alumnos y compañeros, por motivar cada día a los estudiantes a ampliar su visión sobre el mundo y por compartir su saber, valores y experiencia con varias generaciones de egresados, la máxima casa de



estudios de estado otorga el "Premio Universidad de Sonora a la Trayectoria y al Mérito Académico" al maestro Jaime Varela Salazar, y comparte con él la emoción y el orgullo de ser un búho universitario, concluyó el Rector.

El catedrático recibió un reconocimiento, un estímulo económico y una medalla acuñada en plata con el escudo de la Universidad de Sonora, que simboliza este premio. Varela Salazar agradeció a la Universidad esta distinción, agregó que frente a los vertiginosos cambios que se presentan hoy en día en el mundo, la Universidad debe responder, porque es el producto social más valioso de los sonorenses.



Maestría en Ciencias-Geología

Posgrado incluido en el Padrón Nacional de Posgrados de calidad del CONACYT quien otorga becas para el estudio .

Objetivo General. El objetivo general del programa de Maestría en Ciencias-Geología es el de formar maestros en ciencias de alto nivel con calidad y excelencia, capaces de participar en el análisis y solución de problemas geológicos tradicionales y de frontera, utilizando el método científico, y respondiendo con oportunidad a las necesidades del desarrollo científico y tecnológico del país. Contribuyendo con ello al fortalecimiento de la capacidad de los profesionales que desempeñan en las áreas de conocimiento de la **Geología Regional, Yacimientos Minerales e Hidrogeología y Geología Ambiental.**

Las opciones antes mencionadas se desglosan en varias áreas de la geología como: **cartografía, geoquímica, tectónica, estratigrafía, petrología, vulcanología, geología estructural, hidrología, geohidrología, geología ambiental, riegos naturales y geología económica.**

Perfil de Ingreso. Por las características de este posgrado, el candidato a ingresar a este programa de maestría requiere tener ciertos conocimientos, habilidades y actitudes básicos:

- 1) Conocimientos básicos de matemáticas, física y química.
- 2) Competencia para la comprensión y redacción de textos académicos en español e inglés.
- 3) Habilidades básicas de investigación documental, experimental y de trabajo de campo.
- 4) Dominio de procesadores de palabras, hojas de cálculo y herramientas computacionales de dibujo.
- 5) Capacidad para trabajar de forma organizada y responsable.
- 6) Promedio mínimo de 80 en la licenciatura.

Perfil de Egreso. Al concluir el programa de maestría, el egresado tendrá los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para:

- 1) Diseñar e implementar proyectos de investigación básica y/o aplicada de calidad en áreas específicas de las Ciencias de la Tierra.
- 2) Identificar y proponer alternativas de solución a problemas relacionados con las Ciencias de la Tierra, que se presenten en el medio social o productivo.
- 3) Colaborar con profesionales de otras disciplinas en el desarrollo de proyectos y solución de problemas en forma interdisciplinaria.
- 4) Participar en la investigación y desarrollo de nuevas metodologías.

Plan de estudios. El alumno podrá cursar la maestría enfocándose en cualquiera de las tres opciones de especialidad: 1) Geología Regional, 2) Yacimientos Minerales y 3) Hidrogeología y Geología Ambiental.

La duración normal de este plan de estudios es de cuatro semestres, con un mínimo de 100 créditos: 56 créditos corresponden a cursos obligatorios básicos y específicos, 36 créditos a cursos obligatorios básicos (Temas Selectos de Investigación), 20 créditos a cursos específicos (a seleccionar 2 de 6 cursos, según el área de especialidad), 20 créditos a cursos opcionales, y 24 créditos a tesis.

Cursos Obligatorios

Cursos Obligatorios Básicos: son cursos que requieren llevar todos los estudiantes, sin importar su área de selección (Temas Selectos de Investigación I, II, III y IV).

Cursos Obligatorios Específicos: son cursos enfocados a área de las opciones de especialidad (tectónica regional,

geoquímica, yacimientos minerales y petrografía de menas, estratigrafía avanzada, petrología avanzada, hidrogeología avanzada). El alumno asesorado por su tutor selecciona dos de estos cursos.

Cursos Opcionales:

- Geología y Análisis Estructural
- Geología del Noroeste de México
- Microfacies
- Petrología de Rocas Detríticas
- Cuencas Sedimentarias y Ambientes de Depósito
- Petrología de Rocas Ígneas
- Petrología de Rocas Metamórficas
- Metalogenia de Minerales Estratégicos
- Hidrogeoquímica Aplicada
- Excursiones Geológicas
- Temas Avanzados en Geología I
- Temas Avanzados en Geología II
- Temas Avanzados en Geología III
- Fisicoquímica

Organización del Plan de Estudios

Primer- semestre

Curso Obligatorio u Opcional
Curso Obligatorio u Opcional
Temas Selectos de Investigación I

Segundo semestre

Curso Obligatorio u Opcional
Curso Obligatorio u Opcional
Temas Selectos de Investigación II

Tercer semestre

Curso Obligatorio u Opcional
Temas Selectos de Investigación III

Cuarto semestre

Temas Selectos de Investigación IV
Presentación de Tesis

MAYORES INFORMES

Dr. Rogelio Monreal Saavedra
Coordinador de la Maestría
en Ciencias-Geología
Tel. 662 2592110,

Correo: monreal@ciencias.uson.mx
Universidad de Sonora.
Hermosillo, Sonora, México.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Universidad de Sonora División de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia

Invitan al:



XXII CONGRESO INTERNACIONAL DE METALURGIA EXTRACTIVA

Avances en Metalurgia,
Materiales y Medio Ambiente

en Honor a:

Dr. Jesús Leobardo Valenzuela García

A efectuarse en Hermosillo, Sonora, México de 17 al 19 de abril de 2013

ÁREAS DE INTERÉS

- Hidrometalurgia y Biolixiviación
- Procesamiento y Caracterización de Minerales
- Pirometalurgia y Electrometalurgia
- Tratamiento de Residuos y Efluentes
- Sustentabilidad de las Operaciones Minero-Metalúrgicos
- Biorremediación y Medio Ambiente
- Corrosión
- Materiales Compuestos
- Desarrollo de Nuevos Materiales
- Caracterización de Materiales Metálicos
- Polímeros y Cerámicos
- Modelación, Simulación y Control de Procesos

COSTOS DE INSCRIPCIÓN:

Antes del 30 de Marzo de 2013

Asistente	\$ 1,500.00
Ponente	\$ 1,000.00
Estudiante	\$ 500.00

Antes del 31 de Marzo de 2013

Asistente	\$ 2,000.00
Ponente	\$ 1,500.00
Estudiante	\$ 500.00

HOTEL SEDE:

Hotel Araiza Hermosillo
Teléfonos
Nacional 01 800 026-5444
U.S.A. 1800 026-2492
Fax: (662) 106-1700

www.cime.uson.mx

MARÍA TERESA CERTUCHA BARRAGÁN
mtcertucha@iq.uson.mx

FCO. JAVIER ALMENADRIZ TAPIA
fjalmenadariz@iq.uson.mx

ONOFRE MONGE AMAYA
onofrema@iq.uson.mx

LUIS ALONSO ALMAZAN HOLGUIN
lalmazan@guaymas.uson.mx

UNIVERSIDAD DE SONORA

Rosales y Blvd. Luis, Edificio 5B, Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000, Tel: (662) 259-21-06, 07 y Fax: 259-21-05