

EPISTEMUS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD

UNIVERSIDAD DE SONORA, DICIEMBRE DE 2011, NÚMERO 11



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

CIENCIA, INVESTIGACIÓN Y SALUD

CONTENIDO:

Ciencia, Informática y medicina

Fotónica Biomédica

Harina de trigo y mezquite

Sistemas de prótesis exoesqueléticas

Algoritmos en sistemas de heliostatos

Cámaras germicidas de luz ultravioleta

Nuevas tecnologías de la información

Bioética en la información universitaria

Jatropha Curcas: Biocombustibles

Bonos de carbono y sustentabilidad

Comunicación de la ciencia: Política pública

Indexada en:

Sistema Regional de Información
en Línea 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"

PROGRAMAS DE LA VINCULACIÓN

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

UNIDAD REGIONAL CENTRO

La División de Ingeniería considera la vinculación con los sectores productivos una actividad estratégica y prioritaria. Sus programas se insertan en proyectos que impactan el desarrollo del Estado de Sonora.

Gracias a los recursos humanos calificados, a la investigación, la infraestructura física y equipo con que cuenta, le permite ofertar servicios y apoyos de calidad. Brinda soluciones a problemáticas de la región a través de: laboratorios, bufetes, asesorías, estancias, cursos, talleres, prácticas profesionales, servicio social, entre otros. Participan los programas de ingeniería civil, minas, industrial, sistemas de información, mecatrónica, ingeniería química y metalurgia y los postgrados de ciencia de materiales y de ingeniería.

CENTRO DE ASISTENCIA METROLÓGICA

Brinda servicios especializados en materia de medición y calibración de materiales y equipo del sector productivo para promover la competitividad.

CAPACITACION Y ACTUALIZACIÓN

Impartición permanente de asesorías, cursos, talleres, diplomados, etc.

CENTRO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN TRANSPORTE DE SONORA

Apoya la solución de problemas y mejora del sistema de transporte carretero en el ámbito local, regional, estatal, con especial énfasis en el entorno fronterizo.

GEOTÉCNIA Y CONSTRUCCIÓN

Estudios de mecánica de rocas, suelos, resistencia de materiales, levantamiento, diseño, cálculo y estudios geofísicos.

BUFETE DE INGENIERÍA CIVIL

Proporciona servicios profesionales de ingeniería a particulares, instituciones gubernamentales y/o a la comunidad en general. Elabora planos, levantamientos topográficos deslindes, entre otros.

ÁREA DE ENERGÍA

Realiza estudios de alternativas para el ahorro y fuentes renovables de energía, monitoreo de parámetros climatológicos y solarimétrico, evaluación de conductividad térmica de materiales y sustancias.

ESTUDIO DE MATERIALES

Analiza la caracterización de materiales por microscopía electrónica de transmisión y mediciones de equipo, estudios de microscopía electrónica de transmisión, mediciones, identificación y caracterización de compuestos.

ÁREAS ESTRATÉGICAS

Industria
Manufactura
Minería
Geotecnia
Metalurgia
Medio Ambiente
Innovación Tecnológica
Planeación Urbana
Ing. Alimentos
Energía
Construcción
Metrología
Biotecnología
Hidráulica
Transporte
Formulación de proyectos
Redes de comunicación
Sistemas de información
Desarrollo sustentable

INDUSTRIA MINERA

Evaluación de prospectos mineros, asesorías, identificación y preparación de minerales, caracterización físicoquímica, pruebas de lixiviación, digitalización de planos, diseño de software, etcétera.

INGENIERÍA AMBIENTAL

Estudios para control integral de residuos y materiales peligrosos, evaluación de la calidad microbiológica del aire, agua suelo. Estudios de auditoría ambiental, impacto ambiental, contaminación.

METALURGIA

Apoya al desarrollo de la industria minera a través de estudios y evaluación de las condiciones óptimas en el beneficio de minerales y materiales en general..

MANUFACTURA Y MÉTODOS

Apoyo en automatización y procesos, estudio de tiempos y métodos de trabajo, análisis ergonómico de estaciones de trabajo, diseño y distribución de planta, estudios de calidad y productividad.



INFORMES DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Teléfono: (662) 259-21-57 O bien en cada Departamento www.ingenierias.uson.mx



CONTENIDO

DIRECTORIO 2

EDITORIAL 3

BASES 4

INVESTIGACIÓN



FOTÓNICA BIOMÉDICA: ESTUDIO DE MÚSCULO PAPILAR CARDÍACO DE RATA POR MEDIO DE FOTONES 5

Alejandro Apolinar Iribe, Adolfo Virgen Ortiz, Paloma Del Consuelo De La Torre Sánchez



ELABORACIÓN DE UN EXTRUIDO TIPO CEREAL PARA DESAYUNO BASADO EN HARINA DE TRIGO INTEGRAL (*Triticum aestivum*) y MEZQUITE (*Prosopis glandulosa*): EVALUACIÓN SENSORIAL Y CALIDAD PROTEICA 10

María Del Refugio Falcón Villa, Orlando Tortoledo Ortiz, Nina Gisella Heredia Salazar



PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS DE CONTROL EN LABVIEW PARA UN SISTEMA DE MINI HELIÓSTATOS 15

Jesús Horacio Pacheco Ramírez, María Elena Anaya Pérez, Víctor Hugo Benítez Baltazar, Nun Pitalúa Díaz, Gilberto Chávez López



DISEÑO DE SISTEMAS DE PRÓTESIS TRANSFEMORALES EXOESQUELÉTICAS: UNA APLICACIÓN IMPORTANTE DE LA BIOMECATRÓNICA 22

Ángel Benjamín Gutierrez Cureño, Martín Antonio Encinas Romero, Waldemar Gómez Montes, Jesús Abraham Villalobos Leyva.



MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA UNIVERSIDAD DE SONORA, UNIDAD REGIONAL CENTRO 28

Clara Rosalía Álvarez Chávez, Jesús Enrique Cruz Mirazo, María Engracia Arce Corrales, José Luis Braisea Aldaco, Javier Esquer Peralta



CARACTERIZACIÓN POR ESPECTROSCOPÍA microRAMAN DE NUEVE SULFUROS MINERALES 35

Inocente Gpe. Espinoza Maldonado, Ramón Antonio Silva Molina, Raúl Castillo Pinelli, Rogelio Gámez Corrales



PROTOTIPOS DE DOS CÁMARAS GERMICIDAS DE LUZ ULTRAVIOLETA DE BAJO COSTO 41

Guustavo Vázquez Polo, Ricardo Rodríguez Mijangos, Gilberto Gonzales Boué, Felipe Barffuson



FLUJOS ELECTROKINÉTICOS 46

Denniz Márquez Ruiz, Laura Lorenia Yeomans Reyna



EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE ADSORCIÓN DE CADMIO Y ZINC DE UN EFLUENTE CONTAMINADO UTILIZANDO UNA RESINA QUELANTE 52

Ramona G. Martínez Meza, Luis Alonso Almazan Holguín



NÚMERO DE CETANO Y CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS EN SEMILLAS DE ESPECIES DE ZONAS ÁRIDAS 58

José Manuel Llano Sotelo, Luis Ángel Medina Juárez, Alejandro Emilio Castellanos Villegas

DESDE LA ACADEMIA



CIENCIA, INFORMÁTICA Y MEDICINA: INTERVENCIONES PARA LA SALUD MENTAL 62

Salvador Ponce Serrano



NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (NTIC) Y LA AUTO-FORMACIÓN EDUCATIVA 67

Guillermo Arreaga García, Silvio Oreste Topa



BIOÉTICA EN LA INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA; UNA PROPUESTA DESDE LOS DERECHOS HUMANOS 73

Manuel Alberto Santillana Macedo, Eunice Gaxiola Villa, Daniel Bernal Méndez Médico, Ana Lourdes Mata Pineda.



LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE CARGA DE UN CAPACITOR 79

Horacio Munguía Aguilar



JATROPHA CURCAS: UNA PLANTA PARA BIOCOMBUSTIBLES CON POTENCIAL EN SONORA 82

Arturo Soqui León, Juan Manuel Vargas López, Rafael Canett Romero

POLÍTICAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



BONOS DE CARBONO Y SU CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO SUSTENTABLE: PROPUESTA PARA SU EVALUACIÓN EN MÉXICO 87

Alberto Platt Carrillo, Margarita Sánchez Bours, Jorge Luis Taddei Bringas.



LA COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA COMO POLÍTICA PÚBLICA: DECLARACIÓN DE MORELIA 94

Rafael Pacheco Rodríguez

CTS-EPITEMUS



INSECTICIDAS CASEROS: BENEFICIO A CORTO PLAZO...¿DAÑO A LARGO PLAZO? 97

María Lourdes Aldana Madrid, Margarita Falcón Etchechury

BREVIARIOS DE CIENCIA 101

NOTI-INGENIO 102

CIENTIGRAMA 104

EPISTEMUS



UNIVERSIDAD DE SONORA

EPISTEMUS. Año 5, No. 11, julio – diciembre 2011, es una publicación semestral arbitrada y es editada por la Universidad de Sonora a través de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud. Blvd. Luis Encinas y Blvd. Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo Sonora; Tel. (662) 2592 136, (662) 2592 157, www.uson.mx, www.ingenierias.uson.mx, pacheco@correom.uson.mx. Editor responsable: Rafael Pacheco Rodríguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2010-020313043300-102. ISSN: en trámite; ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Licitud de Título y Contenido: en trámite, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Color Express de México, S. A. de C. V., 12 de octubre No. 130, Col. San Benito, C.P. 83190, Hermosillo, Sonora; este número se terminó de imprimir el 5 de diciembre de 2011, con un tiraje de 1000 ejemplares.

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

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

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

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

REVISTA EPISTEMUS

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



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 Peñuñuri
Vicerrectora de la Unidad Regional Centro
M.D.O. Manuel Ignacio Guerra Robles
Director de Vinculación y Difusión

DIRECCIÓN GENERAL

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

DIRECCIÓN EJECUTIVA

Ing. Rafael Pacheco Rodríguez

DIRECCIÓN EDITORIAL

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

COMITÉ EDITORIAL (En este número)

Dr. Mario Enrique Álvarez Ramos
Dr. Carlos Lizárraga Celaya
Dr. Eduardo González Partida
Dr. Eduardo Verdín López
M.C. Gilberto García Navarrete
Dr. Francisco José Rivas Santoyo
M. C. Mario Guzmán Márquez
M. C. Margarita Muñoz Combs
Dr. Fernando Herrera F.
M.C. Sandra Mireya Gómez Cuadras
Dra. Guillermina Camarillo Santamaría
Dr. Juan Manuel Vargas López
Dr. Alejandro E. Castellanos Villegas
Dr. Abrahan Rogelio Martín García
Dr. Isidro Ramos Torres
M.C. Jesús Leonel Servín Rodríguez
Dra. Onofre Monge Anaya
M.C. Gustavo Jesús Ozuna Huerta
M.C. Carlos Anaya Heredia

CORRECCIÓN DE ESTILO

Guadalupe Ximena Maytorena Espinoza

DISEÑO

LDG Benito Montaño

IMPRESIÓN

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

El país requiere de un Programa Nacional de Divulgación Científica Tecnológica y el establecimiento de políticas públicas por parte de los tres sectores de gobierno para que el conocimiento científico impacte favorablemente a la educación, a la cultura, a la innovación y la competitividad.

Con el nombre de *Comunicación de la Ciencia como Política Pública* del 3 al 7 de octubre pasado se realizó el XIII Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia y la Técnica en Morelia Michoacán. Un aspecto relevante del congreso fue la Declaración de Morelia, documento base para gestionar y promover diferentes pronunciamientos ante las entidades gubernamentales de los tres niveles, instituciones de educación superior, sectores productivos y sociedad en general, para que el conocimiento científico y tecnológico sea un común denominador, estratégico en el fortalecimiento de la economía y la innovación tecnológica, la educación y la cultura de la sociedad para lograr un país más igualitario, democrático y sustentable. Postula en términos generales lo siguiente: El conocimiento que generan las Instituciones de Educación Superior y los Centros de Investigación Científica y Tecnológica pueden contribuir a resolver problemas que van desde los cotidianos y personales, hasta los económicos, sociales y culturales y los de alcance colectivo. La comunicación de la ciencia está llamada a cumplir una función social cada vez más definida y relevante.

Epistemus se une a esta iniciativa, retoma los postulados del congreso y hace lo propio al difundir la Declaración de Morelia.

Como en cada edición, se incluyen las secciones de *Investigación, Desde la academia, Políticas de ciencia y tecnología y CTS-Epistemus*.

En *Investigación* iniciamos con un resumen de los resultados obtenidos de la caracterización mecánica de músculo papilar cardiaco de rata utilizando fotones. Con la finalidad de dar una alternativa en alimentación se expone un estudio agregando vainas del mezquite en la elaboración de harina de trigo integral. Desde siempre la sociedad busca generar energía eléctrica con métodos que sean amigables al medio ambiente, una opción factible la ofrece la tecnología de torre central, que utiliza el principio de concentración solar, el reto es programar e implementar los algoritmos de control para automatizar el movimiento de los helióstatos.

La pérdida de una o varias extremidades en las personas se considera algo muy doloroso, tanto físico y moralmente, sin embargo, el uso de una prótesis adecuada lleva al paciente a un estado funcional; la biomecánica aporta algunos elementos. La luz

ultravioleta es una alternativa cada vez más popular que sustituye al uso de productos químicos para la desinfección de agua, se presenta un proyecto para la construcción de dos prototipos experimentales para la desinfección superficial de microorganismos. La contaminación de la industria minera en el medio ambiente es conocida, se dan a conocer los resultados del estudio para disminuir concentraciones de cadmio y zinc.

En la sección *Desde la academia* resaltan los artículos que tienen que ver con la ciencia, informática y medicina, como una herramienta para conocer y diagnosticar a los pacientes. Una preocupación de las universidades para fortalecer el perfil profesional de los estudiantes, es el uso de las Nuevas Tecnologías de la Información, se exponen algunas reflexiones. En otro apartado, se aborda el tema de la bioética con el objetivo de proponer a la comunidad científica y académica las bases normativas y éticas para el desempeño de investigación universitaria con seres humanos. Ante la necesidad de encontrar nuevos y mejores combustibles para satisfacer la demanda de energéticos, sobre todo de carácter ecológico, ha llevado a enfocar las investigaciones hacia el piñón (*Jatropha curcas*), una planta subutilizada que ha mostrado la conveniencia de explotarla comercialmente.

En *Políticas de ciencia y tecnología*, en el ámbito ambiental, se propone una metodología basada en la Teoría de Utilidad Multi-Atributos para medir la contribución al desarrollo sustentable de los proyectos. En otro orden, se incluye la Declaración de Morelia, emanada del XVIII Congreso Nacional para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica de la SOMEDICyT el cual, es un pronunciamiento para que el Estado considere la Comunicación de la Ciencia como Política Pública, se proponen compromisos específicos a nivel nacional y regional.

En *Ciencia, tecnología y sociedad* (CTS-Epistemus) se expone la preocupación del uso indiscriminado de los insecticidas en los hogares para combatir plagas, lo cual puede ser peligroso si no es supervisado por un especialista.

Como en otras ediciones se presentan las secciones de: *Noti-ingenio* en donde se mencionan las noticias más relevantes del semestre. En *Breviarios de ciencia* se aborda un tema de interés persigue el objetivo de analizarlo en los salones de clase con su maestro, y el *Cientigramas* representa un reto para evaluar su conocimiento en ciencia y tecnología.

Esperamos sea de su interés

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

OBJETIVO

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

ÁREAS GENERALES DE CONOCIMIENTO

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

DIRIGIDA A

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

CONTENIDO DE LA REVISTA

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

ENFOQUE DE LOS ARTÍCULOS

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

ARBITRAJE

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

- Arbitraje académico: En todos los casos, los artículos serán arbitrados por pares académicos.

- Arbitraje de divulgación: Se evaluará el lenguaje y el significado de lo expuesto para que no pierda la idea original al tratarlos como artículos de divulgación. Participan en el arbitraje de académicos, expertos en divulgación científica.

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

CARACTERÍSTICAS DE LOS ARTÍCULOS

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

FECHAS DE RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS

- Fecha límite de recepción de artículos: 10 de marzo del 2012.
- Diseño e impresión: junio de 2012.

Mayores informes: Con el responsable de la División correspondiente.
Versión Electrónica: www.ingenierias.uson.mx



FOTÓNICA BIOMÉDICA: ESTUDIO DE MÚSCULO PAPILAR CARDÍACO DE RATA POR MEDIO DE FOTONES

ALEJANDRO APOLINAR IRIBE, ADOLFO VIRGEN ORTIZ,
PALOMA DEL CONSUELO DE LA TORRE SÁNCHEZ

En el presente artículo se hace una breve revisión del campo de estudio de la fotónica biomédica y se presenta un resumen de los resultados obtenidos de la caracterización mecánica de músculo papilar cardíaco de rata utilizando fotones.

Un aspecto importante de esta investigación es la diferencia encontrada entre las ratas hembra y macho, que muestran claramente que el músculo papilar de ratas hembra es más elástico en comparación con las ratas macho.

DR. ALEJANDRO APOLINAR IRIBE
Departamento de Física, Universidad de Sonora,
Correo: apolinar@ciencias.uson.mx

DR. ADOLFO VIRGEN ORTIZ
Departamento de Ciencias Químico Biológicas y Agropecuarias, Unidad Regional Sur, Universidad de Sonora,
Navjoa, Sonora. Correo:

PALOMA DEL CONSUELO DE LA TORRE SÁNCHEZ
Médico General, residente de especialidad en pediatría,
Universidad Nacional Autónoma de México, Hospital del Niño y la Mujer, Cd. Obregón, Sonora, México.
Correo: chemapa@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Existe la historia, no confirmada, que durante la guerra de Siracusa, Arquímedes armó a cientos de guerreros con espejos de metal que centraban la luz del sol en los barcos romanos para destruirlos. Así como esta historia referente a la luz existen muchas semejantes. Desde tiempos inmemoriales a la luz se le ha buscado aplicar en muy diversas áreas del quehacer humano y se le atribuyeron poderes mitológicos, religiosos y sobrenaturales.

En el caso del uso de la luz como método para “sanar” el cuerpo, la mente y el alma, se remonta a los antiguos egipcios, hindúes, romanos y griegos, los cuales construyeron templos para adorar a los poderes terapéuticos de la luz. En la India Dhanvantar, dios del sol, es el médico de los dioses y un maestro de las artes de la curación a los seres humanos. En la mitología griega, Apolo, el dios de la curación, que enseñó la medicina al hombre, es también llamado el Dios del Sol o el “Dios de la Luz” (1). Estos ejemplos son una muestra del reconocimiento de la humanidad a lo que hoy conocemos como interacción de fotones con materia biológica y de su uso curativo, es decir en la medicina.

El campo de la óptica consiste en el estudio de la generación, propagación e interacción con la materia de la luz visible, es decir, radiación electromagnética que puede ser vista y percibida por el ojo humano (ver Fig. 1). Sin embargo, cuando se considera a fotones que el ojo humano no puede percibir ni ver; es decir, cuantos de energía en todo el espectro electromagnético, hablamos del campo de la Fotónica (ver Fig. 1)

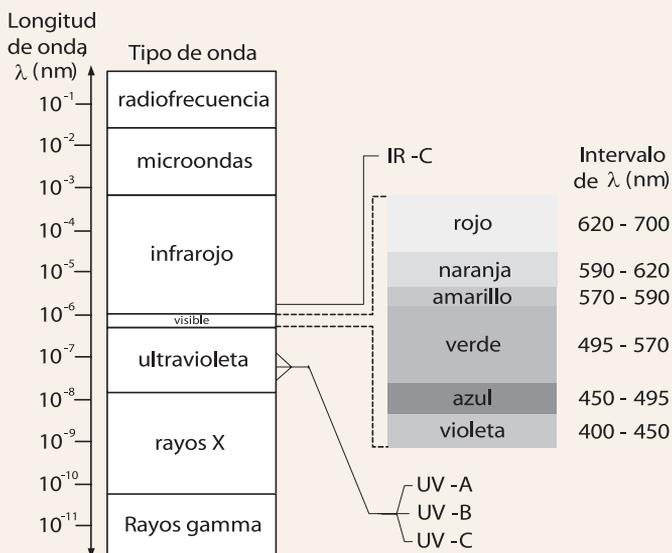


Figura 1. Espectro Electromagnético, mostrando las regiones importantes de la fotónica biomédica: Ultravioleta: UV-A (315-400nm), UV-B (280-315 nm), UV-C (100-2680 nm), Visible (400-700 nm) e Infrarrojo Cercano: IR-C (700-1400 nm).

La Figura 1 muestra que el espectro electromagnético proporciona un conjunto amplio de herramientas fotónicas para probar, manipular e interactuar con los sistemas biológicos y sus posibles aplicaciones en la medicina. Producto de lo anterior han nacido una serie de campos interdisciplinarios relativamente nuevos entre la física, biología, medicina, química e ingeniería como la *biofotónica*, *fotónica biomédica*, *óptica biomédica* y el estudio de los *biofotones*. La invención del microscopio, el descubrimiento de los rayos X y la invención del láser son sólo tres ejemplos de los más conocidos de cómo los descubrimientos científicos y tecnológicos en la fotónica han abierto nuevos horizontes en la medicina y proporcionan nuevas herramientas para investigar moléculas, analizar los tejidos y diagnosticar enfermedades.

La fotónica biomédica se puede definir como la ciencia que aprovecha la generación y utilización de la luz visible y no visible para aplicaciones médicas. La ciencia incluye el uso de absorción, emisión, transmisión, difusión, amplificación y detección de la luz; utiliza una amplia variedad de métodos y tecnologías como el láser y otras fuentes de luz: la fibra óptica, instrumentos electro-ópticos, sistemas micro-electromecánicos y nanosistemas. La gama de aplicaciones de la fotónica biomédica se extiende desde el diagnóstico médico hasta la prevención y terapia de la enfermedad; para esto se utilizan la parte visible ultravioleta (UV-A, UV-B, UV-C) y del infrarrojo cercano (IR-C) del espectro electromagnético (ver figura 1). Una región muy importante es la llamada “ventana terapéutica” que abarca de los 600 nm a los 1400 nm de longitud de onda.

En el presente artículo se muestra un experimento de cómo se utiliza la luz láser para evaluar la deformación transversal del músculo papilar cardíaco de rata, tanto en hembras como en machos, cuando es sometido a esfuerzos mecánicos longitudinales utilizando el efecto de difracción de luz.

MÚSCULOS PAPILARES

Los músculos papilares desempeñan un papel fundamental en la eficiencia de bombeo del corazón. Estos músculos están unidos en forma de cilindro en un extremo de la pared izquierda del ventrículo derecho y en el otro extremo a la válvula mitral o tricúspide, respectivamente. Durante la sístole ventricular, el aumento en la presión en los ventrículos tiende a empujar hacia arriba las válvulas en las aurículas, lo que permite el reflujo de sangre durante la expulsión. Los músculos papilares previenen esta inversión contrayendo y manteniendo las válvulas cerradas (ver Fig. 2). Debido a su forma relativamente simple y a la alineación de sus fibras musculares a lo largo de sus ejes, los músculos papilares han sido muy utilizados en los estudios de las propiedades mecánicas pasivas y activas del músculo cardíaco (ver Fig.3).

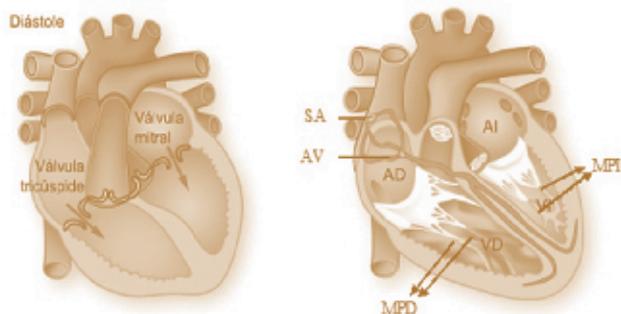


Figura 2. Izquierda: parte de las válvulas que controlan el flujo de sangre en el corazón. A la derecha: SA: nódulo sinoauricular, AV: Nódulo auriculoventricular, AD: aurícula derecha, VD: ventrículo derecho, MPD: músculo papilar derecho, AI: aurícula izquierda, VD: ventrículo derecho y MPI: músculo papilar izquierdo.

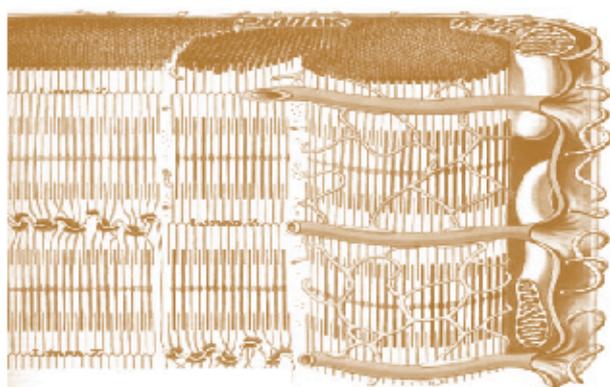
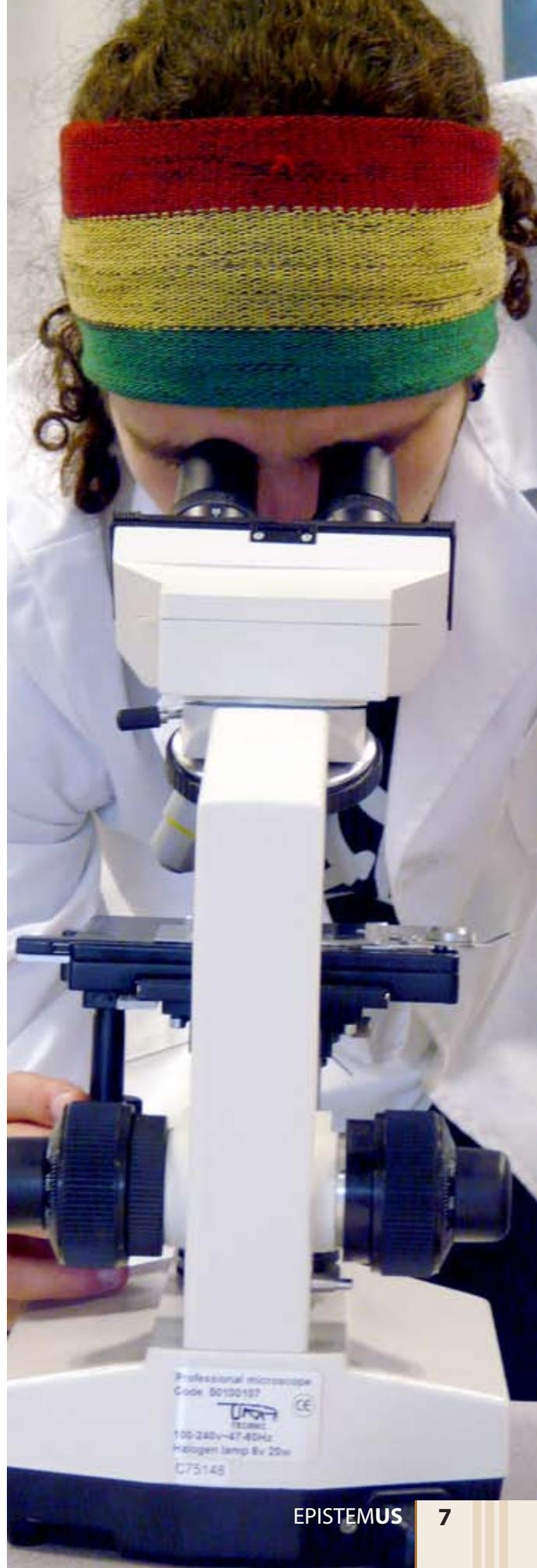


Figura 3. Estructura del tejido muscular cardíaco

Tanto en modelos humanos y animales se ha observado que existen diferencias estructurales y funcionales en el corazón de hombres y mujeres. En el caso de los animales se sabe que el tamaño del corazón es mayor en las ratas machos que en las ratas hembras; no obstante, el peso del corazón / peso corporal es mayor en hembras que en machos (2, 3). Por otro lado, se han reportado diferencias en la contractilidad; por ejemplo, el músculo papilar de una rata macho desarrolla mayor tensión que el de las hembras en edades de hasta 6-14 meses, no hay diferencias significativas observadas en el área transversal del músculo papilar.

Por otra parte, otro aspecto de relevancia es la deformación de los tejidos cardíacos. Existen diversos estudios realizados en diferente orientación del tejido cardíaco bajo tensión pasiva. Por ejemplo, en miocitos cardíacos la rigidez transversal se evaluó mediante una prueba de dureza, en donde la superficie celular fue deformada transversalmente usando una microesfera pequeña unida a una fibra de carbono. La rigidez de corte se evaluó en planos transversales y longitudinales en miocitos cardíacos únicos mediante la aplicación de esfuerzo cortante. Los resultados indicaron que la rigidez transversal es mayor que la rigidez cortante en el plano longitudinal, la cual es modulada por los microtúbulos del citoesqueleto. Por último, hacen falta



estudios sobre la deformación en el músculo cardíaco de las diferencias de género.

ARREGLO EXPERIMENTAL

Cuidado de los animales y obtención de los músculos papilares.

Se siguieron los procedimientos aprobados por el comité de ética de la Universidad de Colima para el cuidado y manejo de las ratas, el cual está basado en el cumplimiento de la Guía para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (NIH, Instituto Nacional de Salud, EE.UU [5]). Para el experimento se utilizaron ratas de la cepa Wistar de la misma edad (peso corporal, 120-150 g, dos meses de edad), las cuales fueron divididas en dos grupos: Hembras (grupo F, $n = 6$) y Machos (Grupo M, $n = 6$). Bajo anestesia con pentobarbital sódico (40 mg / kg de peso) se realizó una toracotomía medial para remover el corazón y posteriormente se procedió a diseccionar el músculo papilar del ventrículo derecho el cual fue sumergido en solución Krebs oxigenada.

Montaje del músculo y difracción de láser

El músculo papilar fue montado en una cámara experimental con solución Krebs; se fijó por uno de sus extremos a un transductor de fuerza isométrica y por el otro extremo a un sistema micromanipulador para el desplazamiento. La geometría del montaje utilizado en nuestros experimentos se representa en la figura 4. El músculo papilar fue iluminado en su región central, con un haz láser amarillo (láser He-Ne con polarización ordinaria, $\lambda = 594 \text{ nm}$ y $P = 10 \text{ mW}$) a incidencia normal. La distancia del láser al músculo papilar fue de 2 metros. El arreglo incluyó una lente cilíndrica para la disminución de la t transversa (4 mm a 1 mm) del haz láser y la ampliación de la capacidad longitudinal de las órdenes de difracción.

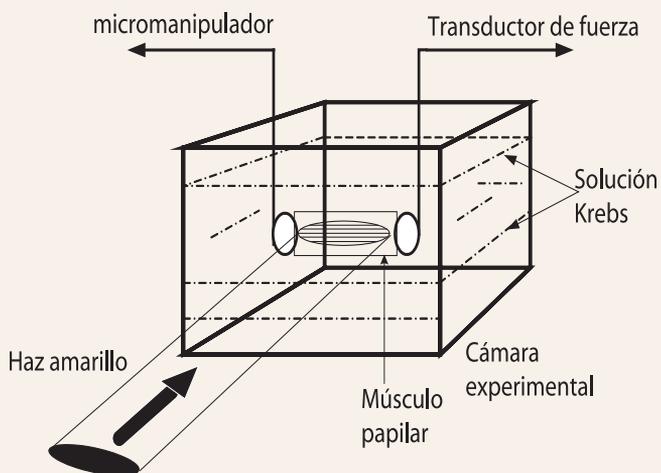


Figura 4. Montaje experimental

Las imágenes de los órdenes de difracción producidos por el músculo papilar fueron proyectadas en una pantalla y fotografiadas con una cámara digital para su análisis (distancia del músculo a la pantalla fue de 6 metros). La pantalla tenía una escala graduada (mm), donde la unidad cero era la posición del orden 0 de difracción (ver Fig. 5). Todas las medidas se hicieron respecto a esta referencia y corroborada con un micrómetro digital.

Después de la tensión aplicada, la tensión pasiva se eleva rápidamente y después va disminuyendo paulatinamente durante un largo período. La fuerza se midió en el punto máximo alcanzada por ésta. El protocolo para el registro de datos consistió en la adquisición de los espectros de las órdenes de difracción con diferentes tensiones de los músculos papilares (rango de tensión, de 0 a 3 N, $\Delta t = 3 \text{ min}$). Por último, todos los experimentos se realizaron a temperatura ambiente (22°C) y la adquisición de los patrones de difracción se hizo en un cuarto oscuro.

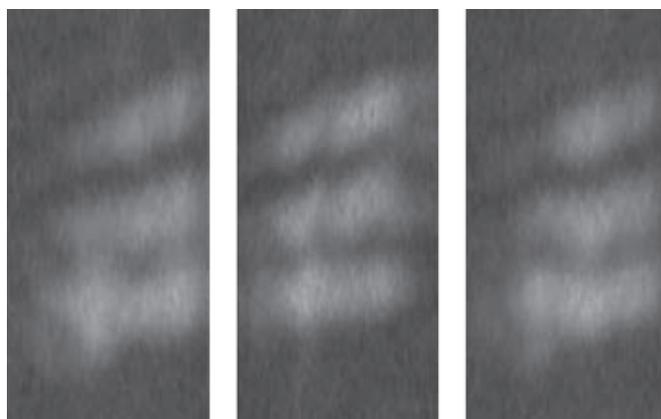


Figura 5. Fotos de diferentes espectros de difracción obtenidos a partir del músculo papilar derecho de ratas de su ventrículo derecho, para diferentes tensiones aplicadas. El orden central es el orden 0 de difracción y con respecto a éste se hicieron todas las mediciones.

RESULTADOS

La técnica de la difracción láser permitió estimar el área transversal del músculo papilar. Los datos del área obtenidos indican que, a una tensión de 0 N, los músculos papilares del ventrículo derecho de la rata hembra fue mayor que en ratas macho (grupo F, $0,67 \pm 0,08 \text{ mm}^2$, grupo M, $0,41 \pm 0,01 \text{ mm}^2$). Posteriormente, se aumentó progresivamente la tensión en el eje longitudinal de los músculos papilares hasta 3 N. Durante el protocolo la deformación fue evaluada en el eje transversal del músculo papilar mediante el monitoreo de los patrones de difracción (ver Figura 5). El ajuste de los datos experimentales mostró un comportamiento exponencial. El análisis de las curvas de tensión-deformación de los dos grupos experimentales

(ver Figura 6) muestra claramente que los músculos papilares de las ratas macho tienen una mayor rigidez en el eje transversal en comparación con las ratas hembra. Además, el módulo de Young en esta orientación también fue menor en el grupo de ratas hembras (módulo de Young, $18,3 \pm 3,0$ kPa) en comparación con el grupo de ratas macho (módulo de Young, $51,3 \pm 7,0$ kPa). Este parámetro permite una estimación del grado de rigidez de un tejido, en este caso los valores obtenidos permiten concluir que el músculo papilar del grupo F es menos rígido.

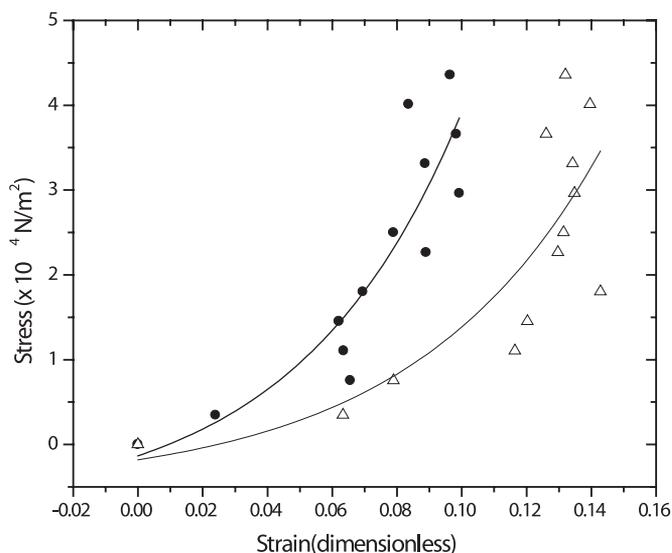


Figura 6. Análisis comparativo de las curvas de tensión-deformación de los músculos papilares del ventrículo derecho. Los círculos representan el grupo de ratas macho y los triángulos corresponden a las ratas hembras. Todos los datos se expresan en medias. Los puntos representan la media de seis experimentos diferentes con la misma tensión aplicada

CONCLUSIONES

Se presentó un experimento donde se utiliza la luz láser para evaluar la deformación transversal del músculo papilar de rata y sus diferencias de género cuando se someten a esfuerzos mecánicos longitudinales utilizando el efecto de difracción. Se observó que los músculos papilares en ratas hembras y machos no presentan grandes diferencias mecánicas cuando son sometidos a pequeñas deformaciones; sin embargo, cuando se someten a deformaciones mayores éstas presentan propiedades mecánicas muy diferentes, como se observa en la figura 6. Por otra parte, un aspecto importante de esta investigación es la diferencia encontrada entre las ratas hembra y macho, que muestran claramente que el músculo papilar de ratas hembra es más elástico en comparación con las ratas macho (6).

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Vo-Dinh, Tuan Editor, Biomedical Photonics Handbook, CRC Press, 2002.
- 2) Capasso J. M., Remily R. M., Sonnenblick E. H. Age-related differences in excitation contraction coupling in rat papillary muscle. *Basic Research in Cardiology*, 1983, 78, 492-504.
- 3) Leblanc N., Chartier D., Gosselin H., Rouleau J.L. Age and gender differences in excitation-contraction coupling of the rat ventricle. *Journal of Physiology*, 1998, 511, 533-548.
- 4) Nishimura S., Nagai S., Katoh M., Yamashita H., Ssaeki Y., Okada J., Hisada T., Nagai R., Sugiura S. Microtubules modulate the stiffness of cardiomyocytes against shear stress, *Circulation Research*, 2006; 98, 81-87.
- 5) Guide for the Care and Use of Laboratory Animals, National Academic of Sciences, United States of America, 1996.
- 6) A. Virgen-Ortiz, A. Apolinar-Irribé, M.E. Ríos-Martínez. J.L. Marín y J. Muñiz. Analysis of rat papillary muscle transverse deformation by laser diffraction. *General Physiology and Biophysics*, 2010, 29, No. 2, 129-133.





ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE UN EXTRUIDO TIPO CEREAL PARA DESAYUNO BASADO EN HARINA DE TRIGO INTEGRAL (*Triticum aestivum*) Y MEZQUITE (*Prosopis glandulosa*)

MARÍA DEL REFUGIO FALCÓN VILLA, NINA GISELLA HEREDIA SANDOVAL

El mezquite es una planta leguminosa ampliamente distribuida en el norte de México. Las vainas de mezquite se han propuesto como una fuente de alimentación para consumo humano, tradicionalmente son tostadas y molidas para la elaboración de harina. Con el fin de dar una alternativa de consumo de éste producto regional se elaboraron extruidos formulados a partir de harinas de trigo integral y de vainas de mezquite, en proporción 90:10, 70:30 y 50:50, respectivamente. Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de estos extruidos, determinaron que el producto con 50 % de mezquite fue el de mayor preferencia por el consumidor, además presentó un contenido de fibra dietética de 25.9 %, comparable a los cereales comerciales para desayuno altos en fibra los cuales presentan un rango de 20% a 35%.

M.C. MARÍA DEL REFUGIO FALCÓN VILLA
Correo: rfalcon@guayacan.uson.mx
Q.B. NINA GISELLA HEREDIA SANDOVAL
Correo: nina_heredia@hotmail.com
Departamento de Investigación y
Postgrado en Alimentos.
Universidad de Sonora

INTRODUCCIÓN

La alimentación humana ha contado siempre con los cereales como la principal fuente de energía, además constituyen un producto básico en la alimentación de los diferentes pueblos, por sus características nutritivas, su costo moderado y su capacidad para provocar saciedad inmediata. Pero una nutrición basada sólo en ellos es deficitaria en algunos aspectos, por lo que requiere el complemento de las leguminosas (1). Entre los cereales, el trigo es muy importante en la dieta del pueblo mexicano, pues es la base para la elaboración de productos que se consumen en grandes volúmenes tales como el pan, tortillas, pastas, cereales para desayuno, entre otros. El mezquite es una planta leguminosa, pertenece al género *Prosopis* (*Fabaceae*). *Prosopis glandulosa* se encuentra en Coahuila, Chihuahua, Baja California y en partes de Sonora, México. (2).

La calidad nutricional mejora con tratamiento térmico, como tostado, horno de microondas, o calor húmedo a presión (3). Las vainas de mezquite pueden ser utilizadas como suplementos alimenticios de bajo costo, pero poco se sabe acerca de sus propiedades nutricionales (4).

En este trabajo, se plantea dar una alternativa para el consumo de un producto regional y étnico, como lo es el mezquite obteniendo un producto tipo cereal para desayuno basado en harinas de trigo y mezquite, dando a conocer su contenido en fibra dietética y su nivel de aceptación por el consumidor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia Prima. La harina de trigo integral fue obtenida del molino "La Fama". La harina de mezquite (*Prosopis glandulosa*) fue proporcionada por miembros del grupo Seri de la cooperativa del Desemboque de la etnia Comca, A. C.

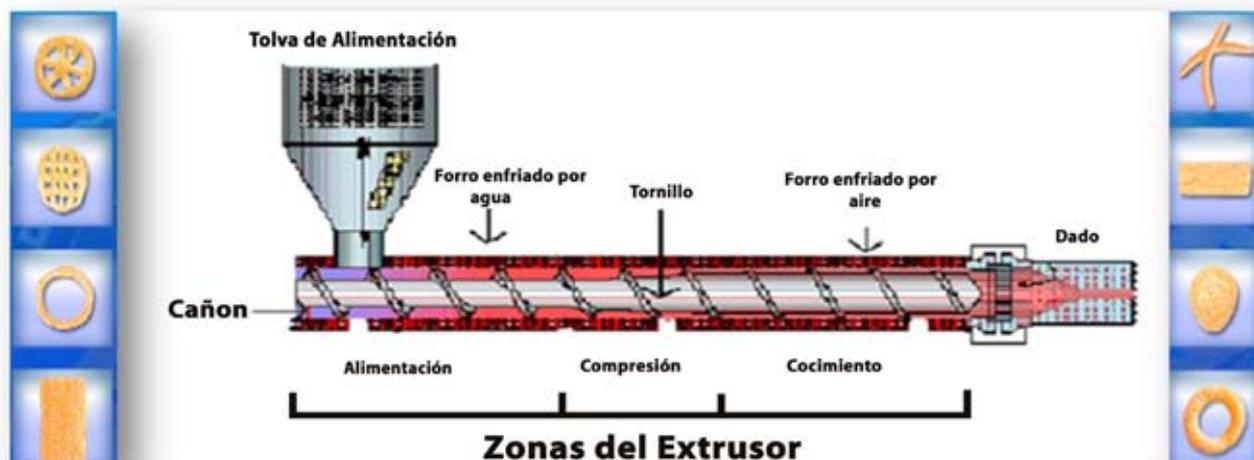
Preparación de Mezclas. Se prepararon tres mezclas de harinas de trigo entero y vaina de mezquite en proporciones de 90:10, 70:30 y 50:50, respectivamente. Las proporciones fueron establecidas, en base a estudios

previos realizados por Barba de la Rosa y col., (4) quienes utilizaron mezclas de harina de trigo y mezquite en proporción 50:50 para elaborar "muffins", obteniendo productos con un alto nivel de aceptación. En el presente estudio, se tomó la proporción 50:50 como el nivel máximo de harina de mezquite a incluir en las mezclas. Las harinas y mezclas se almacenaron, en doble bolsa de plástico a una temperatura de 5°C. La tabla 1, muestra la nomenclatura utilizada en el presente estudio, tanto para las harinas como para los productos extruidos.

Acondicionamiento de las Mezclas. Las harinas de trigo entero y mezquite, así como sus respectivas mezclas fueron acondicionadas, con el fin de obtener una consistencia y características adecuadas para ser extruidas. Primeramente, fueron homogenizadas, posteriormente se les adicionó agua destilada por aspersión a temperatura ambiente, hasta obtener un contenido total de humedad de aproximadamente el 30% (base seca), de acuerdo a Dust y col., (5). Las mezclas acondicionadas fueron colocadas en bolsas de polietileno y se refrigeraron por 12 horas, para asegurar el equilibrio de la humedad y posteriormente se llevaron a temperatura ambiente antes de ser extruidas.

Tabla 1. Nomenclatura utilizada para las mezclas de las harinas y extruidos de trigo entero y de vainas de mezquite.

Muestras	Harinas	Extruidos
Trigo Entero	H-TE	E-TE
Mezquite	H-M	E-M
90% Trigo + 10% Mezquite	H-10	E-10
70% Trigo + 30% Mezquite	H-30	E-30
50% Trigo + 50% Mezquite	H-50	E-50





Proceso de Extrusión. Cada una de las mezclas acondicionadas se cribaron haciéndolas pasar por una malla con orificios de 4.76 mm, con la finalidad de separar los grumos grandes en las muestras. Cada una de las mezclas acondicionadas y homogenizadas se depositaron en la tolva de alimentación del extrusor. Se ajustó primeramente el número de tornillo al No.2, temperatura de las cuatro zonas (Z1=65° C, Z2=62° C, Z3=61° C y Z4=140° C), velocidad de tornillo (100 rpm) y velocidad de alimentación (50 rpm). La relación de compresión del tornillo fue de 1:1; y la abertura del dado de restricción fue de 3 mm. La extrusión se realizó en un extrusor de tornillo Brabender Modelo KE 19, equipado con un cilindro provisto de tres calefactores y con enfriamiento por aire. Los extruidos se colectaron en charolas en charolas de aluminio perforadas y subsecuentemente el material fue secado en un horno eléctrico a 270° C por 3 min.

Caracterización Química. El análisis proximal se realizó siguiendo los métodos oficiales de la AACC (American Association of Cereal Chemists), 2000 (6): humedad (método 44-40); cenizas (método 08-02); proteína (método 46-13) y grasa (método 30-25). Los análisis se llevaron a cabo por triplicado.

Determinación de Fibra Dietética. Este análisis determina el contenido de fibra dietética total de un alimento empleando una combinación de enzimas y métodos gravimétrico. Este procedimiento está basado en el método 985.29 publicado en la AOAC (Association of Official Analytical Chemist), 1997 (7). La fibra dietética total, se le determinó a las harinas y productos extruidos.

Evaluación Sensorial. Se realizó una evaluación sensorial de las 3 mezclas extruidas, a un grupo poblacional de 63 jueces no entrenados (estudiantes de la Universidad de Sonora) de 18 -25 años, utilizando la prueba de nivel de agrado (escala hedónica) (8, 4).

Diseño de Experimentos y Análisis Estadístico. Se planteó un diseño de bloques al azar. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y para establecer las diferencias en los componentes químicos

de las materias primas y mezclas sin extrudir con respecto a los productos extruidos, se empleó un análisis de comparación de medias por la prueba de Tukey, utilizando el programa JMP (versión 5.0.1) de SAS (9), con un nivel de significancia del 95%. Para el análisis de la evaluación sensorial, se empleó un diseño completo al azar con mediciones repetidas.

RESULTADOS

En la figura 1, se muestran los productos extruidos, en los cuales se observan diferencias en las distintas proporciones. El extruido de trigo entero mostró una apariencia muy compacta al igual que el extruido de 90% de trigo entero y 10% de mezquite. Por otra parte, el extruido de mezquite y el de 50% de trigo entero y 50% de mezquite, tienen una apariencia más porosa y es menos compacto que el de trigo entero.



Figura 1. Productos extruidos obtenidos a partir de las harinas de trigo entero y mezquite

Composición química

La tabla 2 presenta la composición química de las harinas y productos extruidos. Se observa que a medida que aumenta la concentración de mezquite disminuye el porcentaje de proteína, al igual que en el contenido de grasa. Por otro lado, el contenido de cenizas aumenta al aumentar la concentración de mezquite. Se observa que el contenido de grasa disminuye significativamente ($p \leq 0.05$) en todos los extruidos con respecto a las harinas. El contenido de cenizas aumentó en todos los extruidos. Resultados similares fueron obtenidos por Barba de la Rosa y col., (4) quienes realizaron una evaluación nutricional de la harina de la vaina de mezquite (*Prosopis laevigata*),

en donde se reportaron valores de 10% de proteína, 3.6% en grasa, 5.8% en cenizas y 80.6% en carbohidratos. En cuanto a la composición química del trigo entero Vargas y Murillo (10) obtuvieron resultados similares de proteína 14.53%, grasas 2.64% y cenizas con un 3.32%.

Fibra Dietética

Algo importante a destacar fue el contenido de fibra dietética total, a medida que aumenta el contenido de mezquite en las harinas y extruidos, se incrementa significativamente ($p \leq 0.05$) el contenido de fibra dietética total, ya que el mezquite presenta un valor mayor en el contenido la misma. Además, se observó un aumento significativo ($p \leq 0.05$) en el contenido de fibra dietética total en los extruidos con respecto a las harinas. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Wang y col., (11) los cuales reportaron un decremento en el contenido de fibra dietética total en trigo entero. El extruido con 50% de mezquite tuvo un valor de 25.9 % de fibra dietética total, superior al extruido de trigo integral con un 40% más de fibra dietética total. Estos resultados fueron superiores a los encontrados por Plaami y Kumpulainen (12) quienes analizaron cereales comerciales para desayuno basados en trigo entero, obteniendo valores de 11.8% a 14.8% de fibra dietética; Rzedzicki et al. (13) estudiaron granos y hojuelas de trigo procesadas, las cuales presentaron de 7% a 18% de fibra dietética.

Tabla 2. Análisis proximal de las harinas y extruidos a base mezquite y trigo entero*.

Muestras	Proteínas**	Grasa	Cenizas (%)	Fibra Dietaria Total**	Carbohidratos**
H-TE	12.10 ^a		1.6 ^a	17.8	66.72
E-TE	12.10 ^b		2.1 ^b	15.6	68.08
H-10	12.09 ^a		2.0 ^a	18.5	66.01
E-10	13.22 ^b		2.8 ^b	17.3	65.92
H-30	12.02 ^a		2.8 ^a	20.0	63.05
E-30	12.93 ^b		3.2 ^a	22.1	60.56
H-50	11.72 ^a		3.6 ^a	21.5	60.98
E-50	12.61 ^b		3.9 ^a	25.9	55.50
H-M	11.72 ^a		5.6 ^a	25.2	55.21
E-M	12.97 ^b		5.7 ^a	37.2	41.48

*% Base seca, los valores son promedio de triplicado

** Proteína total (N x 6.25)

**** Calculado por diferencia



Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial realizada a los tres productos extruidos, dio como resultado que la mezcla de trigo entero y mezquite con proporción 50:50 fue el producto con mayor nivel de agrado por el consumidor, mientras que la muestra E-10, fue la de menor. De manera general, a medida que se aumenta el contenido de mezquite en las mezclas, mayor es el nivel de agrado (Figura 3).

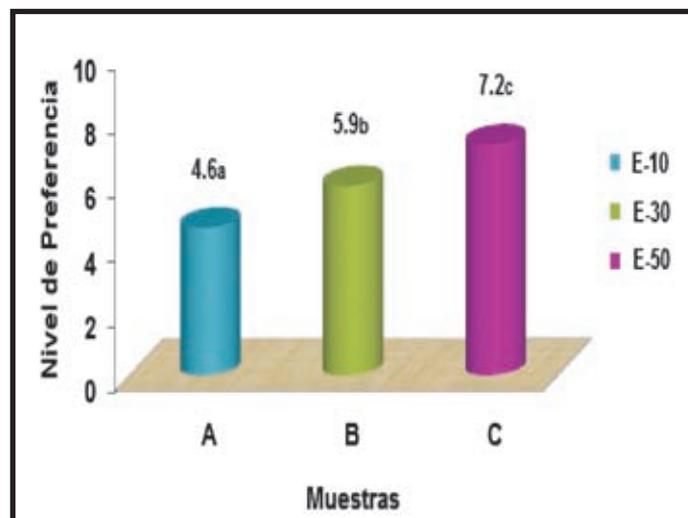


Figura 3. Evaluación sensorial de los productos extruidos de harinas de trigo entero y mezquite en proporción 90:10, 70:30 y 50:50, respectivamente.



CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, la incorporación de harina de mezquite con harina de trigo integral, mejora significativamente el contenido de fibra dietética en los productos. En especial la formulación de mezquite y trigo integral 50:50, la cual brinda una alternativa de comercialización viable de un producto regional y étnico que compita con los existentes en el mercado, tanto en su composición química como en su nivel de aceptación.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Casanueva, E., Kaufer, M. y Perez, A. 2008. Nutriología medica. Ed, Medica Panamericana. pp. 593
- 2) Vargas, J.M. 2007. El Mezquite: Historia, Importancia y Usos. Instituto de Educación Sonora-Arizona. Horizontes, revista de encuentro entre Sonora y Arizona. Edición 11. Hermosillo, Sonora.
- 3) Larrauri, G.J.A. y Saura, C. F. 2000. Evaluation of CIE-lab colour parameters during the clarification of a sugar syrup from Mesquite pods (*Prosopis Pallida* L.). Intl. J Food Sci. Technol. Vol. 35 No. 4 Pp.385-389
- 4) Barba de la Rosa P.A, Frias-Hernandez J.T, Olalde-Portugal V. y Gonzalez Castañeda J. 2006. Processing, nutritional evaluation, and utilization of whole mesquite flour (*Prosopis laevigata*). Sensory Nutritive Qualities Food. 71:315-320
- 5) Dust, J.M., Gajda, A.M., Flickinger, E.A., Burkhalter, T.M., Merchen, N.R. and Fahey, G.C. 2004. Extrusion conditions affect chemical composition and in vitro digestion of select food ingredients. J. of Agricultural and Food Chemistry. 52:2989-2996
- 6) AACC. 2000. Approved Methods the American Association of Cereal Chemists, 10th. Ed. Methods 08-02, 30-25, 44-40 and 46-13. The Association: St. Paul, MN.
- 7) AOAC. 1997. Official Methods of Analysis of AOAC. 16th ed., Vol. I, Sec. 12.1.07, Methods 960.52
- 8) Pedrero, D.L. y Pangborn, R. M., 1990. Evaluación Sensorial de los Alimentos. 1ra Edición. Editorial Alhambra. México. Pp.105-107
- 9) SAS. 2002. JMP. A Business Unit of SAS. Version 5.0.1 by Statistical Analysis System, Institute Inc. Cary, NC, USA.
- 10) Vargas G.E y Murillo R.M. 1978. Composición Química de Subproductos de Trigo y Arroz y de Granos de Maíz y Sorgo Utilizados en Costa Rica. Agronomía Costarricense. 2(1): 9-15.
- 11) Wang W.M., Klopfenstein C.F. y Ponte Jr. J.G. 1993. Effects of twin-screw extrusion on the physical properties of dietary fiber and other components of whole wheat and wheat bran and on the baking quality of the wheat bran. Cereal Chem. 70(6): 707-711.
- 12) Plaami, S., Kumpulainen, J., 1993. Soluble and insoluble dietary fiber and B-Glucan contents in domestic and imported breakfast cereals consumed in Finland. J. of food Composition and Analysis. 6, 307-315
- 13) Rzedzicki, K., Sykut-Domanska, E., Popielewicz. Quality of wheat breakfast cereals available on the polish market. Pol. J. Food Nutr Sci. 2008; 58, 3 pp. 307-312.



PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS DE CONTROL EN LabVIEW PARA UN SISTEMA DE MINI HELIÓSTATOS

JESÚS HORACIO PACHECO RAMIREZ, MARÍA ELENA ANAYA PÉREZ, VÍCTOR HUGO BENÍTEZ BALTAZAR, NUN PITALÚA DÍAZ, GILBERTO CHÁVEZ LÓPEZ

La necesidad de generar energía eléctrica mediante métodos que sean amigables con el medio ambiente, ha llevado a que los investigadores de varios países encuentren diferentes alternativas. Una de las opciones más factibles que se tienen es la tecnología de torre central, que utiliza el principio de concentración solar para generar energía. La manera de llevar a cabo la concentración es mediante la redirección de los rayos solares hacia un objetivo que se encuentra en la torre central. Esta redirección se realiza mediante el ajuste de las posiciones de los heliostatos; y así se logra recolectar la radiación de los rayos solares durante el día. El reto en este tipo de sistemas es el desarrollo, programación e implementación de los algoritmos de control para lograr automatizar el movimiento de los heliostatos. Los resultados de la investigación realizada por el cuerpo académico de optimización y automatización de la división de ingeniería mediante un programa computacional, son la parte medular del presente artículo.

M.C. JESÚS HORACIO PACHECO RAMIREZ

Correo: jpacheco@industrial.uson.mx

M.C. MARÍA ELENA ANAYA PÉREZ

Correo: meanaya@industrial.uson.mx

DR. VÍCTOR HUGO BENÍTEZ BALTAZAR

Correo: vbenitez@industrial.uson.mx

DR. NUN PITALÚA DÍAZ

Correo: npitalua@industrial.uson.mx

Docentes del Departamento de Ingeniería Industrial

Cuerpo Académico "Optimización y Automatización"

Universidad de Sonora

GILBERTO CHÁVEZ LÓPEZ

Correo: gilberto.chavezlop@correoa.uson.mx

Alumno del programa de Ingeniería en Mecatrónica

Departamento de Ingeniería Industrial

Universidad de Sonora

INTRODUCCIÓN

En el año 2009 se solicitó la creación de un heliostato a docentes del programa de la Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica del departamento de Ingeniería Industrial. Después de haberse desarrollado con éxito este proyecto, se presentó ante los directivos del Centro de Investigación en Energía (CIE), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Una vez validado el mencionado proyecto, el director del CIE, Dr. Claudio A. Estrada Gasca, solicitó la construcción de un sistema de nueve unidades (heliostatos) con la finalidad de ser localizados y probados en el Campo de Pruebas de Heliostatos (CPH) establecido en convenio por la UNAM y UNISON, con apoyos de CONACyT (1 y 2).

¿QUÉ ES UN HELIÓSTATO?

Un heliostato es un sistema electromecánico que consta de un mecanismo para movimiento en acimut (alrededor de un eje vertical) y otro para elevación (alrededor de un eje horizontal), además de un espejo para reflejar los rayos solares hacia un punto en específico (concentrador solar de una torre central). El movimiento del heliostato debe ajustarse a lo largo del día para que en cada momento, el rayo solar sea reflejado hacia el horno; lo anterior se puede lograr si se tiene disponible un algoritmo matemático para el seguimiento (3 y 4). Este algoritmo debe ser validado y después llevarse a la implementación, de la manera descrita previamente, en cada una de las nueve unidades de heliostato.

MARCO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La investigación sobre "Programación e implementación de algoritmos de control en LabVIEW para un sistema de mini heliostatos localizado en el Campo de Pruebas de Heliostatos", tiene como objetivo programar y además validar los algoritmos de control que se requieren para automatizar el movimiento de un sistema de mini heliostatos ubicados en el CPH.

Para alcanzar el objetivo es necesario:

- Analizar matemáticamente el algoritmo de seguimiento.
- Simular el algoritmo de control en Matlab.
- Implementar el algoritmo en LabVIEW.
- Comunicarse con una interfaz de potencia para controlar al heliostato.
- Realizar pruebas en campo.
- Comunicarse con el sistema SCADA (Supervisory Control Data Acquisition / Control Supervisorio y Adquisición de Datos), desarrollado por el CIE.

A continuación se detalla el trabajo realizado en cada una de las etapas del proyecto.

ANÁLISIS MATEMÁTICO DEL ALGORITMO DE SEGUIMIENTO

Apoyados en el trabajo realizado por docentes del departamento de Ingeniería Industrial, se aplicaron las ecuaciones que describen al movimiento solar para el análisis de la dinámica que debe poseer el heliostato. La figura 1 describe el sistema de torre central donde intervienen los tres principales actores: el sol, el heliostato y la torre.

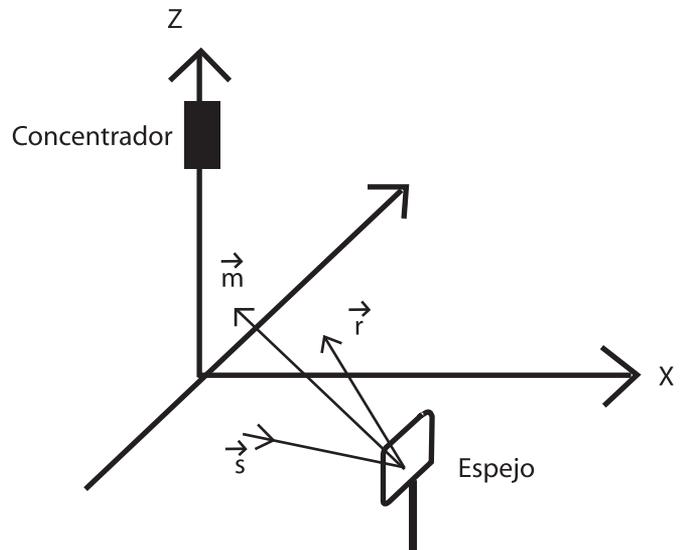


Figura 1. Sistema de torre central

Donde \vec{s} es el vector asociado al rayo de luz proveniente del sol; \vec{r} el vector asociado al rayo de luz reflejado hacia la torre y \vec{m} , el vector normal al espejo. Las componentes de éstos vectores se representan como:

$$\vec{s} = s_x \vec{i} + s_y \vec{j} + s_z \vec{k} \quad (1)$$

$$\vec{r} = r_x \vec{i} + r_y \vec{j} + r_z \vec{k} \quad (2)$$

$$\vec{m} = m_x \vec{i} + m_y \vec{j} + m_z \vec{k} \quad (3)$$

Donde (x, y, z) representan la posición del heliostato en relación a la torre, H representa la altura del concentrador solar mientras que $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ representan las componentes de los vectores unitarios. La coordenada del receptor solar está dada por la triada $(0, 0, H)$. Si se emplean las leyes de reflexión, entonces es posible calcular las componentes de \vec{m} como:

$$m_x = \frac{\frac{|s_z + r_z|}{(s_z + r_z)}(s_x + r_x)}{\sqrt{(s_x + r_x)^2 + (s_y + r_y)^2 + (s_z + r_z)^2}}$$

$$m_y = \frac{\frac{|s_z + r_z|}{(s_z + r_z)}(s_y + r_y)}{\sqrt{(s_x + r_x)^2 + (s_y + r_y)^2 + (s_z + r_z)^2}} \quad (4)$$

$$m_z = \frac{|s_z + r_z|}{\sqrt{(s_x + r_x)^2 + (s_y + r_y)^2 + (s_z + r_z)^2}}$$

con lo que es posible encontrar el vector normal a la superficie del espejo. Usando (Ec. 4) se establecen las relaciones de las posiciones angulares de acimut y elevación tales que, el vector solar incida sobre el receptor de la torre (3, 5, 6 y 7).

SIMULACIÓN DEL ALGORITMO DE CONTROL EN MATLAB

Antes de comenzar con la implementación del algoritmo de control es necesario validarlo, llevando a cabo una simulación en el programa Matlab y para cotejar los resultados obtenidos con una prueba física en el CPH.

El código en Matlab genera los ángulos para posicionar los heliostatos, lo cual se realiza aplicando el algoritmo de Mehrabian y Aseman (7) en el que se introducen las coordenadas de cada heliostato y la altura de la torre de concentración. Cabe señalar que el origen se encuentra en la base de la torre y el norte se toma como el eje X positivo, mientras que el oeste es el eje Y positivo. Además de las coordenadas relativas de cada heliostato, el algoritmo emplea la latitud del lugar donde se ubican los heliostatos, así como el día juliano del año y la hora del día.

Con los datos anteriores se calculan los ángulos de acimut y elevación para cada minuto desde las 6:00 hasta las 19:00 horas, esto se realiza con la información de un solo heliostato pues la finalidad de la simulación es validar el algoritmo de control. Los datos obtenidos se grafican para ambos, acimut y elevación, se despliegan en una tabla para poder comprobarlos en campo. La figura 2 muestra la gráfica en acimut y elevación para un heliostato.

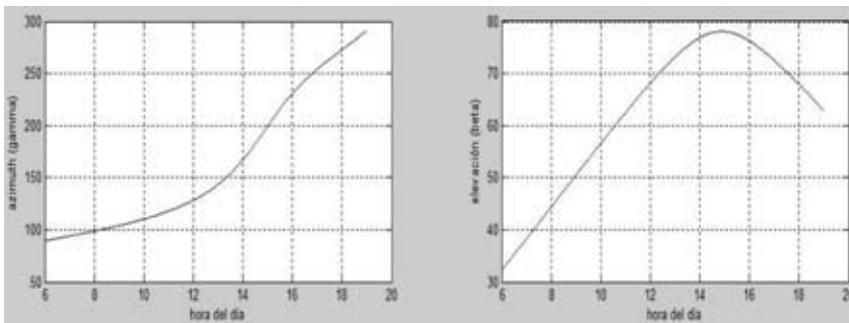


Figura 2. Gráficas de ángulos característicos para un heliostato

La validación se realiza de manera manual en el CPH, esto es, a cierta hora del día se verifican los ángulos respectivos a cada eje del heliostato y



manualmente se posiciona en dichos ángulos, si el rayo de luz reflejado por el heliostato incide sobre el blanco lambertiano (superficie ideal que refleja la energía incidente uniformemente en todas las direcciones), introducido al sistema después de varias muestras (al menos 20 muestras con separación de 20 minutos), se puede decir que el algoritmo es confiable.

IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO DE CONTROL EN LabVIEW

Como se mencionó anteriormente, para ajustar la posición del heliostato es necesario controlar el ángulo acimutal y el ángulo de elevación; las cuales se vuelven las variables controladas del sistema (2, 4 y 5), que son las posiciones de los motores que generan la dinámica del heliostato.

Como explica Ogata en (8), una unidad de control consta de tres etapas, la primera consiste en recolectar y procesar la información del sistema, después se tiene el rol de decisión, donde se planean las acciones que se habrán de realizar en base a la información recolectada, y finalmente se tiene el rol de comunicación que consiste en organizar la información entre el sistema que se controla y su ambiente.

En años recientes, el análisis y diseño de sistemas de control han sido afectados dramáticamente por la proliferación del uso de las computadoras (8), con esto en mente y ante las necesidades del caso, el algoritmo de control para el sistema de heliostatos se desarrolló e implementó utilizando la plataforma LabVIEW.

Cuando un heliostato no está en la posición apropiada el sistema calcula la diferencia que tiene el heliostato con la posición correcta y convierte esta diferencia a desplazamiento de los motores (5), que son la vía por la cual el software controla el sistema de heliostatos. Posteriormente se manipulan los motores para ajustar el sistema de heliostatos.

Para realizar el cálculo de los ángulos característicos el sistema utiliza las coordenadas de cada heliostato, que se encuentran en un archivo de registro donde se tienen los datos de todos los heliostatos, además el sistema requiere la latitud del lugar donde se ubican los heliostatos, así como el día juliano del año y la hora del día, estos datos obtenidos del reloj de la computadora donde está instalado el sistema.

Para generar los ángulos se ejecuta el Instrumento Virtual (VI) "Cálculos" proporcionándole la información de las coordenadas del heliostato y la altura de la torre. Los ángulos calculados se almacenan en un archivo. En la Figura 3 se muestra cómo se calculan los ángulos de acimut y elevación que básicamente se trata de realizar iteraciones que representan los minutos transcurridos a partir de las 6:00 am. Los cálculos se realizan para cada heliostato del sistema.

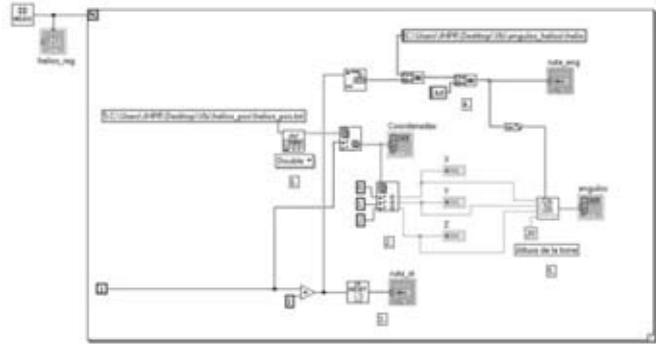


Figura 3. Cálculo de ángulos característicos en LabVIEW

El objetivo del seguimiento es mantener el reflejo de la luz solar en la zona de concentración de la torre a lo largo del día. Para esto se deben verificar constantemente las posiciones de los heliostatos, pero antes es necesario comprobar que ya ha transcurrido el tiempo especificado entre actualizaciones. Si la comprobación del tiempo entre actualizaciones informa la necesidad verificar la posición de los heliostatos, entonces se calculan los ángulos correspondientes para el momento en que se realiza la actualización y se comparan con el estado del heliostato; como resultado de esta comparación se determina una diferencia entre la posición en la que está el heliostato y la posición correcta, a esta diferencia se le llama desfase (Δ).

Para posicionar cada heliostato es necesario convertir la diferencia angular en una variable de movimiento angular, esto es el desplazamiento de los motores que son la base de la dinámica del sistema. Para calcular el desplazamiento requerido de los motores se considera la relación de la transmisión entre el motor y el espejo del heliostato. Una vez calculado el desplazamiento requerido de los motores es necesario convertir el desplazamiento a pasos del motor utilizando (Ec. 5).

$$P = \frac{\Delta}{(\alpha) \left(\frac{1}{n}\right)} \quad (5)$$

En donde P es el número de pasos necesarios, Δ es el desfase en elevación, α son los grados por paso que tiene el motor como característica, y n es el número de dientes del engrane de la transmisión. Una vez calculado el número de pasos necesarios para cada ángulo, el sistema debe enviar a los motores la señal apropiada para realizar el movimiento, lo cual se logra haciendo energizar las bobinas del motor. Lo anterior se realiza mediante la subrutina mostrada en la figura 4, donde se utiliza una estructura de casos para activar el movimiento (en caso de que se requiera) y una secuencia para des energizar a las bobinas del motor cuando se terminan de dar los pasos. Así no se consume más energía de la necesaria.

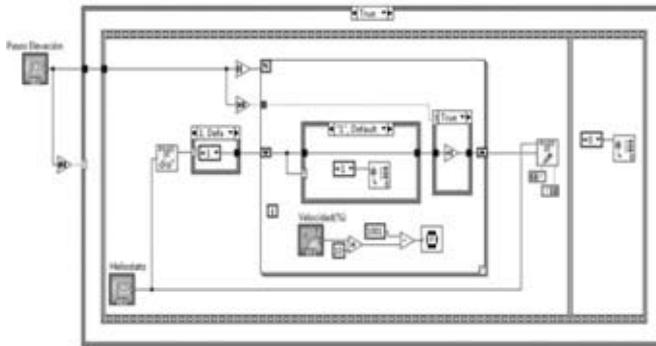


Figura 4. Subrutina para energizar bobinas en LabVIEW

Una vez realizado el ajuste es importante actualizar el archivo de registro donde se guarda el estado del heliostato, en el archivo se guarda la posición angular del heliostato; la posición de cada motor y un residuo de la última actualización que se debe utilizar en la siguiente. Para guardar la nueva posición en el registro de estado el sistema utiliza una subrutina que recibe la posición angular para acimut y elevación, como se muestra en la figura 5, y guarda estas posiciones. Como se puede apreciar en la figura 5, se está utilizando un archivo de datos tabulados que utiliza cuatro decimales de precisión.

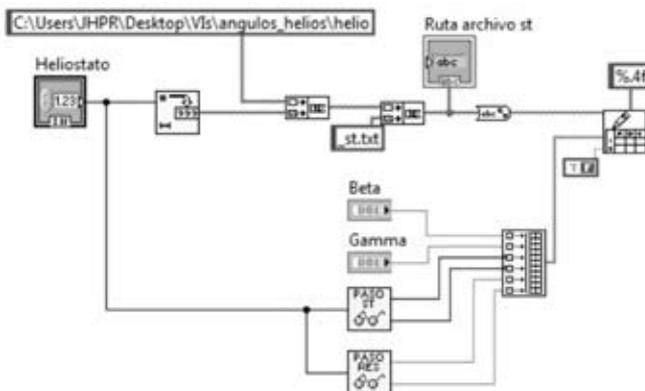


Figura 5. Actualización del archivo de estado para heliostatos

COMUNICACIÓN DEL SISTEMA CON UNA INTERFAZ DE POTENCIA

Para poder mandar la señal de potencia a las bobinas del motor a pasos, es necesario utilizar la interfaz de potencia desarrollada por alumnos del servicio social del programa de Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica bajo la dirección del Dr. Víctor Hugo Benitez Baltazar. Esta interfaz consiste en un conjunto de MOSFETS encargado de energizar al motor. Al ser una interfaz desarrollada con elementos puramente analógicos, fue necesario utilizar una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments (tarjeta DAQ) para enviar las señales a la etapa correspondiente. La tarjeta utilizada para esta tarea fue la

NI-USB-6008. El sistema de interfaz de potencia y DAQ se muestra en la figura 6 y fue probada tanto en laboratorio como en el CPH.



Figura 6. Acoplamiento interfaz de potencia – tarjeta DAQ

Una tarjeta DAQ controla la señal de datos para tres heliostatos tanto en acimut como en elevación. Cabe señalar que por sí sola la tarjeta DAQ no posee la potencia necesaria para mover un motor a pasos, pues su función es emitir señal y no potencia.

PRUEBAS EN CAMPO

Un paso importante fue probar el sistema en el CPH, ya que esta es la finalidad de la implementación del algoritmo de control en LabVIEW. En la figura 7 se muestra el sistema funcional con su característica de seguimiento solar (apuntando al blanco lambertiano).



Figura 7. Seguimiento solar en el CPH

Una vez conocidas las coordenadas del heliostato, respecto a la torre, se da de alta dicho heliostato en el sistema y se generan los ángulos característicos para ese día: se coloca el heliostato en la posición "home" y se procede a dar seguimiento. Una vez que el sistema ha mantenido el seguimiento por varias horas se puede decir que el algoritmo implementado funciona correctamente.

Una ventaja significativa es contar con la electrónica necesaria para manejar las señales de control para los motores del heliostato. La figura 8 muestra las etapas conectadas a una unidad de heliostato, las cuales son escalables para las nueve unidades.

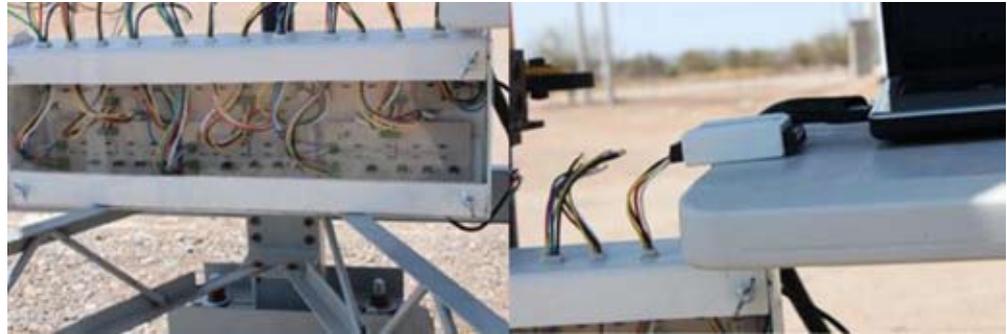


Figura 8. Conexión de etapas necesarias con el sistema de control

COMUNICACIÓN CON EL SISTEMA SCADA

Se realizó una visita al CIE de la UNAM en la ciudad de Temixco, Morelos para informar acerca del avance del proyecto de construcción y control del sistema de nueve unidades de heliostatos. En la visita se solicitó que el programa de control implementado se comunicara con el sistema SCADA con ayuda del Centro de Investigación en Matemáticas, A.C. (CIMAT). Los ajustes hechos al sistema fueron:

- Agregar variables de estados comunes a las que maneja el sistema SCADA.
- Controles unificados.
- Transformación de coordenadas.

a) Variables de estado

El sistema SCADA, creado por el CIE, maneja variables de estado que debe incluir cualquier sistema usuario del CPH, estas variables así como su descripción se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Variables utilizadas en el sistema SCADA del CPH

Variable	Descripción
Modo de Operación	Indica el modo de operación en el que debe estar el heliostato, ya sea manual, seguimiento o modo seguro.
Velocidad Motor Azimuth	Establece el porcentaje de la velocidad máxima del motor azimuthal que debe aplicarse al movimiento del heliostato.
Velocidad Motor Elevación	Establece el porcentaje de la velocidad máxima del motor de elevación que debe aplicarse al movimiento del heliostato.
Coordenadas Target	Especifica las 3 coordenadas (x, y, z) del target al cual debe apuntar el heliostato.
Sub Modo Manual	El Sub Modo Posición Angular indica que se especificarán los ángulos de elevación y azimuth, mientras que el Sub Modo Libre permitirá el movimiento del heliostato hacia direcciones específicas.
Control Libre Azimuth	Estando en modo manual, sub-modo Modo Libre, especifica la dirección de movimiento en Azimuth que debe tener el heliostato.
Control Libre Elevación	Especifica la dirección de movimiento en Elevación que debe tener el heliostato.
Posición Objetivo	Variable por la cual el control del heliostato indicará cual es la posición objetivo (en ángulos) que debe alcanzar según el estado de control actual.

De la tabla 1 se desprendieron varios requerimientos, uno de los más significativos fue que las posiciones manejadas por el CIE están en centímetros mientras que nuestro sistema las utiliza en metros.

b) Controles unificados

Para poder atender a los requerimientos de variables, fue necesario unificar los controles de las interfaces del sistema con los controles que utilizan en el SCADA del CPH. La figura 9 muestra los controles unificados para nuestro sistema.



Figura 9. Panel frontal con controles unificados

c) Transformación de coordenadas

El cambio más impactante para realizar el acoplamiento con el sistema SCADA del CPH fue en las coordenadas, ya que el sistema SCADA utiliza como coordenada origen al centro del espejo del heliostato mientras que nuestro sistema toma como referencia la parte inferior de la torre. Este problema se resuelve considerando álgebra vectorial, gracias a que el sistema SCADA utiliza los mismos vectores que nuestro sistema fue posible realizar una diferencia vectorial.

CONCLUSIÓN

Con esta investigación se logró la programación e implementación de un algoritmo para el control automatizado de un sistema de mini heliostatos. Debido a que esta tecnología aún se encuentra en desarrollo, los resultados aquí obtenidos respecto al uso de algoritmos de seguimiento en campo, permiten que el grupo de docentes, que forma parte del cuerpo académico de "Optimización y Automatización" del área de Mecatrónica, en el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora; continúe con más estudios e investigaciones buscando lograr el mejor aprovechamiento y utilización de esta alternativa para generar energía limpia.

¿QUÉ SIGUE?

La generación de energía, mediante fuentes alternas, es un tema fundamental en los diferentes niveles de la sociedad. La visión del grupo de docentes que conformamos el Cuerpo Académico de Optimización y Automatización es aportar los conocimientos y habilidades que poseemos en la búsqueda de soluciones a la problemática de energía que se está viviendo; apostando a la tecnología de Torre Central con la cual hemos trabajado.

Una mejora en la que se está trabajando en este momento consiste en probar con distintos tipos de transmisión de movimiento, para así demostrar que el algoritmo de control seleccionado funciona en distintas tecnologías de heliostatos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Convenio específico de colaboración Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de Sonora. Oficio número 515, 27 de septiembre de 2006.
- 2) Claudio A. Estrada, Camilo A. Arancibia, et al., "Laboratorio Nacional de Sistemas Concentración Solar y Química Solar" Informe Técnico Final, Proyecto CONACYT LN-56918, Periodo reportado febrero - diciembre 2010.
- 3) Victor H. Benitez, Carlos A. Eredias y Héctor M. Ramírez, "Síntesis de señales de control para seguimiento solar y su aplicación a un prototipo de heliostato", VIII Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico pp. 1-6, Cuernavaca, Morelos, 2010.
- 4) Vachiraprakarnsakul T. and Wongsaisuwan, M., "Design of calibrating controllers for heliostats", Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, 2008. ECTI-CON 2008. 5th International Conference, vol.2, pp.617-620, 14-17 May 2008. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&number=4600509&isnumber=4600498>
- 5) Reza N. Jazar, "Theory of Applied Robotics, Kinematics, dynamics and Control". Springer, 2007.
- 6) Ibrahim R., and Afshin A., "Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications". Technical Report, National Renewable Energy Laboratory, January, 2008.
- 7) Mehrabian M., and Aseman R., "Computer programming to calculate the variations of characteristics angles of heliostats as a function of time and position in a central receiver solar power plant", In Proceedings of International Solar Energy Society, World Congress, vol. 5, pp. 1894-1898, 2007.
- 8) Ogata K. "Ingeniería de Control Moderna", Pearson, 4^{ta} Edición, 2003.



DISEÑO DE SISTEMAS DE PRÓTESIS TRANSFEMURALES EXOESQUELÉTICAS: UNA APLICACIÓN IMPORTANTE DE LA BIOMECASTRÓNICA

ÁNGEL BENJAMÍN GUTIERREZ CUREÑO, MARTÍN ANTONIO ENCINAS ROMERO,
WALDEMAR GÓMEZ MONTES Y JESÚS ABRAHAM VILLALOBOS LEYVA

La pérdida de una o varias extremidades en las personas se considera algo muy doloroso, desde el punto de vista físico y moral, además de provocar en muchos de los casos el aislamiento social, laboral y profesional, incluyendo trastornos adicionales como la depresión, misma que puede llegar a ser una situación más agobiante, que la propia amputación. En la actualidad, los cirujanos consideran la amputación como el último recurso quirúrgico; sin embargo, bien planeada y ejecutada, conlleva a la remoción de un miembro dañado, que a su vez con una buena rehabilitación y el uso de una prótesis adecuada, lleva al paciente a un estado funcional.

La biomecatrónica es la rama de la ingeniería que se encarga de la aplicación de la mecatrónica, para resolver problemas en sistemas biológicos, en particular el desarrollo de nuevos tipos de prótesis, simuladores quirúrgicos, control de posición de instrumental médico, teleoperación quirúrgica, entre otras aplicaciones. El desarrollo de prótesis, involucra la necesidad de fusionar conocimientos de la fisiología y biomecánica humana, mecanizado de materiales, perfeccionamiento de mecanismos e interfase hombre- máquina.

ING. ANGEL BENJAMÍN GUTIÉRREZ CUREÑO
Departamento de Ingeniería Industrial.
Universidad de Sonora

Correo: abgc@hotmail.com

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

ING. WALDEMAR GÓMEZ MONTES

Director General de Manufactura y Servicios SOGO Hermosillo S.A. de C.V.
Parque Industrial de Hermosillo, sonora, México.

Correo: waldemargomez@yahoo.com.mx

JESÚS ABRAHAM VILLALOBOS LEYVA

Estudiante de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad de Sonora.

Correo: javl0389@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En términos generales, una prótesis es una extensión artificial que reemplaza una parte faltante del cuerpo. Sin duda alguna, desde el comienzo de la humanidad se han utilizado miembros artificiales de diferentes tipos y naturalezas. La prótesis artificial más antigua, de la cual se tiene conocimiento, se encontró en Capri, Italia, en 1858, se trata de un miembro artificial fabricado de cobre y madera, que data del año 300 a.C., mismo que se utilizaba para simular la función de una pierna. Sin embargo, recientemente Investigadores de la universidad de Manchester, en el Reino Unido, descubrieron en Egipto, un primer dedo (dedo gordo) en el pie de una momia. Al parecer, este tipo de prótesis, le ayudaba al individuo a caminar, lo que puede representar, que ésta sea la prótesis funcional más antigua del mundo (1-4).

Con el nacimiento de las grandes civilizaciones e imperios como Egipto, Grecia y Roma, comenzó el desarrollo científico encaminado a la medicina, y consecuentemente al desarrollo protésico. Con el desarrollo de la cirugía, las amputaciones se empezaron a utilizar como una forma de salvar vidas (3). El primero en realizar una amputación de codo fue Ambroise Pare, quien la realizó en 1536. De la misma manera, entre los años 1600 al 1800, se observaron grandes avances en los métodos protésicos y quirúrgicos. Además de la invención del torniquete, anestesia y analgésicos, con lo cual, los cirujanos, pudieron realizar investigaciones sobre miembros artificiales, permitiendo el desarrollo de mejores sustitutos (1-6).

El Cirujano holandés Pieter Andriannzoon Verduyn en 1699, introdujo la primera modificación de prótesis debajo de la rodilla, la cual es un prototipo muy semejante a la prótesis actual. La articulación constaba de un corsé con bisagras externas y un muslo de cuero para cargar el peso. Este modelo se muestra en la Figura 1 (4).

Con el desarrollo de las guerras a lo largo de la historia, no solo se han mejorado las técnicas de cirugía, sino que también se ha incrementado el desarrollo de las prótesis. Solo durante la Guerra Civil Norteamericana (1861-1865) se practicaron 30,000 amputaciones, lo cual provocó un gran crecimiento de las empresas manufactureras de prótesis. Después de la Segunda Guerra Mundial (1939 -1945), los investigadores y científicos, mejoraron el diseño y el uso de los materiales protésicos, dando lugar al primer modelo de pie SACH, acrónimo de (Solid Ankle Cushion Heel) en 1956, en la Universidad de California, donde se desarrolló también la pierna PTB (Patellar Tendon Bearing). En 1960, la pierna hidráulica de Steward-Vickers salió al mercado, permitiendo el desarrollo en 1968 de la rodilla hidráulica S-N-S de Hensche Mauch (1, 4-6).



Figura 1. Prótesis Desarrollada por Pieter Andriannzoon Verduyn (6)

En los años 60's y 70's varias universidades empezaron a crear programas de desarrollo para prótesis más avanzadas. En esta época se introduce el soporte hidráulico, las prótesis endoesqueléticas y la piel sintética. En la década de los 80's aparece uno de los primeros pies capaces de almacenar energía, denominado pie SAFE (Stationary Attachment Flexible Endoskeletal).

Desde de la década de los 90's a la actualidad se han desarrollado prótesis especializadas para cada tipo de paciente y sus diferentes necesidades. En la rama de la biomecánica, el control microeléctrico es el más popular, ya que consiste en utilizar diferentes circuitos y sensores eléctricos para controlar el movimiento de la prótesis, con el fin de lograr un movimiento más natural, así como para proporcionar comodidad, seguridad y estabilidad a la persona amputada (2, 4, 6).

NIVELES DE DISFUNCIONALIDAD DE UNA PERSONA DISCAPACITADA

Existen 5 niveles de disfuncionalidad que caracterizan a una persona discapacitada.

- **Nivel 0:** No tiene la habilidad o el potencial para caminar de forma segura con o sin asistencia, y la prótesis no mejora su calidad de vida o movilidad.
- **Nivel 1:** Tiene la habilidad o potencial para caminar con una prótesis solo en superficies regulares. Característico de la movilidad de las personas dentro de sus hogares que pueden caminar con o sin ayuda.
- **Nivel 2:** Tiene la habilidad o potencial para caminar, con capacidad para atravesar barreras como curvas, escaleras o superficies irregulares; común de personas

que caminan dentro de su comunidad.

- **Nivel 3:** Tiene la habilidad o potencial para caminar con capacidad para superar las barreras más comunes. Además la persona puede desarrollar actividades terapéuticas o de ejercicio, mismas que demandan una prótesis para más que una simple marcha.
- **Nivel 4:** Tiene la habilidad o potencial para caminar, con capacidad para superar barreras no comunes, enfrentando situaciones de alto impacto o esfuerzo. Típico de personas activas, niños o adultos y atletas (2).

TIPOS DE PRÓTESIS

Existen 5 tipos genéricos de prótesis: post operativa, inicial, preliminar, definitiva y de propósito especial.

Aunque sería deseable el uso de los 5 tipos de prótesis, por parte de los amputados, solo un número reducido de ellos utiliza la prótesis post operativa e inicial; estas dos son directamente moldeadas en el muñón. La gran mayoría de los amputados utilizan las prótesis preoperatorias y las definitivas; un número muy pequeño utiliza las prótesis de propósito especial, que son las que brindan la capacidad de realizar algún deporte

Las prótesis definitivas tampoco son permanentes, debido a que cualquier dispositivo mecánico se fatiga y debe cambiarse. El rango promedio de vida útil de una prótesis es de 3 a 5 años, principalmente por cambios en el miembro residual del amputado, ya sea por ganancia o pérdida de peso o por atrofia (1, 2).

Existen diferentes tipos de prótesis definitivas para cada lugar de amputación, entre las que se encuentran:

- Prótesis para desarticulación de cadera.
- Prótesis transfemorales.
- Prótesis para desarticulación de rodilla
- Prótesis transtibiales.
- Prótesis para desarticulación de tobillo.
- Prótesis parciales para pie.

PRÓTESIS TRANSFEMORALES EXOESQUELÉTICAS

Es la prótesis que se requiere cuando el paciente ha sufrido una amputación transfemoral, misma que se refiere a un corte de la pierna, por arriba de la rodilla, a la altura del fémur. Debido a que la prótesis transfemoral cubre la mayor parte de la pierna, ésta debe llevar dos articulaciones (Figura 2). Una prótesis transfemoral cuenta con cuatro elementos básicos: socket o encaje, rodilla, pilar o tubo de soporte (el cual conecta a la rodilla con el tobillo) y pie (Figura 3).

- **Socket:** Es la conexión entre el paciente y la prótesis.
- **Rodilla:** Anteriormente, las prótesis eran rígidas y no presentaban ninguna articulación en la rodilla. Actualmente, hasta las prótesis más básicas tienen alguna articulación en la rodilla.
- **Pilar:** Es el segmento que une a la rodilla con el pie.

Antes se utilizaban materiales como madera o aluminio, actualmente se utilizan materiales muy ligeros y resistentes como la fibra de carbono o el titanio.

- **Pie:** Al igual que la rodilla, las primeras prótesis no contaban con pies articulados; hoy en día, el pie se diseña en conjunto con el tobillo. Las prótesis más sencillas utilizan pies contruidos de materiales elásticos que simulan las articulaciones proporcionando movilidad y resistencia (1, 4).

Existen dos tipos de estructuras de prótesis, las endoesqueléticas y las exoesqueléticas, con la única diferencia que en las primeras, los soportes tubulares se recubren con hule espuma suave (2).

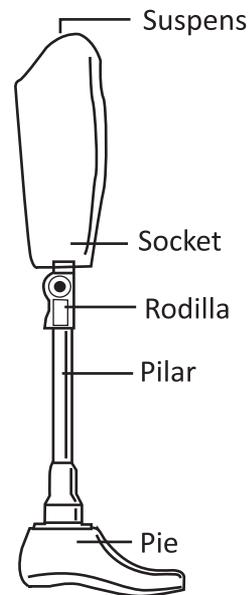


Figura 2. Prótesis Transfemural (1)

TIPOS DE PIES ARTIFICIALES, EXISTENTES EN EL MERCADO

Cada tecnología de pie artificial existente en el mercado se adapta a la necesidad de una persona con discapacidad según sea su nivel de funcionalidad.

1. Pies Básicos

- a) Pie básico tipo SACH (Solid Ankle Cushion Heel). El pie artificial SACH ha sido el estándar a la hora de atender la necesidad de personas con discapacidad de baja actividad o mayores de edad. Este simple diseño tiene una quilla de madera envuelta en goma con un talón flexible que amortigua el impacto y absorbe las fuerzas de reacción del piso. Teóricamente permite una flexión plantar del pie. Por décadas el pie artificial tipo SACH ha sido el más comúnmente prescrito por su simplicidad y bajo costo. Este tipo de pie es ligero en peso, relativamente durable y barato en comparación con otros diseños más avanzados. No hay movimientos internos dentro de la prótesis por lo que requiere bajo mantenimiento.

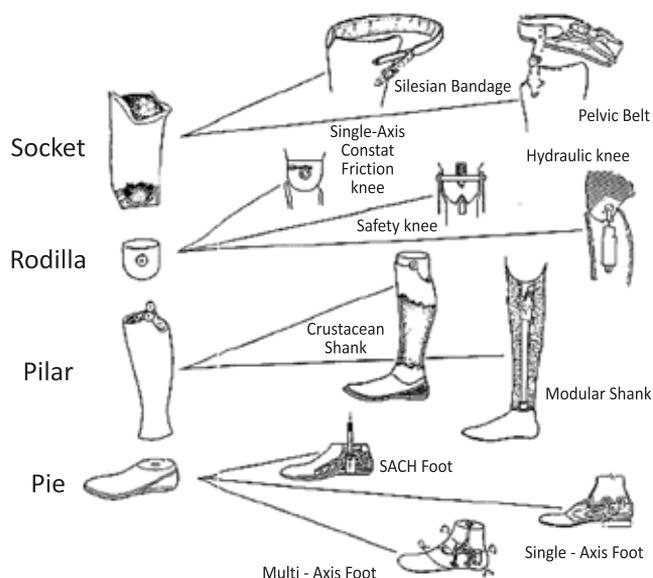


Figura 3. Componentes de una Prótesis Transfemural [1].

- b) Pie básico tipo SAF (Single Axis Foot). El pie artificial SAF, es articulado y cuenta con una bisagra que hace las funciones del tobillo al proveer los movimientos de flexión dorsal (5° – 7°) y flexión plantar (15°). El trabajo lo hacen dos topes que limitan y controlan la flexión dorsal y plantar del pie. Este pie alcanza la posición horizontal más rápido, lo que contribuye a una mejor estabilidad.
- c) Pie básico tipo SAFE (Stationary Attachment Flexible Endoskeletal). Este pie artificial es un pie muy flexible que cuenta con una quilla que permite el movimiento triplanar. Es más flexible que el pie tipo SACH, proporcionando un giro del pie más suave en la caminata. Estos pies ofrecen amortiguación y absorción de energía, pero no almacenan y liberan energía por lo que no son considerados dinámicos. Este diseño no requiere mantenimiento
- d) Pie básico tipo multiaxial o de eje múltiple. Este tipo de pie permite movimientos en los tres planos, lo que facilita la adaptación a terrenos irregulares y la absorción de torques que eliminan las fuerzas cortantes en el pie. Sus partes móviles deben ser resistentes y requieren mantenimiento (2).

2. Pies de Respuesta Dinámica

El segundo grupo de pies protésicos son conocidos como pies de respuesta dinámica, los cuales realmente almacenan y liberan energía a medida que el usuario camina.

Algunos ejemplos de pies de respuesta dinámica, incluyen al SureFlex, al K2 Sensación y al Flex Walk de Flex Foot. En esta misma categoría se adaptan bien el Cirrus Foot Segunda Naturaleza, el Génesis II y el Seattle Lite. Los porcentajes de retorno de energía, para este nivel de pies

dinámicos, pueden alcanzar el 90% o más. Estos modelos acumulan energía en la fase de impulsión en un elemento de resorte de plástico, cuya capacidad de respuesta mejora la dinámica del cuadro de marcha, ofreciendo confort funcional.

3. Pies de Alto Desempeño

El grupo final de pies protésicos son aquellos considerados de alto desempeño. Utilizados no solo por jóvenes atletas que buscan obtener una ventaja competitiva sino para los adultos mayores que pueden ganar mucho en su movilidad. Con el retorno de energía alcanzando el 95 % o más, los pies de alto desempeño son para cualquier persona amputada que desea ser más activo y estar más cómodo. Dentro de esta categoría están incluidos el Re-Flx VSP y el pie Modular III de Flex-Foot y el Advantage DP de Springlite. Ohio Willow Wood recientemente presentó el pie Pathfinder, un diseño innovador que incluye un resorte en talón neumático (2).

DESARROLLO DE SISTEMAS DE PRÓTESIS EN LA UNIVERSIDAD DE SONORA

Actualmente, en el Departamento de Ingeniería Industrial y el Departamento de ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad de Sonora, en colaboración con personal de Manufactura y Servicios SOGO Hermosillo S.A. de C.V., se lleva a cabo el proyecto: “desarrollo de prototipo de prótesis transfemural exoesquelética tipo mecánica: Rodilla, tobillo y pie”, mismo que involucra el diseño y fabricación de un prototipo de prótesis transfemural, con el cual se podrán adquirir las bases suficientes para desarrollar un producto final funcional.

El diseño de esta prótesis está contemplado para usuarios con un nivel de actividad media. El adaptador de encaje es de material laminado utilizado para el acoplamiento de la prótesis al socket, mismo que será de tipo modular utilizable para adultos y niños. Además contando con una articulación mecánica de rodilla la cual incluye un sistema de bloqueo y regulación de la tensión para un peso máximo de 100 kg. El adaptador tubular metálico tendrá la función de acoplar el pie y adaptadores a la articulación de rodilla. El pie consta de un núcleo forrado con plástico de hule espuma, con apariencia natural y con dedos.

DISEÑO DE PRÓTESIS

Para el diseño de la prótesis se utilizó las generalidades de la metodología TRIZ (Teoría para Resolver Problemas de Invención) desarrollada por Genrich Altshuller en Rusia en el año 1946 y que actualmente cuenta con el Instituto Altshuller (7) en Massachusetts, Estados Unidos y el cual está dedicado a la innovación. Es una metodología innovadora aun en nuestros tiempos y diferente a las metodologías tradicionales de nuestra época.

La metodología TRIZ indica que todos los inventos son

el resultado de la combinación de las teorías e innovaciones existentes. El análisis sistemático de la información dará como resultado la nueva invención o mejora del producto. Este ciclo del análisis te envuelve en una carrera por mejorar e innovar simultáneamente analizando, las características principales de los inventos a través de modelos.

Un componente inicial, el cual se tomó en el presente proyecto, es el análisis exhaustivo de patentes de productos similares o así como aquellos que por su naturaleza de resolver el problema se empatan a los mismos objetivos.

En la Figura 4 se muestra la primera etapa del proyecto que consistió en el análisis de 100 patentes que se agruparon en diferentes familias:

- Articulaciones neumáticas
- Articulaciones hidráulicas
- Articulaciones mecánicas
- Articulaciones electromecánicas
- Adaptadores
- Pies rígidos
- Pies flexibles con fibra de carbono o polímero.

El estudio se complementó con el análisis de las articulaciones y componentes de mayor aceptación en el mercado como fueron las líneas Otto Bock, Proteor y Ossur.

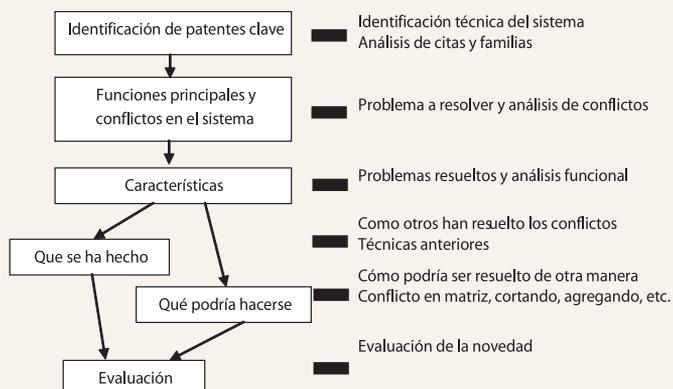


Figura 4. Proceso de Análisis de Patentes (8)

Las patentes analizadas pertenecen a diferentes países del mundo principalmente Estados Unidos, Alemania y España. La Figura 5 muestra un ejemplo de una de ellas. Las articulaciones están diseñadas para reproducir la función de la rodilla, por lo tanto las distancias y puntos de flexión es una componente importante que se presenta en las patentes. Cada una contempla un sistema de energía e impulsión diferente, donde radica la innovación de manera más significativa. La manufactura de micro válvulas está presente en las innovaciones de los últimos 10 años y coincide con los avances de la tecnología de manufactura de precisión. Algunas otras características del estudio se presentan en la Tabla I y fueron consideradas en el prototipo del proyecto.

Tabla I. Algunas Características Determinadas en el Estudio de Patentes

1	Pirámide receptora
2	Pasadores y pines de acero aleado o titanio
3	Grados de movilidad de 110 – 155 grados
4	Materiales utilizados: aluminio de alta dureza, titanio, acero de alta dureza, acero inoxidable
5	Peso de articulaciones de 350 – 700 gramos
6	Quilla de fibra de carbono o nylon

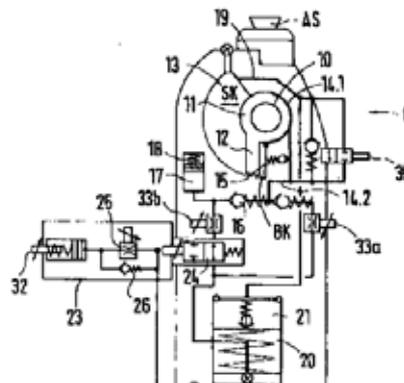


Figura 5. Patente de Articulación Hidráulica Desarrollada en Alemania (9).

DESARROLLO DEL PROTOTIPO

El proceso partió del análisis de las patentes y productos existente, así como del estudio de la marcha humana con la aportación de la experiencia en el ramo de protesistas de la localidad.

Se seleccionó como usuario meta, un paciente con amputación transfemural con actividad media 2 y 3, donde se establecieron requerimientos mínimos de fabricación, mismos que se pueden observar en la Tabla II.

Tabla II. Requerimientos Mínimos de la Articulación

Tipo de articulación	Monocéntrica
Nivel de actividad	Nivel 2 y 3
Tipo de amputación	Transfemural
Flexión	135°
Peso máximo de la prótesis	1.6 Kg.
Peso máximo a soportar	100 Kg.

La fabricación del prototipo es del tipo beta, lo cual significa que se desarrollará físicamente con los materiales finales y se realizará una prueba con un ser humano (10).

Los componentes fueron diseñados en dibujo CAD 3D utilizando el software Solid Works. Cada uno de los componentes se realizó de manera virtual antes de la manufactura y pruebas físicas. A través del modelo de ensamble virtual 3D se realizaron pruebas de movilidad

y ensamble de los componentes, permitiendo así reducir la brecha de implementación del prototipo. En la Figura 6 se muestra la imagen tridimensional de la articulación y prótesis completa.

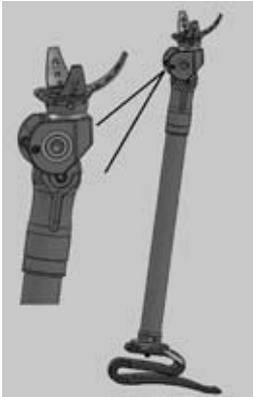


Figura 6. Modelo de Prótesis Completa

PRUEBAS

Se llevaron a cabo pruebas de esfuerzos por medio de simulación, lo cual nos brinda una aproximación de los resultados de las pruebas físicas. A continuación se muestra el estudio realizado al componente “adaptador de encaje” que recibe el primer contacto del muñón a través del socket soportando el peso de una persona de 100 kg de forma estática sobre la pieza.

En la Figura 7 se muestra la tensión a la que está sometido el elemento en estudio, como se puede observar el esfuerzo máximo registrado es de 277.1 MPa (mostrado en la gráfica de esfuerzos a la derecha), el cual está registrado en la parte baja del elemento. Las flechas de color rosa, muestran la dirección de la fuerza ejercida sobre la pieza, en este caso 100 kg. Las flechas verdes muestran la sujeción dada al modelo.

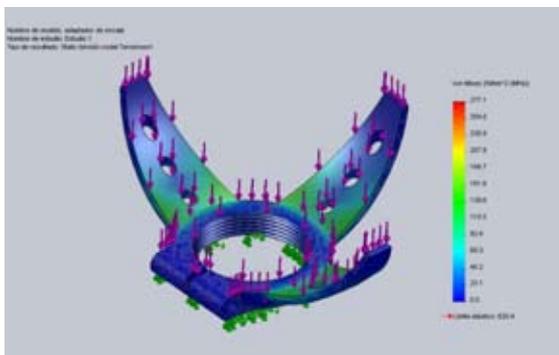


Figura 7. Gráfica de Esfuerzos de Adaptador de Encaje

El gráfico de desplazamientos (Figura 8), muestra la distancia que ha recorrido el modelo a causa de la fuerza aplicada, el máximo registrado esta mostrado en color rojo, que resultó en 0.326 mm. A manera de ilustrar como el modelo se deforma, a continuación se muestra el desplazamiento incrementado 45 veces.

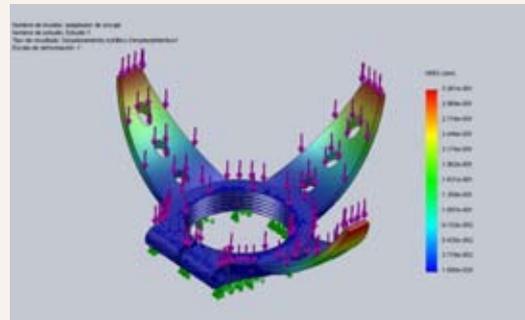


Figura 8. Estudio de Desplazamientos

Por medio de análisis se puede observar que el comportamiento de la pieza soportando una carga de 100 kg distribuidos en las caras de contacto del muñón, tiene resistencia suficiente para cumplir esa tarea, ya que sólo se registra una tensión poco más alta al tercio de la carga necesaria para comenzar con la deformación elástica del acero.

CONCLUSIONES

El diseño de prótesis es una tarea interdisciplinaria que involucra las áreas de la fisiología, biomecánica y mecanizado de materiales, entre otros. Los avances en software de simulación permiten interactuar en la fase de diseño de una manera más directa, logrando una alta precisión y practicidad de ajustar y corregir cada uno de los componentes en tiempos más cortos, obteniendo acabados más eficientes y funcionales, mismos que contribuirán a una mejor calidad de vida de las personas que requieran de estos dispositivos.

BIBLIOGRAFIA

- 1) De Leonardo Girard L. M. Diseño y Construcción de Prototipo de Prótesis de Rodilla. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ingeniería y Ciencias. Cholula, Puebla, México, 2008.
- 2) Rayón Fernández A. Diseño de Prótesis de Pie. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ingeniería y Ciencias. Cholula, Puebla, México, 2007.
- 3) Menager D. Amputaciones y Prótesis del Miembro Inferior. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. E – 26-170-B-15, 2002.
- 4) Valencia Lazcano A. A. Diseño y Desarrollo de una Protésis Flex-Foot. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2009.
- 5) Bristol M. The Evolution of Evolution of Prosthetics. Vanguard U.S. Department of Veterans Affairs. May/June 2005. Pp. 19-21.
- 6) Norton K. M. A Brief History of Prosthetics. In Motion, Volumen 17, Issue 7, November/December, 2007.
- 7) The Altshuller Institute for TRIZ Studies, <http://www.aitriz.org/>.
- 8) Chen T-Ch. A TRIZ-based Evaluation Process for Patents and Patent Portfolio. Altshuller Institute for TRIZ Studies, Jun 2007.
- 9) Baumann H-W., Kluge A., Kascuba M. Hydraulic Knee Prosthesis. U.S Patent. US 2006/0293761 A1, 2006.
- 10) Ulrich K. T. Eppinger Steven D. Product Design and Development, 2ª Edición, Irwin McGraw-Hill, 2000.



MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA UNIVERSIDAD DE SONORA UNIDAD REGIONAL CENTRO (UNISON-URC)

CLARA ROSALÍA ÁLVAREZ CHÁVEZ, JESÚS ENRIQUE CRUZ MIRAZO, MARÍA ENGRACIA ARCE CORRALES, JOSÉ LUIS BRASSEA ALDACO, JAVIER ESQUER PERALTA

Gran parte de los residuos sólidos que se generan en el campus universitario tiene el potencial de ser valorizada. La elaboración e implementación de un plan de manejo integral de los Residuos Sólidos (RS) en la Universidad de Sonora (UNISON), en el cual se aprovechen las iniciativas existentes en los diferentes contribuirá a prevenir/reducir riesgos ambientales y ocupacionales, se cumplirá con la legislación correspondiente y se reducirán los costos por su manejo acorde con la Política de Sustentabilidad de la Institución.

DRA. CLARA ROSALÍA ÁLVAREZ CHÁVEZ
Departamento de Ciencias Químico-Biológicas
Correo: ralvarez@rtn.uson.mx
Q. B. JESÚS ENRIQUE CRUZ MIRAZO
Estudiante de la Especialidad en Desarrollo Sustentable
Correo: jenrikecruz@hotmail.com
M. C. MARÍA ENGRACIA ARCE CORRALES
Departamento de Ciencias Químico-Biológicas
Correo: marce@guayacan.uson.mx
Ing. JOSÉ LUIS BRASSEA ALDACO
Subdirección de Conservación
Correo: jbrassea@guaymas.uson.mx
DR. JAVIER ESQUER PERALTA
Correo: jesquer@industrial.uson.mx
Especialidad en Desarrollo Sustentable
Departamento de Ingeniería Industrial
Correo: jesquer@industrial.uson.mx
Universidad de Sonora

INTRODUCCIÓN

En México, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) establece la obligación de formular y ejecutar planes orientados a prevenir la generación, incrementar su valorización y lograr el manejo ambiental conveniente por parte de los grandes generadores de residuos sólidos urbanos peligrosos y de manejo especial (producen más de 10 ton/año) (1).

La valorización de los RS consiste en recuperar los materiales que lo componen para ser reciclados y aprovechados en procesos productivos. Para ello, la LGPGIR establece que debe realizarse un diagnóstico básico para conocer su volumen y composición, para que posteriormente se determinen las estrategias a incluir en un plan que contemple su manejo ambientalmente adecuado (1). Con lo anterior se disminuye el gasto de recursos naturales no renovables: el consumo de energía; la contaminación del aire, agua, suelo; y los riesgos a la salud que suceden como resultado de la extracción y producción de nuevos materiales y de la presencia de RS en sitios de disposición final. Por otro lado, se evita también la proliferación de vectores nocivos a la salud, se reduce el uso de suelo por la necesidad de contar con espacios para la disposición final de RS y se cumple con lo establecido en la LGPGIR.

El reciclaje, al igual que la reutilización y la reducción (las 3R's), es uno de los tres métodos que propone la LGPGIR para el principio de la valorización de los RS bajo un manejo sustentable. Es posible reciclar metales, vidrio, plásticos, papel y cartón para la elaboración de productos iguales o alternativos.

En países desarrollados los programas de reciclaje y recuperación de RS, en Instituciones de Educación Superior (IES) iniciaron hace casi 40 años. La Universidad de Brown en EUA recicla sus RS desde los años 70's (2). En México son escasos los reportes sobre el manejo de RS en IES. Sin embargo, un programa de minimización de RS establecido en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados Unidad Mérida (CINVESTAV-Mérida), ha demostrado que es posible reducir la basura enviada al relleno sanitario hasta en casi el 70 % (3).

La UNISON genera diariamente RS como parte de las actividades académicas, de investigación y de servicio cuyo volumen rebasa las 10 toneladas anuales. Datos proporcionados por el Sistema Institucional de Transparencia y Acceso de esta institución, muestran que de enero a septiembre de 2009 se enviaron a relleno sanitario 388.41 toneladas (4). Por lo tanto, se clasifica como un gran generador según la LGPGIR y debe contar con un plan de manejo integral de los mismos.

La realización de un diagnóstico básico de los RS para



conocer su composición; la separación adecuada de los mismos en el origen y en los centros de acopio; una infraestructura disponible para su valorización, tanto en la institución como en la localidad; son elementos necesarios para el manejo integral de los mismos y para promover la sustentabilidad en el campus.

Para que este manejo sea sustentable también deberá ser eficiente desde el punto de vista ambiental, económico y social (5).

Por lo anterior, en este trabajo se investigó el manejo actual de los RS en la UNISON (URC) y se realizó un diagnóstico básico de los RS generados en un área seleccionada dentro del campus para conocer la cantidad y composición de los mismos y para poder determinar su potencial valorización. Adicionalmente, se identificaron los riesgos ocupacionales durante la recolección y transferencia de los RS en el campus. Se seleccionó el área 5 de la UNISON con el fin de apoyar los esfuerzos en materia de sustentabilidad que allí se han llevado a cabo por la División de Ingeniería a través del Sistema de Gestión de Sustentabilidad (SGS) de la UNISON y del Departamento de Ciencias Químico Biológicas a través del Programa Institucional de Salud y Seguridad Ambiental (PISSA-UNISON). Actualmente existe interés institucional por lograr la certificación ISO 14001 en todos los departamentos ubicados en ese lugar.

METODOLOGÍA

Este estudio se realizó durante el ciclo escolar 2010-11 (primera semana de marzo, de martes a sábado) en el área 5 de la UNISON (URC) donde se ubican aulas, auditorios, jardines, laboratorios, bibliotecas, consultorio médico, talleres, sanitarios, vendedores ambulantes y puestos de comida. Los generadores de RS son estudiantes; personal académico, administrativo y de servicio; visitantes, vendedores ambulantes. Se investigó el manejo de los RS que actualmente existe en el campus universitario mediante entrevistas al personal que participa en esta labor. Así también se recibió apoyo por parte de ellos para realizar este estudio.

El diagnóstico básico de los RS se realizó según la NMX-AA-061-1985 (6), relativa a la determinación de la generación de RS municipales modificando el muestreo y la duración del mismo. En este caso para calcular la generación per cápita/día, se recogió la totalidad de los RS de los contenedores de basura cada 24 horas por 5 días consecutivos, en vez de hacer un muestreo aleatorio diariamente durante 8 días seguidos.

Los RS fueron trasladados cada día a un sitio

previamente determinado dentro del campus, en donde se pesaron en una báscula de línea industrial marca Nuevo León (capacidad 500 Kg) para obtener el peso total de ellos. Posteriormente los RS se colocaron en una lona de 7x5 m y siguiendo la NMX-AA-015-1985 (7), relativa al método de cuarteo de RS, se procedió a su homogenización utilizando una pala y dividiéndolos en 4 lotes iguales denominados A, B, C y D; después se eliminaron las partes opuestas (B y D). Esta operación de homogenizado y separación se repitió hasta dejar un mínimo de 50 Kg para obtener el peso volumétrico *in situ* así como la clasificación y cuantificación de los subproductos de los RS. La determinación del peso volumétrico *in situ* (Pv) se efectuó diariamente obteniendo el peso de los RS (P) al llenar un tambor de 0.2 m³ (V) previamente tarado y mediante la fórmula $Pv = P/V$, según lo dicta la NMX-AA-019-1985 (8). La clasificación y cuantificación de los subproductos de los RS se realizó de acuerdo a la NMX-AA-022-1985 (9), para ello se seleccionaron los desechos de plástico, papel, virio, cartón, etcétera; hasta donde fue posible diferenciarlos a simple vista. Se colocaron por separado en bolsas de polietileno de 1.10 x 0.90 m. Se cribaron los restos utilizando una malla de acero inoxidable M 2.00 hasta agotar los 50 kg.

Los subproductos ya clasificados se pesaron en la báscula (G1) y el porcentaje en peso de cada uno de ellos (PS) se calculó con la siguiente expresión: $PS = (G1/G) \times 100$, en donde G = peso total de la muestra (50 kg). Los riesgos ocupacionales se determinaron mediante la observación directa de las actividades de recolección en el campus durante la semana de estudio. Por último, se investigó la infraestructura disponible en la localidad en donde los RS del campus pueden ser destinados para su valorización. Los datos obtenidos diariamente se anotaron en una bitácora para obtener el promedio de cada uno de ellos al final de los cinco días de recolección.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Manejo Actual de los Residuos Sólidos en el Campus. El personal a cargo del servicio de la basura en la institución reveló que ellos se encargan de recolectar y transferir los RS del campus a un sitio donde (a excepción de los restos de jardinería) se compactan y almacenan dentro de un contenedor (figura 1a) hasta su disposición final. Posteriormente una empresa especializada acude al campus los días lunes, martes, jueves y viernes para transportar y disponer los RS en el relleno sanitario municipal. De enero a junio de 2009, se enviaron a este sitio 253.84 toneladas de basura y de julio a septiembre de 2009, 134.57 toneladas (4). Este servicio tiene un costo aproximado de \$10,000 mensuales (10).

De acuerdo a estos datos se confirma que la UNISON (URC) se clasifica como un gran generador de acuerdo a la LGPGIR (1), ya que produce más de 10 ton anuales de RS y debe contar con un plan de manejo de los mismos.

Los generadores regularmente depositan los RS en diferentes contenedores distribuidos en el área de estudio (figuras 1b, c). Los RS de estos contenedores a excepción de aquellos que se encuentran en depósitos para reciclaje (figuras 1d,e,f), se depositan en recipientes mayores con capacidad de 2.5 m³ ubicados en el campus universitario (figura 1g). Los RS colocados en depósitos para reciclaje están a cargo del grupo del SGS de la División de Ingeniería y no formaron parte de este estudio.



Figura 1. Contenedores de residuos distribuidos en el área 5 de la UNISON (URC). a) Compactador de basura y contenedor de almacenamiento temporal de residuos en el campus, b) tambores con capacidad de 50 galones, c) contenedores fijos con bolsas de plástico, d) contenedores para residuos de papel, e) contenedores para residuos inorgánicos (latas de aluminio), f) contenedores para residuos de plástico, g) contenedores mayores.

b) Diagnóstico Básico de los Residuos Sólidos. La tabla 1 muestra la cantidad total, el promedio y el peso volumétrico de los RS generados en la semana de estudio en el área 5 de la UNISON (URC). Mediante la comunicación directa con el personal administrativo de los diferentes departamentos se determinó que asisten regularmente 3415 personas considerando estudiantes y trabajadores de la institución, lo cual resulta en un promedio 0.324 kg de RS per cápita. El personal universitario que realiza el trabajo de recolección de RS del campus mencionó que los días de mayor generación son los miércoles. Esto coincidió con los resultados obtenidos, ya que el día jueves fue cuando se recogieron la mayor cantidad de RS generados un día anterior (263 kg). Este estudio decidió llevarse a cabo en la mitad de un semestre, cuando las actividades académicas se encuentran al máximo, para obtener datos representativos de la mayor cantidad de RS que puedan generarse en el área durante el primer semestre del año (2010-1). Se espera que esta cantidad sea menor en periodos de exámenes y vacaciones debido a una menor afluencia de los estudiantes en el campus.

Tabla 1. Residuos sólidos generados en el área 5 de la UNISON durante el periodo de estudio.

Días de Muestreo	Peso Total (kg)	peso Volumétrico in Situ (kg/m ²)
1	257.5	79.28
2	249.0	60.78
3	263.0	63.42
4	174.5	58.14
5	165.0	52.85
Total	1109.0	314.46
Promedio diario \pm desviación estándar	221.80 \pm 89	62.89 \pm 9.96

La separación y clasificación de los RS en subproductos mostró que estaban compuestos de papel, vidrio, cartón, restos de jardines, restos de alimentos, plásticos y otros (toallas sanitarias, pañales, algodón, etcétera). La tabla 2 muestra las cantidades de cada uno de ellos. El diagnóstico realizado indicó que los residuos de papel y cartón (37%), los plásticos (31%) y los orgánicos (restos de alimentos y de jardinería) (25%) fueron los RS que se encontraron en mayor proporción en el área de estudio.

Estos datos difieren a los del diagnóstico realizado en otras IES, en donde los más abundantes fueron los residuos orgánicos seguidos del papel y cartón y posteriormente los plásticos (ver tabla 3). En el caso de los plásticos se esperaba un comportamiento similar a la UABC Campus Mexicali, debido a que esta universidad y la UNISON se localizan en una zona climática común. La diferencia observada en estos resultados puede atribuirse al alcance

de los estudios realizados en cuanto a extensión y periodo de muestreo. Por ejemplo, un factor a considerar en el caso de los residuos orgánicos es que los otros estudios incluyeron cafeterías y comedores; ya que la UABC reporta residuos de alimentos de un centro comunitario. En el área 5 de la UNISON existen puntos pequeños de venta de comida y vendedores ambulantes; en cambio el comedor universitario se encuentra localizado en otra área. Otro factor es el tipo de vegetación y las prácticas de jardinería en los distintos campus.

El segundo residuo más abundante fue el plástico con un 31% del total; de éstos el polietilentereftalato (PETE) y el poliestireno expandido (PS) fueron los tipos de plástico sobresalientes (33% y 22% respectivamente) (ver tabla 4). Se espera que en el periodo más cálido del año se genere mayor cantidad de residuos de PETE dado su amplio uso en envases de bebidas.

Los diagnósticos de la UABC, CINVESTAV-Mérida, UMSNH no diferenciaron los tipos de plástico presentes en los RS (3, 11,12).

Valorización de los Residuos Sólidos

Se determinó que la localidad cuenta con capacidad para el reúso y reciclaje, principalmente en el caso del papel, cartón y plástico (tabla 5). Con la separación en la fuente y valorización de los RS se pueden disminuir costos por su manejo, obtener recursos que pueden ser destinados para apoyar acciones que promuevan la concientización del uso responsable en el campus universitario y otros proyectos ambientales o bien, para hacer donativos a obras de beneficio social. La UABC y el CINVESTAV-Mérida han reportado que fue posible reducir el 67% de los RS enviados a relleno sanitario a través de un programa de utilización (3, 11); para el CINVESTAV-Mérida esto representó un ahorro de \$62,000 solo para el año 2003 (3).

Tabla 2. Clasificación de los residuos generados en subproductos dentro del área 5 de la UNISON durante el periodo de muestreo.

Subproductos	Peso (kg)							Promedio
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Total	%	
Papel	10.5	6.0	10.5	7.0	9.5	43.5	16.83	8.7 \pm 2.08
Vidrio	2.0	1.5	1.5	1.0	3.0	9.0	3.48	1.8 \pm 0.76
Cartón	6.0	14.0	4.5	18.0	9.0	51.5	19.92	10.3 \pm 5.63
Plástico	15.0	16.0	14.5	14.0	19.5	79.0	30.57	15.8 \pm 2.2
Restos de jardines	6.5	8.0	15.5	4.0	7.0	41.0	15.86	8.2 \pm 4.34
Residuos de alimentos	9.5	4.0	2.5	6.0	2.0	24.0	9.28	4.8 \pm 3.05
Otros	2.0	2.0	3.0	1.5	2.0	10.5	4.06	2.1 \pm 0.55
Total	51.5	51.5	52	51.5	52	258.5	100	

Tabla 3. Principales tipos de residuos sólidos generados en IES en México.

Tipo de residuo	¹ UNISON-URC	² Universidad Autónoma de Baja California	³ CINVESTAV Mérida	⁴ Unicersidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo
Orgánicos	25%	48%	48%	50%
Papel y Cartón	37%	25%	20%	15%
Plásticos	31%	6%	8%	15%
Vidrio	3%	3%	5%	-

¹Diagnóstico realizado en el área 5 de la UNISON-URC durante 5 días del mes de marzo de 2010.

²Diagnóstico realizado durante 12 días en el mes de octubre en el campus Mexicali de la UABC, en este estudio se reporta el promedio de los datos reportados por separado de los RS generados en jardines, edificios y centro comunitario (10). ³Diagnóstico realizado durante tres años en el campus (3). ⁴Diagnóstico realizado en el campus (11).

Tabla 4. Clasificación de los residuos de plásticos generados en el área 5 de la UNISON durante la etapa de muestreo.

Tipo de Plástico	Peso (kg)							Promedio
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Total	%	
Polietileno de baja densidad (PEBD)	2	2.5	2	2	3	11.5	14.56	2.3 ± 0.45
Polietileno de alta densidad (PEBD)	4.5	3	2	3	3	15.5	19.62	3.1 ± 0.89
Polietilentereflatato (PETE)	4.5	4.5	5	4	8.5	26.5	33.54	5.3 ± 1.82
Poliestireno Expandido (PS)	2.5	4	3.5	3.5	4	17.5	22.15	3.5 ± 0.61
Polipropileno (PP)	61.55	2	2	1.5	1	8	10.13	1.6 ± 0.42
Total	15	16	14.5	14	19.5	79	100	

Por otro lado, la alternativa del reúso de residuos orgánicos para producción de biogás es una opción que puede desarrollarse con participación de académicos y estudiantes del área de ingeniería. Además, la elaboración de composta es una actividad que se realizó a pequeña escala en el campus a través del proyecto de la célula sustentable del Departamento de Ingeniería Industrial (13) y puede retomarse con la experiencia adquirida y a mayor escala.

La elaboración e implementación de un plan de manejo de RS en la institución, de acuerdo a lo establecido por la LGPGIR será el instrumento mediante el cual se promoverá el uso ambientalmente adecuado de los residuos generados en el campus considerando criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social. Este plan se diseñará en base al tipo de residuos que se producen en el campus y bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el

conjunto de acciones, procedimientos y medios viables que involucra a todos los actores (5). Entre las barreras que podría encontrarse en este sentido se encuentra la resistencia al cambio de los generadores y del personal a cargo del servicio de recolección de la basura, la falta de creencia en los programas que promueven el reciclaje, así como los intereses económicos de quienes se encargan actualmente del manejo de la basura.

En México, varias instituciones cuentan con programas ambientales en los que entre otros aspectos se promueve el manejo ambientalmente adecuado de los RS generados en los campus. Algunas de ellas se encuentran integradas al Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable (COMPLEXUS) que actualmente cuenta con 15 instituciones públicas y privadas. La misión del COMPLEXUS es "impulsar el mejoramiento de la calidad de los procesos académicos en materia de medio ambiente y desarrollo sustentable,

Tabla 5. Alternativas para la valorización de subproductos generados en la UNISON.

Subproducto	Alternativa	Estrategias
Papel	Reducción, reutilización y reciclaje	Reducción de la cantidad de papel utilizado en el campus mediante el uso de los ambos lados de la hoja, mayor aprovechamiento de medios electrónicos. Reciclaje de papel limpio y seco procedente de archivo muerto, papel de oficina, periódico, libros, revistas, volantes, folletería caducada.
Cartón	Reciclaje	Reciclaje de cartón limpio y seco
Vidrio	Reutilización, reciclaje	Reutilización de recipientes, reciclaje de vidrio limpio.
Residuos de jardines	Reutilización en composta y biogás	Elaboración de composta para abono de jardines de la institución o para venta, generación de biogás.
Residuos de alimentos	Reutilización en composta y biogás	
Plásticos: PETE, PEBD, PEAD, PS, PP	Reducción, reutilización, reciclaje	Reducción del consumo de agua embotellada mediante la colocación de bebederos con agua potable, reuso en materiales de construcción(14), reciclaje de plástico limpio.

mediante la concurrencia y colaboración de los programas o instancias ambientales de alcance institucional que establezcan las Instituciones de Educación Superior” (15). Por otro lado, ya existen Planes de Manejo de RS de instituciones de educación superior registrados ante la SEMARNAT, tal es el caso del instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey Campus Querétaro el cual registró su plan de manejo en el año 2007 (16).

Riesgos Ocupacionales Asociados al Manejo de RS en la UNISON-URC

Los principales factores de riesgos ocupacionales identificados en este estudio se presentan en la recolección manual de los RS durante las actividades de manipulación, traslado y vaciado de los contenedores que se realiza diariamente de lunes a sábado de 6-10 a.m. Los riesgos se clasifican en ergonómicos y biológicos; y se describen a continuación:

a) Los contenedores de basura (recipientes de 50 gal) distribuidos en el campus se trasladan al vehículo que los transporta al centro de acopio, de manera manual sin utilizar equipo de protección personal adecuado, ni herramientas que faciliten su labor y disminuyan los riesgos (ver figura 2). El trabajador manipula alrededor de 300 recipientes por semana, los cuales tienen un peso mínimo individual entre 20 kg- 63 kg. Además del peso de los contenedores y de la repetitividad de la tarea, las malas posturas del trabajador pueden contribuir a la fatiga, desórdenes músculo-esqueléticos relacionados con la espalda baja, los hombros y extremidades, irritación, inflamación, tensión, desgarres musculares, de tendones y de otros tejidos (17).

b) Las personas encargadas del traslado de la basura no usan equipo de protección personal, por lo tanto, se

encuentran en riesgo de contraer enfermedades de tipo gastrointestinal debido al potencial contacto con material contaminado y putrefacto. Los malos olores pueden ocasionar molestias a los recolectores.



Figura 2 Recopilación manual de los residuos sólidos en el campus universitario

CONCLUSIONES

Con los datos obtenidos en este estudio se confirma que la UNISON (URC) se clasifica como un gran generador de residuos, según la LGPGIR dado que genera más de 10 ton anuales de residuos y requiere de un plan de manejo integral para los mismos.

De acuerdo a los resultados se concluye que una cantidad importante (70%) de los RS generados en el área 5 de la UNISON (URC) tiene el potencial de ser valorizado ya que consiste de papel, cartón y plástico. Es posible que en otras áreas del campus exista una mayor cantidad de residuos con potencial de valorización, ya que en el área 5 existen esfuerzos por promover el reciclaje de los RS.

Por último, el personal a cargo de la recolección de los residuos se enfrenta diariamente a riesgos de tipo ergonómico y biológico que deben ser prevenidos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar este diagnóstico durante otra época del año, ya que los resultados del diagnóstico básico pueden cambiar dependiendo del clima y del calendario escolar. Así también, debe llevarse a cabo un diagnóstico de mayor alcance donde se incluya a todo el campus universitario. Se esperaría una composición de RS distinta en el área donde se ubica el comedor universitario.

Los resultados del diagnóstico mostraron que los esfuerzos, hasta ahora realizados, para la separación y valorización de los RS que se generan en el área 5 son insuficientes, por lo tanto, se deben implementar estrategias de concientización hacia la comunidad universitaria para motivar su participación.

Los riesgos ocupacionales a los que se enfrenta el personal que realiza diariamente la recolección y transferencia de los RS pueden prevenirse mediante la capacitación del trabajador, el uso de equipo de protección personal y de herramientas de trabajo que faciliten su labor.

El contar con un plan de manejo integral de RS en la institución aporta elementos para el bienestar de la comunidad universitaria y la protección al medio ambiente, los cuales son aspectos prioritarios en el manejo eficiente y sustentable de los residuos sólidos.

Esto es factible dado los esfuerzos que en esta materia se realizan de manera aislada en el campus y dada la capacidad existente en la institución y la infraestructura instalada en la localidad.

Lo anterior va acorde con la política de sustentabilidad de la UNISON y contribuye también a mantener y obtener las certificaciones como institución limpia, institución socialmente responsable e ISO 14001. Adicionalmente, se contribuye a fomentar la conciencia en la comunidad universitaria y en la sociedad pues las instituciones de educación superior son los escenarios ideales para impulsar proyectos con rumbo hacia la sustentabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca). 2003. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación. 8 de octubre de 2003. México.
- 2) Brown University. 2004. Brown Recycling Program. Brown is Green. [Documento WWW]. Recuperado: <http://www.brown.edu/Departaments/Brownisgreen/waste/recysum.html> Consulta: mayo 2010
- 3) Maldonado L. Reducción y reciclaje de residuos sólidos



urbanos en centros de educación superior. Estudio de caso. Revista Ingeniería, 10(1):59-68. ISSN: 1665-529X.

4) UNISON. 2009. Sistema institucional de transparencia y acceso a la información. [Documento WWW]. Recuperado: <http://www.transparencia.uson.mx/solicitudes/main.php> Consulta: noviembre 2009.

5) Cortinas, N. C. 2008. Bases Para Integrar Planes de Manejo de Residuos de Instituciones Educativas. [Documento WWW]. Recuperado: http://www.cristinacortinas.net/index.php?option=com_content&task=view&id=31&Itemid=27 Consulta: enero 2010.

6) NMX-AA-061, 1985. Norma Mexicana. Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Determinación de Generación. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

7) NMX-AA-015, 1985. Norma Mexicana. Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Muestreo-Método de Cuarteo. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

8) NMX-AA-019-1985. Peso Volumétrico "In Situ". Norma Mexicana. Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales.

9) NMX-AA-022-1985. Norma Mexicana. Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Selección y Cuantificación de Subproductos. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

10) Robles A. 2010. Comunicación personal. Promotora Ambiental GEN. Hermosillo Son.

13) Velázquez L.E., Munguía N E. Romo M.A 1999. Education for Sustainable Development: The Engineer of the 21st Century. European Journal of Engineering Education 24(4):359-370.

11) Armijo de Vega C., Ojeda B.S., Ramírez B.E., Quintanilla M.A. 2006. Potencial de Reciclaje de los Residuos de una Institución de Educación Superior: El Caso de la Universidad Autónoma de Baja California. Ingeniería Revista Académica. Vol. 10(3):13-21. ISSN: 1665-529X. 12) Sánchez-Yáñez, J.M. Carillo-Amezcuca J.C., Manzo Z.F. y Leal-Lozano L. 2005. Una propuesta integral de residuos sólidos en el campus de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Mich. México. <http://www.monografias.com/trabajos33/gestion-residuos/gestion-residuos.shtml>. Consulta: marzo 2011.

14) Tiburcio, M. G. 2010. Comunicación personal. Departamento en Ingeniería Química y Metalurgia. Universidad de Sonora.

15) Nieto Caraveo L.M. Sucar S. Perez Garcia E.A., De la O C. 2009. COMPLEXUS. <http://www.complexus.org.mx/Antecedentes.aspx> Consulta: Marzo 2011

16) Delgadillo Saldaña Y., Hernandez Zúñiga E, Ramírez Martínez E. Pantoja Vieyra J. 2010. Tecnológico de Monterrey Primera Institución Educativa en Integrar un Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en Querétaro. Recuperado: http://www.cristinacortinas.net/images/novedades/encuentro/carteles/PLAN_MANEJO_RS_ITESM_QRO.pdf. Consulta: Marzo 2011.

17) Konz, S. y Johnson, S. 2000. Work Design. Industrial Ergonomics. 5th ed. Ed. Holcomb Hathaway, Inc. Scottsdale, Arizona. pp. 301-303.



CARACTERIZACIÓN POR ESPECTROSCOPIA microRAMAN DE 9 SULFUROS MINERALES

DR. INOCENTE GPE. ESPINOZA MALDONADO, RAMÓN ANTONIO SILVA
MOLINA, RAÚL CASTILLO PINELLI, DR. ROGELIO GÁMEZ CORRALES

Se utilizó espectroscopia laser Micro-Raman en la caracterización espectroscópica de sulfuros minerales. Como resultado se reportan excelentes espectros de 9 minerales que abarcan un amplio rango de variaciones estructurales. Los sulfuros estudiados presentaron bandas Raman distintivas en la región 300-500 cm^{-1} ; los espectros obtenidos son constantes en posición e intensidad de banda. Las estructuras minerales estudiadas, produjeron espectros Raman, únicos que facilitaron la identificación y discriminación entre ellos. La microscopia Roman, en el estudio de minerales, ofrece una nueva técnica en el estudio de la química mineral.

DR. INOCENTE GPE. ESPINOZA MALDONADO

Correo: inocente@geologia.uson.mx

RAÚL CASTILLO PINELLI

Departamento de Geología, Universidad de Sonora

RAMÓN ANTONIO SILVA MOLINA

Posgrado en Ciencias e Ing. en Mat. Instituto de Física, UASLP

DR. ROGELIO GÁMEZ CORRALES

Departamento de Física, Universidad de Sonora

INTRODUCCIÓN

La identificación y caracterización mineralógica es fundamental en todo estudio geológico. Regularmente, esta actividad es desarrollada por el geólogo utilizando microscopio óptico convencional. Actualmente existen otras técnicas instrumentales que proporcionan un rápido análisis estructural y elemental de especies minerales, entre ellas tenemos la espectroscopía Raman.

Desde hace tiempo, se ha reconocido el potencial de la espectroscopía de Raman en la identificación de minerales (1, 2, 3). Ésta es una técnica no destructiva, especialmente útil en la identificación de estructuras minerales (1, 2, 3). Es una técnica muy sensible; la preparación de muestras es mínima y se puede utilizar en muestras masivas, polvos finos y líquidos. Mediante esta técnica, se puede realizar rutinariamente la identificación no destructiva de inclusiones microscópicas (sólidas y fluidas) dentro de minerales (3, 4).

La espectroscopía Raman tiene la ventaja de que sólo requiere que la muestra (roca o mineral) presente una cara o superficie plana, menos preparación que la requerida en microscopía óptica convencional. Los espectros proporcionan la información sobre el tipo de enlaces y estructura cristalina, incluso en materiales de baja cristalinidad o amorfos (5); pueden ser generados en formato de imagen o como datos en archivos (.txt). La espectroscopía Raman proporciona información del tipo de enlace químico entre los átomos presentes, como compuestos específicos un mineral o roca, lo cual es difícil y en algunos casos imposibles de obtener mediante otras técnicas como la sonda electrónica y/o sonda de iones.

En la espectroscopía Raman la muestra a examinar es irradiada con una fuente de luz monocromática, por lo general radiación laser. Una gran parte de la luz es transmitida o dispersada sin pérdida de energía (dispersión Rayleigh); sin embargo una pequeña cantidad de la luz incidente interactúa con los modos vibracionales del cristal en una forma tal que el estado vibratorio aumenta o disminuye en energía. Los espectros Raman son el resultado de la dispersión inelástica de la luz, la cual pierde o gana una pequeña cantidad de energía correspondiente a la del modo vibracional, esto debido a que la radiación laser incidente actúa recíprocamente con los modos vibracionales del cristal.

La mayoría de la dispersión Rayleigh tiene la misma frecuencia que la del laser incidente, pero una fracción pequeña correspondiente a la dispersión Raman, cambia de frecuencia debido a la interacción de los fotones con la muestra, da lugar a cambios en la energía vibratoria o rotatoria de los enlaces químicos en moléculas o cristales y en la vibración de las redes cristalinas. Sólo esos modos vibracionales, donde todas las celdas unitarias vibran, pueden dar lugar a un espectro de Raman. La dispersión Raman es detectada y cuantificada por un espectrómetro, el espectro se grafica en intensidad contra energía (cm^{-1}). Los

espectros Raman de algunos cristales sulfuros, se pueden complicar por el dominio de fuerzas electrostáticas sobre la anisotropía de fuerzas de corto alcance, provocando la partición de las bandas Raman en diferentes modos ópticos. Una discusión más detallada de espectroscopía Raman puede ser encontrada en; Ferraro, et. al. (2003) y Nakamoto (1997), (6).

En relación a los enlaces químicos, los minerales sulfuros cubren un amplio rango ($100\text{-}450\text{ cm}^{-1}$, número de onda) que va desde compuestos iónicos típicos en sulfuros simples, como el caso del carácter homopolar de ZnS puro, hasta sulfuros que son esencialmente aleaciones con características metálicas distintas. Algunos monosulfuros, como la galena, pueden tener la estructura característica de sal de roca (NaCl), pero algunos presentan estructuras iónicas complejas. Covelita, por ejemplo, tiene enlaces S-S ligando capas de CuS_3 y doble capa CuS_4 , otro caso es la pirrotita que es un derivado extremadamente complejo de NiAs, que es un tipo de estructura de numerosos compuestos metálicos (6). Son abundantes los ejemplos de monosulfuros del grupo IIB que cristalizan con la estructura ya sea de esfalerita o wurzita (6) incluyendo calcopirita, tenantita, tetrahedrita y enargita, este último un derivado raro del tipo estructural de wurtzita (6).

Los espectros que se obtienen mediante microsondeo Raman consisten en bandas Raman sobreimpuestas en una señal de fondo, la cual es un efecto de fluorescencia producto del funcionamiento propio del instrumento. Un espectro Raman es un diagrama de intensidad de radiación dispersada Raman, en función de su diferencia de frecuencia con respecto a la radiación incidente (generalmente en unidades de números de onda cm^{-1}). A esta diferencia se le llama corrimiento Raman; hay que tener en cuenta que, debido a que el corrimiento Raman es un valor numérico resultado de una diferencia, éste es independiente de la frecuencia de la radiación incidente (5).

APLICACIONES GEOLÓGICAS

La microsonda electrónica Raman ha probado ser particularmente valiosa en la caracterización química de fases líquidas en inclusiones fluidas de vapor en minerales transparentes (7). Además, puesto que en la microsonda electrónica Raman se utiliza un microscopio petrográfico estándar convencional, ha probado ser útil en el análisis e identificación de minerales en cortes planos de rocas, secciones delgadas y en minerales individuales (8, 9). En comparación con otras técnicas analíticas como el microscopio petrográfico convencional, el tamaño pequeño de minerales accesorios y raros presenta una dificultad adicional en su identificación. Por otro lado, la difracción de rayos-X en monocristales es impráctica debido a su tamaño microscópico, la difracción por polvo se enfrenta con el problema de la separación mineral y la mayor desventaja es que el mineral tiene que ser destruido.

La mayoría de los sulfuros se presentan como minerales opacos y su identificación puede ser muy difícil, particularmente cuando ocurren como inclusiones microscópicas, como lo es en la textura “chalcopyrite disease”. Por lo tanto, la microsonda Raman es un método alternativo y rápido para identificar minerales en muestras de mano, muestras pulidas y/o secciones delgadas (3, 4, 8), con una resolución espacial alrededor de hasta 1 μm . En sulfuros (10) esta técnica también puede ser utilizada para distinguir entre polimorfos (e.g., pirita y marcasita).

La microsonda Raman es una herramienta de gran alcance para estudiar sulfuros a escala micrométrica y ofrece las siguientes ventajas en su identificación y estudio: (1) El tamaño de grano del mineral analizado puede ser tan pequeño como 1 μm ; (2) la técnica es rápida y no destructiva; (3) la preparación de la muestra es mínima, ya que cualquier superficie (pulida o sin pulir) es sondeada con el rayo laser; (4) la técnica se puede utilizar para distinguir entre polimorfos de la misma especie mineral; y (5) debido a la capacidad del rayo laser de penetrar a través de los minerales transparentes, también se pueden identificar minerales sulfuros hospedados en fases minerales transparentes (e.g., como cristales hija en inclusiones fluidas en cuarzo). Mernagh and Trudu. (10) identificaron con éxito cristales hijos de calcopirita dentro de inclusiones fluidas saturadas de halita del pórfido de Cu-Au Tirad (Guinaoang, Luzon, Filipinas).

Los distintos grupos mineralógicos se distinguen por enlaces químicos característicos. Los patrones espectrales Raman (número de picos y sus ***intensidades relativas) y la posición de los principales picos Raman, se determinan por los modos vibracionales fundamentales de los enlaces químicos covalentes (SiO_4 , SO_4 , PO_4 , CO_3) en las estructuras cristalinas. Por ejemplo, los silicatos polimerizados presentan picos que resultan de estiramiento simétrico de $\text{Si-O}_b\text{-Si}$ en puentes de oxígeno (10, 11). Los picos ligados a estas estructuras cubren todo el espectro electromagnético sin importar la orientación del cristal, los cuales se pueden utilizar como “firmas” para identificar minerales. Las regiones espectrales características de estos picos para cada grupo mineral, se muestran en la Tabla 1; Como se aprecia en la tabla, siete clases de materiales pueden ser identificados por esta técnica.

TABLA 1. Regiones de frecuencias características para varios grupos aniónicos.

Grupo Anión	Regiones de frecuencias características para varios grupos aniónicos			
Elem. Nativos		variable		
Sulfuros				< 500 cm^{-1}
Hidróxidos	3000-4000 cm^{-1}	600-1200 cm^{-1}		
Óxidos		< 1200 cm^{-1}		
Carbonatos		1300-1550 cm^{-1}	800-890 cm^{-1}	670-700 cm^{-1}
Nitratos		1050 cm^{-1}	800-890 cm^{-1}	670-770 cm^{-1}
Boratos		1250-1350 cm^{-1}	600-900 cm^{-1}	
Sulfatos		900-1250 cm^{-1}		570-680 cm^{-1}
Tungstatos			750-950 cm^{-1}	250-450 cm^{-1}
Cromatos			800-950 cm^{-1}	350-500 cm^{-1}
Molibdatos			750-950 cm^{-1}	250-450 cm^{-1}
Fosfatos		900-1150 cm^{-1}		400-600 cm^{-1}
Arsenatos			700-900 cm^{-1}	350-400 cm^{-1}
Vanadatos			700-900 cm^{-1}	300-400 cm^{-1}
Silicatos		800-1200 cm^{-1}	600-780 cm^{-1}	240-500 cm^{-1}

a) Elementos nativos, b) Sulfuros, c) Sales, d) Óxidos e hidróxidos, Carbonatos, nitratos, boratos, e) Sulfatos, tungstatos, cromatos y molibdatos f) Fosfatos, arsenatos y vanadatos, g) Silicatos (orto, cadena simple, cadena doble, hojas, tecto, neso).





En lo que corresponde a este artículo, los sulfuros son caracterizados por enlaces metal-azufre generalmente iónico, que dan bandas características en la región de frecuencia por debajo de 500 cm^{-1} . Aunque todos los minerales de este estudio muestran los picos o bandas pronosticados en la región por debajo de 500 cm^{-1} , todos los minerales muestran su propio patrón característico útil para su identificación.

OBJETIVOS

Este trabajo está ligado a la instalación en el Departamento de Física de un microscopio Raman HORIBA YVON JOBIN, proyectada originalmente para 2009. En este sentido, se realizaron búsquedas y consultas en bases de datos minerales, particularmente en minerales sulfuros. La búsqueda también incluyó espectros Raman de minerales que no se encontraban en las compilaciones, con el objeto de generar sus espectros Raman como parte del proceso de entrenamiento en el manejo del equipo. Para este propósito se contó con la colaboración de grupos de trabajo de otras instituciones, en este caso con la Universidad de Valladolid y en particular con el Dr. Fernando Rull Pérez, Director del Instituto de Astrobiología y Astrofísica de esa universidad.

Las búsquedas se realizaron en sitios que tienen disponible información espectroscópica de minerales, como lo son: las bases de datos RRUFF ASU-CALTECH (<http://rruff.info/>), Universidad de Parma (<http://www.fis.unipr.it/phevix/ramandb.html>), Rumanian Database RAMAN Spectroscopy (<http://rdrs.uaic.ro/index.html>) y el proyecto WURM (<http://www.wurm.info/frontface/index.php>). Con éstos se creó una pequeña tabla (tabla 2) con los minerales investigados. Los minerales seleccionados son aquellos para los cuales existe información específica, incluyendo la asignación de vibraciones. Casi todos los minerales habían sido analizados y estudiados por el proyecto RRUFF (11), donde se pueden encontrar los espectros Raman de los minerales seleccionados.

Ésta es la primera etapa en el estudio por espectroscopía Raman de la colección de minerales del Departamento de Geología. El propósito del estudio es generar internamente un sistema consistente de espectros Raman de una amplia variedad de minerales que constituyen la colección de dicho departamento, de los cuales se conoce su composición y estructura cristalina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se generaron los espectros por microscopía Raman de 9 sulfuros: bornita, estibinita, galena, marcasita, molibdenita, oropimente, pirita, pirrotita y rejalgar. Algunos de

estos espectros están publicados en bases de datos disponibles en internet donde se proponen asignaciones para las bandas principales Raman, basadas en análisis y comparaciones con otros espectros de sulfuros. En la Tabla 2 se presentan los minerales estudiados; se presentan sus características estructurales y algunas propiedades físicas. Los espectros Raman obtenidos, muestran las principales firmas vibracionales de cada mineral analizado.

Todos los análisis se realizaron con el uso de un sistema Espectrómetro MicroRaman Horiba Jobin Yvon (Figura 1), que consiste de una fuente de excitación laser y detector de 1024 pixeles con un CCD de alta sensibilidad, montados en un microscopio Olympus BX41TF con resolución espacial $<1\mu\text{m}$. Se utilizaron tres láseres con rangos de excitación de 532, 638 y 785 nanómetros, con resoluciones espectrales de $1.8\text{ cm}^{-1}/\text{pixel}$ (532nm) y de $1.1\text{ cm}^{-1}/\text{pixel}$ (785 nm). El control de incrementos de potencia del laser es de 100%, 50%, 25%, 10%, 1%, 0.1%. Se utilizó el software XploRA para la captura de espectros. El rayo laser se enfocó con objetivos de x50 sobre un punto de 2 micrómetros sobre la muestra; el haz dispersado Raman se capturó con el mismo objetivo. Aunque se reduce al mínimo los efectos de polarización, la intensidad de los modos vibracionales Raman puede ser sensible a la orientación cristalina. Por tal motivo, para evitar variaciones en las lecturas, todas las lecturas Raman (en promedio 10) se realizaron sobre la misma cara en cada mineral, manteniendo así la misma orientación cristalina. Con el propósito de evitar cualquier contaminación en la superficie de las muestras, los espectros Raman se adquirieron sobre superficies limpiadas con acetona.



Figura 1. Espectrómetro MicroRaman Horiba Jobin Yvon, con fuente de excitación laser y detector de 1024 pixeles con un CCD de alta sensibilidad, montados en un microscopio Olympus BX41TF con resolución espacial $<1\mu\text{m}$. El instrumento analítico se encuentra montado en el laboratorio de espectroscopia microRAMAN del Departamento de Física, DCEN, Uni-Son.

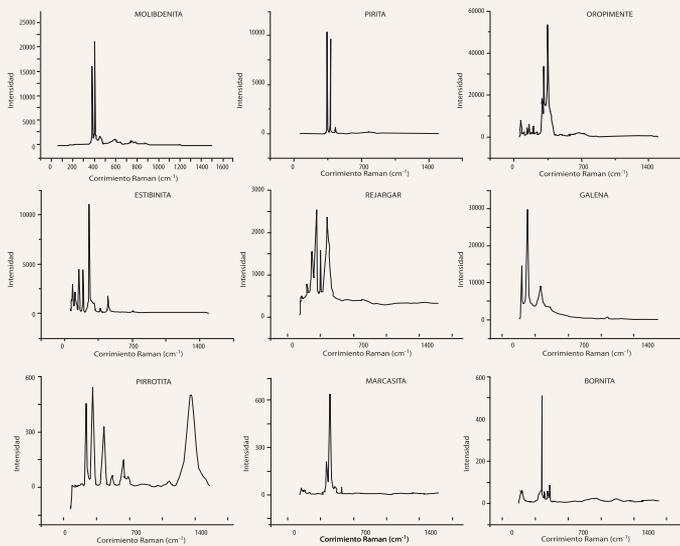


Figura 2. Espectros Raman de los 9 sulfuros minerales estudiados. Se puede observar que todas las bandas de mayor intensidad se ubican por debajo de los 400cm^{-1} en corrimiento Raman. Todos los espectros son diferentes y únicos para cada mineral lo cual es útil para identificarlo. En orden tenemos: molibdenita, piritita, oropimente, estibinita, rejalgar, galena, pirrotita, marcasita y bornita.

CONCLUSIONES

Éste es el primer estudio espectroscópico utilizando microRAMAN de minerales en la Universidad de Sonora. El estudio muestra que se pueden obtener, rutinariamente sin dificultad, espectros de minerales sulfuros.

Aunque el elemento azufre es un fuerte dispersor Raman, los minerales sulfuros son débiles dispersores Raman; aun así se obtuvieron espectros de buena calidad para todos los minerales. Para cada mineral se identificaron las bandas Raman características y sus intensidades relativas, las cuales correspondieron correctamente con los datos disponibles en la literatura y en internet. Las fases examinadas produjeron un sistema único de bandas Raman que se pueden utilizar para identificar y discriminar entre minerales sulfuros.

La interacción de las vibraciones de longitudes de onda larga y corta de la red cristalina genera un arreglo complejo de bandas Raman, aunque la mayoría de los espectros observados tienen bandas intensas en la región de 290 a 500cm^{-1} , la cual es una tendencia general en el número de onda entre las clases estructurales de sulfuros.

El número de onda y la intensidad de bandas Raman son sensibles al orden estructural y composicional, también a las características químicas y electrónicas de cada sulfuro en particular.

Debido a que un gran número de minerales sulfuros tienen bandas Raman muy cercanas en número de onda, es necesaria una resolución instrumental $< 3\text{cm}^{-1}$. Se utilizó la excitación 538nm para los minerales analizados

porque genera una señal Raman fuerte y no produce fluorescencia.

Todos los espectros presentados en este artículo se capturaron al usar sólo la excitación láser de 538nm y el objetivo de $50\times$ para permitir una comparación general entre los espectros, esta combinación proporcionó los mejores resultados. Una comprensión completa de cómo cada una de estas características, que afectan el espectro Raman, requiere un estudio adicional pero los resultados indican que los espectros Raman pueden proporcionar la información del orden o desorden estructural y composicional de estos minerales de sulfuro.

La microscopía Raman en el estudio de minerales ofrece una nueva técnica en el estudio de la química mineral.

BIBLIOGRAFIA

- Haskin L. A., Wang, K. M., Rockow, B. L., Jolliff, R. L., Korotev, and K. M. Viskupic, 1997. Raman spectroscopy for mineral identification and quantification for in situ planetary surface analysis: a point count method. *J. Geophys. Res.* 102 (E8), 19, 293–19,306.
- Pasteris J.D., 1998. The laser Raman microprobe as a tool for the economic geologist. In: McKibben, M.A., Shanks, W.C., Ridley, W.I. (Eds.), *Applications of Microanalytical Techniques to Understanding Mineralizing Processes*. Society of Economic Geologists, Littleton, CO, pp. 233–250.
- Nasdala L., Smith D.C., Kaindl R., Ziemann M.A., 2004. Raman spectroscopy: analytical perspectives in mineralogical research. In: Beran, A., Libowitzky, E. (Eds.), *EMU Notes in Mineralogy: Spectroscopic Methods in Mineralogy*. European Mineralogical Union, pp. 281–343.
- Smith D.C., Carabatos-Nédelec, C., 2001. Raman spectroscopy applied to crystals: phenomena and principles, concepts and conventions. In: Lewis, I.R., Edwards, H.G.M. (Eds.), *Handbook of Raman Spectroscopy. Practical Spectroscopy*. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 349–422.
- Sobron Grañon P., Sanz Arranz A., Garcia de La Santa T.A., Rull Perez F., (2008) *Laser Raman Spectroscopic Technique: A Tool for the Characterization of Acid Mine Drainage*. *Macla*, V. 10, p. 140-141.
- Vaughan D.J. and Craig J.R., 1978. *Mineral Chemistry of Metal Sulfides*. Cambridge University Press, New York, 493 pp.
- Touray J.C., Beny-Bassez C., Dubessy J., Guilhaumou N., 1985. Micro-characterization of fluid inclusions in minerals by Raman microprobe. *Scanning Electron Microsc.* v.1, p. 103–118.
- Mao H., Hemley R.J., Chao E.C.T., 1987. The application of micro-Raman spectroscopy to analysis and identification of minerals in thin section. *Scanning Microsc.* 1 (2), 495–501.
- Clueber, K. E., Jolliff B. L., Wang A., Haskin L. A., 2006. Extracting olivine (Fo–Fa) compositions from Raman spectral peak positions. *Geochim. Cosmochim. Acta.* V. 70, Issue 24, Pages 6201–6222.
- Mernagh T.P. and Trudu A.G., 1993. A laser Raman microprobe study of some geologically important sulphide minerals. *Chem. Geol.*, 103:113–127.
- Downs, R. T. 2006. The RUFF Project: an integrated study of the chemistry, crystallography, Raman and infrared spectroscopy of minerals. Program and Abstracts of the 19th General Meeting of the International Mineralogical Association in Kobe, Japan. O03-13.



PROTOTIPOS DE DOS CÁMARAS GERMICIDAS DE LUZ ULTRAVIOLETA DE BAJO COSTO

GUSTAVO VÁZQUEZ POLO, RICARDO RODRÍGUEZ MIJANGOS,
GILBERTO GONZÁLEZ BOUÉ, FELIPE BARFFUSON

La luz ultravioleta (UV) es una alternativa cada vez más popular que sustituye al uso de productos químicos para la desinfección de agua, tanto potable como residual, así como aire y superficies tanto orgánicas como inorgánicas. Aquí se presenta un proyecto para la construcción de dos prototipos experimentales para la desinfección superficial de microorganismos patógenos, uno a temperatura ambiente y otro a atmósfera controlada.

DR. GUSTAVO VÁZQUEZ POLO
Instituto de Física, Departamento
de Estado Sólido. UNAM.

Correo: vazquez@fisica.unam.mx

DR. RICARDO RODRÍGUEZ MIJANGOS
Centro de Investigación en Física. UNISON
Correo: mijangos@cajeme.cifus.uson.mx.

M. C. GILBERTO GONZÁLEZ BOUÉ
Departamento de Física UNISON.

Correo: ggonzalez@correo.fisica.uson.mx

M.C. FELIPE BARFFUSON
Departamento de Física UNISON
Correo: fbarffuson@hotmail.com



ANTECEDENTES

En 1878, Downs y Blunt reportaron por primera vez los efectos germicidas de la radiación ultravioleta (UV) sobre las bacterias y el protoplasma (1-2). Pero el uso práctico del UV fue hasta 1901, cuando se desarrolló la lámpara de vapor de mercurio como fuente de luz UV artificial. Los sistemas de desinfección UV pueden ser diseñados para una amplia gama de aplicaciones siempre que se preste la debida atención a los objetivos de desinfección buscados, en particular, si se quiere agentes patógenos se usa luz ultravioleta tipo C; la cual tiene aplicaciones específicas de la desinfección. Puede ser aplicada, entre otras cosas, para la desinfección de agua potable e industrial, en la esterilización de los laboratorios, en las industrias farmacéuticas, en los hospitales, en la conservación de alimentos y productos lácteos, etcétera.

La esterilización ultravioleta utiliza la radiación UV de una lámpara ultravioleta, como fuente de desinfección (3). Estos procesos se realizan en una cámara o estuche protector que evita que la radiación se escape, por lo tanto cuando los rayos ultravioleta emitidos son absorbidos por los virus y bacterias éstos modifican el material genético (ADN) de dichos microorganismos, de manera que no pueden reproducirse. Los agentes patógenos se consideran muertos y el riesgo de contraer una enfermedad, se elimina hasta en un 98%.

Este proyecto intenta brindar una revisión de la situación actual, para lo cual se utilizará información obtenida, tanto de la literatura existente como de la experiencia directa.

ORIGEN DE LA LUZ ULTRAVIOLETA

La atmósfera de la Tierra evita que la mayoría de los rayos UV provenientes del espacio lleguen al suelo. La luz ultravioleta es la porción del espectro electromagnético que se encuentra entre los rayos X y la luz visible (figura 1). Se definen tres regiones del espectro UV en función de su longitud de onda y de su penetración, el UV-A entre 315 y 400 nanómetros (nm), hacen poco daño genético a los tejidos. El UV-B entre 280 y 315 nm, son responsables de las quemaduras de sol y el cáncer de piel, aun cuando la mayoría es absorbida por el ozono justo antes de llegar a la superficie. Los niveles de radiación UV-B existentes en la superficie son particularmente sensibles a los niveles de

ozono en la estratósfera. El UV-C entre 200 y 280 nm, es completamente bloqueada a unos 35 km de altitud, por la capa de ozono (4). La aplicación práctica de la desinfección UV se basa en la capacidad germicida de UV-B y UV-C (5).

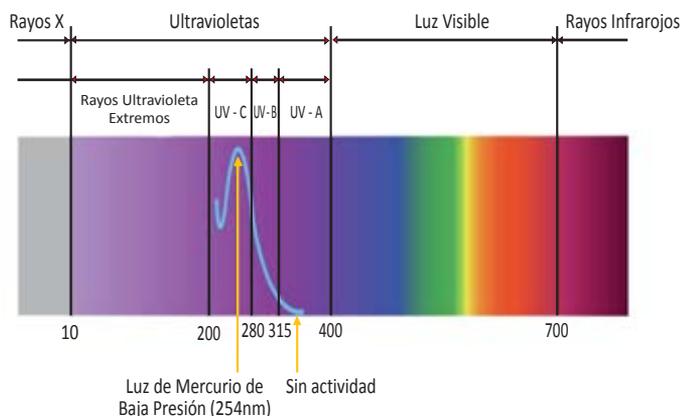


Figura 1. Espectro electromagnético

La luz UV-C germicida es irradiada por tubos de cuarzo que contienen vapor de mercurio, (figura 2). Cuando se induce una diferencia de potencial en los polos, por medio de una balastro, se genera un arco voltaico que ioniza los átomos de este metal en donde los electrones incrementan su energía hasta que son convertidos en fotones de luz UV. Pueden ser de presión baja o mediana.



Figura 2. Lámpara de vapor de mercurio

Las lámparas de baja presión emiten básicamente luz monocromática de 254 nm y son las que más se utilizan como germicidas (6). (Nota: al trabajar con estas lámparas hay que tomar precauciones usando lentes contra UV-C ya que pueden causar daño si se exponen a la luz por tiempo prolongado.)

MECANISMO DE DESINFECCIÓN UV-C

Los microorganismos son inactivados por la luz UV-C como resultado del daño fotoquímico a sus ácidos nucleicos. La radiación UV es absorbida por los nucleótidos, que son los bloques constitutivos del ADN de la célula (figura 3), según la longitud de onda, siendo los valores entre los 200 y 260 nm los que más desactivan los ácidos nucleicos (5). La UV-C absorbida promueve la formación de enlaces entre nucleicos adyacentes con lo que se crean moléculas dobles o dímeros (6). Si bien la formación de dímeros de timina-timina son los más comunes, también suelen ocurrir dímeros de citosina-citosina, citosina-timina, y dimerización del uracilo. La formación de un número suficiente de dímeros, dentro de un microbio, impide que éste replique su ADN, lo que impide su reproducción. Debido a la dependencia de la longitud de onda para la absorción de UV-C por parte del ADN la inactivación de los microbios está en función de la longitud de onda.

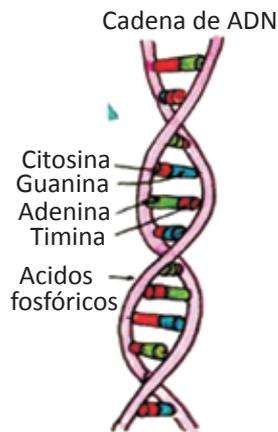


Figura 3. Cadena de ADN

En otras palabras cuando la luz UV-C hace contacto con los microorganismos que contienen agua, penetra su membrana exterior y destruye el ADN (ácido nucleico), que contiene la información esencial de todo organismo viviente y al ser modificarlo evita su reproducción.

PROTOTIPO 1.

Cámara de esterilización superficial a temperatura ambiente.

Para la construcción de la cámara de esterilización superficial en condiciones ambientales normales se requiere de:

- Un tubo germicida G15T8 como el de la figura 2.
- Un balastro electrónico para lámpara fluorescente de 120V/15W.
- Dos soportes para los extremos del tubo
- Un Interruptor "timer" para controlar el tiempo de encendido (opcional).
- Un termómetro (opcional).
- Un mueble chasis para introducir todo lo anterior.

El chasis ideal sería el mueble de un horno de microondas que no sirva. En nuestro caso, como no teníamos uno a la mano, utilizamos una caja de herramienta de plástico de bajo costo de dimensiones de 50cmx20cmx25cm, lo que permite transportar la cámara de esterilización fácilmente. En la parte superior de la tapa se instalaron la balastra, el timer y el termómetro inalámbrico. En la parte interior de la tapa se instaló la lámpara con sus respectivos soportes. Dentro de la caja se instaló, a cada lado, una base escalonada en donde se coloca un soporte de aluminio, sobre el que se colocan las muestras a irradiar y así se eligen diferentes distancias respecto del tubo germicida. En la figura 4 se muestra la cámara con la lámpara funcionando.



Figura 4. Cámara de irradiación

Medición de la intensidad y la dosis de UV-C

El siguiente paso es el de probar si emite luz ultravioleta. Después, medir la intensidad de la radiación y luego conocer la dosis depositada.

Para el primer paso colocamos en la cámara de esterilización (del prototipo1), tres muestras cristalinas de halogenuro alcalino, en particular KCl:Eu; una a cada extremo del tubo y otra en el centro para ver qué tan homogéneo es el campo de radiación emitido por el tubo. A continuación, sometimos a las muestras a la radiación ultravioleta a diferentes tiempos y luego le hicimos a los cristales un estudio de termoluminiscencia. En la figura 5 se muestra el resultado del análisis, notándose lo siguiente: a) el tubo sí emite radiación UV, b) para tiempos mayores de un minuto la respuesta termoluminiscente satura al equipo de medición, c) la intensidad de la radiación UV es mayor en el centro del tubo, d) existe simetría entre el lado derecho e izquierdo del tubo y e) el espectro de radiación es una campana gaussiana.

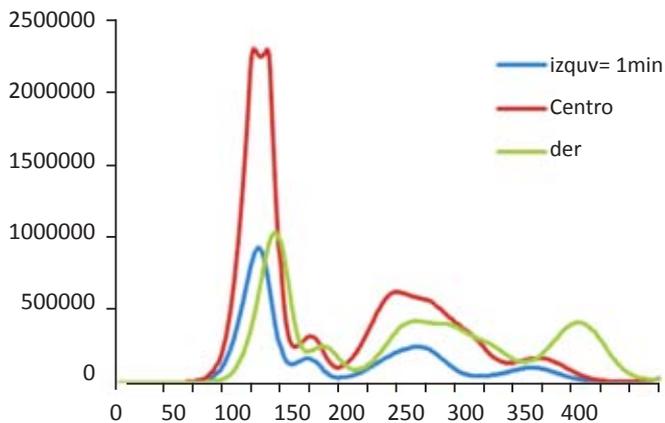


Figura 5. Espectro de radiación

Para la medición de la intensidad de radiación UV se elaboró un programa de cómputo que considera la evaluación tridimensional de la intensidad del campo alrededor de la lámpara. En la figura 6 se muestra la gráfica que da el programa de la intensidad contra la distancia respecto a la lámpara.

Para la calibración de la intensidad del haz emitido por la lámpara dentro de la cámara, se usó un detector de silicio sensible acoplado a estroboscopio que mide tanto la radiación UV como la visible. Para resolver el problema de la sensibilidad del detector de silicio a la radiación visible y parte del infrarrojo, se resta el porcentaje de la radiación no ultravioleta que logra pasar al detector en las distintas medidas que se hacen.

Para experimentar con el prototipo, como una cámara de esterilización, se adecuó el programa a un modelo de decaimiento exponencial (7), el cual toma en cuenta un factor de sobrevivencia que determina el porcentaje de agentes patógenos vivos con respecto al tiempo de exposición que depende de la sensibilidad del microorganismo.

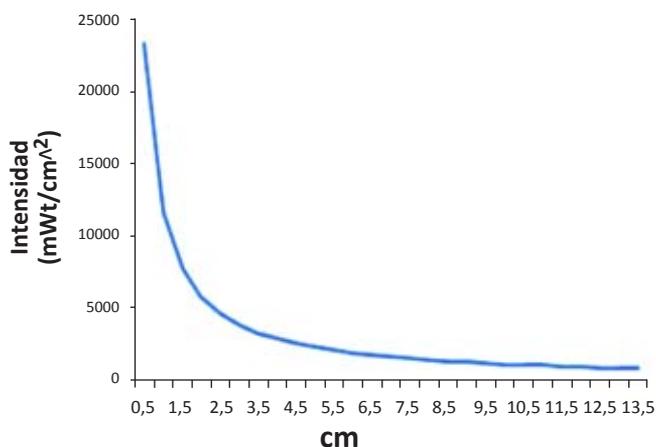


Figura 6. Intensidad de radiación ultravioleta

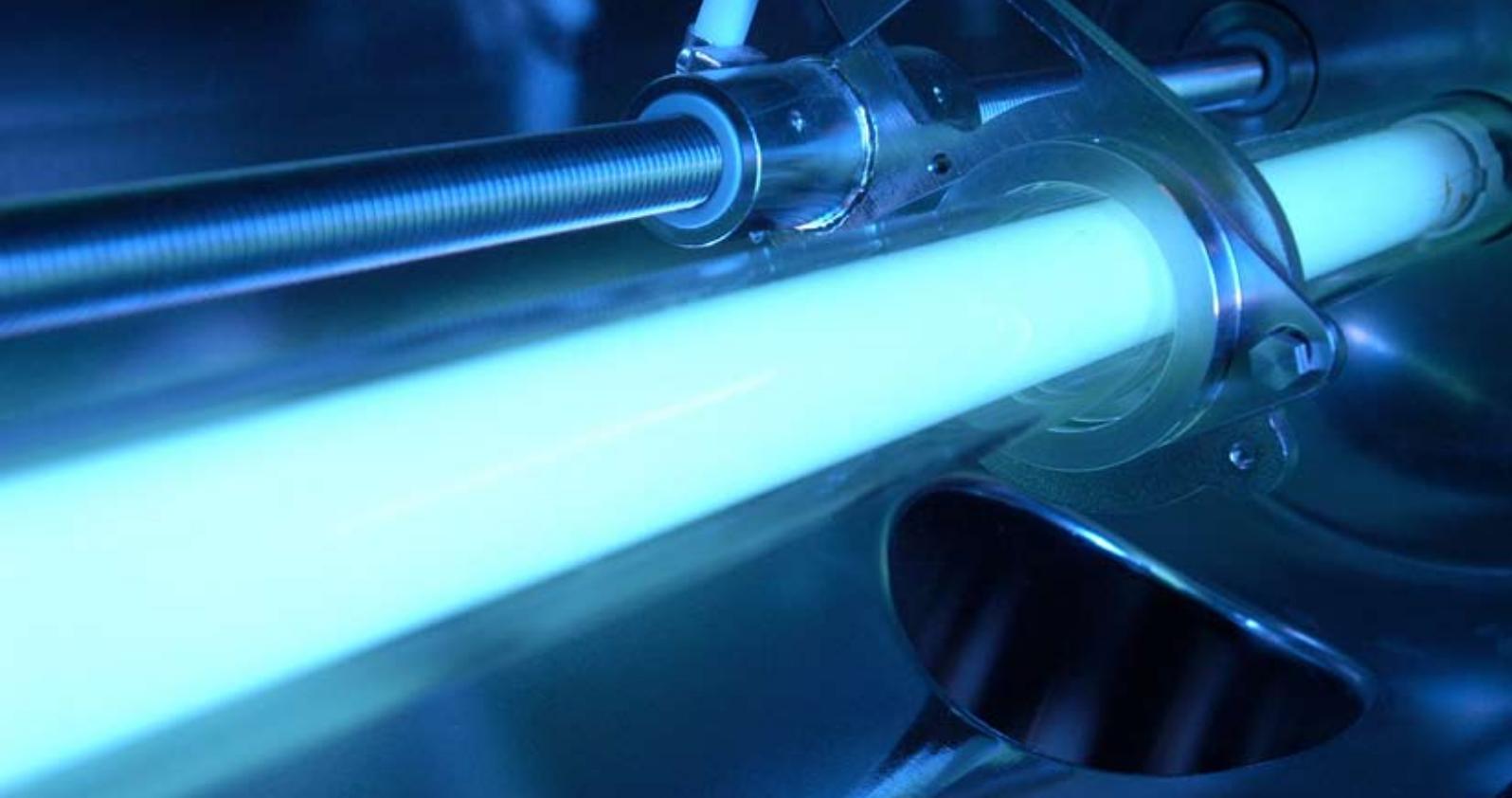
PROTOTIPO 2.

Cámara de esterilización de superficies orgánicas con atmósfera controlada.

El dispositivo consiste en una cámara refrigerada y con dos compartimientos iguales, con dimensiones de 15 cm de ancho por 25 cm de alto y 20 cm de profundidad respectivamente. Uno de ellos habilitado con una lámpara de luz ultravioleta germicida (UV-C), y el otro sin lámpara UV-C. Ambas secciones están instrumentadas con detectores de temperatura, medidores de humedad y pequeños ventiladores que permiten circular el aire exterior dentro de las cámaras, en donde se colocan los especímenes bajo análisis. El principal propósito de estos ventiladores es el de introducir aire exterior a las cámaras y recrear las condiciones en que se encuentran los especímenes en las charolas de exhibición en un expendio de quesos. La figura 9 muestra la fotografía del refrigerador pequeño que fue adaptado por nosotros para realizar las funciones de una celda con temperatura controlada, en donde se alojan las dos cámaras arriba descritas. La potencia de la lámpara UV-C que se utiliza en este dispositivo es de 6.5 watt. La dosis de UV-C en unidades de J/cm^2 que proporciona esta lámpara, se calibró radial y axialmente para diversas posiciones de la muestra, utilizando para ello un detector de UV-C.



Figura 9. Celda de temperatura controlada



TRABAJO FUTURO

Además de realizar un trabajo exhaustivo en relación a los quesos, en particular regionales, se tiene contemplado trabajar en proyectos interdisciplinarios de interés para la región y el país, tales como realizar un estudio usando las cámaras antes presentadas irradiando semillas de tomate contaminadas por bacterias, que se sabe proliferan en la superficie de éstas y que ha causado grandes pérdidas a los productores, ya que las semillas son sembradas sin el conocimiento de si están contaminadas o no y gran cantidad de la producción potencial se pierde.

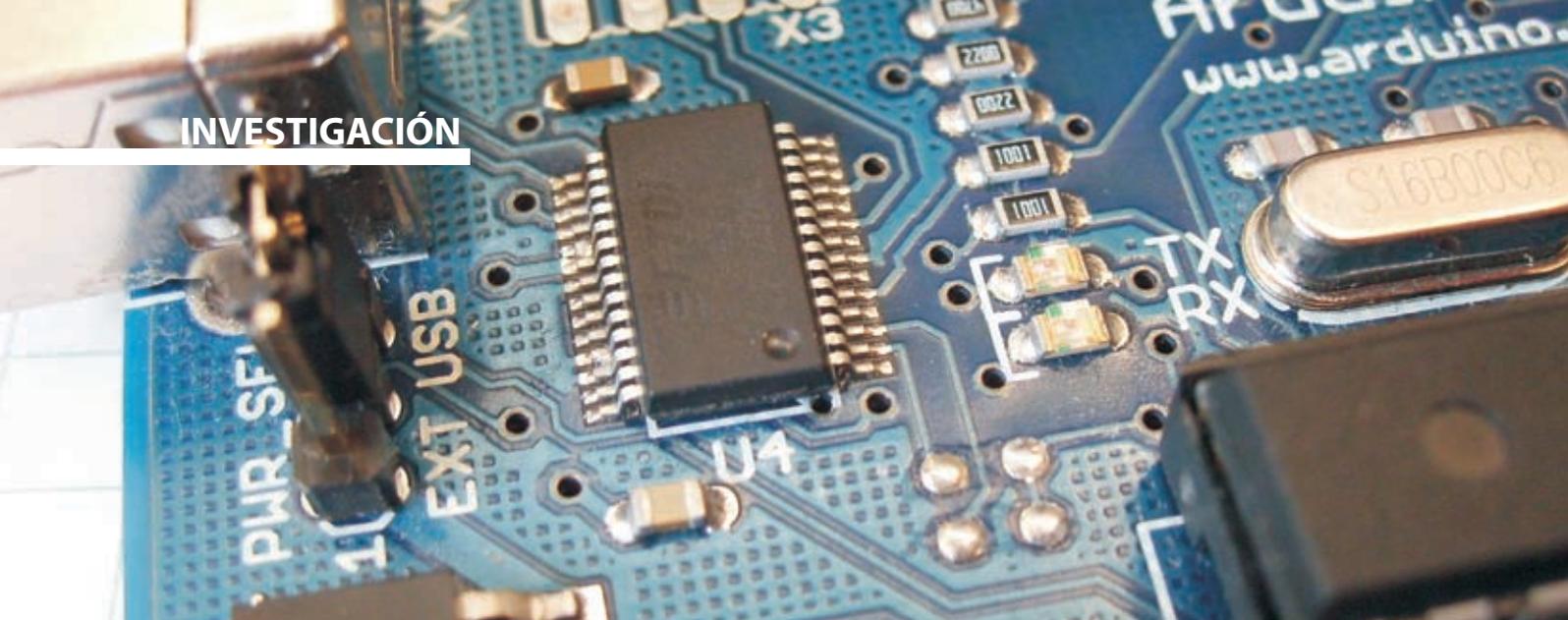
Si la desinfección con UV funciona, los autores tendrían la capacidad de diseñar una cámara de gran volumen con una batería de lámparas UV, para que todas las semillas tratadas estén libres de gérmenes. Otra posibilidad es tratar las hojas de la planta denominada moringa que actualmente se siembra en la costa de Hermosillo, dado el interés comercial que tiene. Esta planta es originaria de la India y se ha encontrado su utilidad en el campo de la salud, existen actualmente gran cantidad de medicinas naturistas que se basan en ella.

Si bien ambas investigaciones permiten considerar que la irradiación ideal es con radiación gamma [un ejemplo del tratamiento con esta radiación en cilantro se ha publicado recientemente (8) la cual es muy costosa y está disponible en puntos específicos en el país donde se cuenta con estas fuentes de radiación, elevando los costos aun más por el traslado. Con la irradiación UV aquí planteada, es posible realizar nuestra propia tecnología y no depender de

comprar tecnología extranjera, como es lo usual (existen en el mercado cámaras de irradiación de UV de alguna manera equivalentes a las aquí presentadas con costos de cientos de euros). Estas potenciales investigaciones se realizarían con investigadores del Departamento de Agricultura y Ganadería y el Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, ambos de la Universidad de Sonora.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Downes A., and Blunt T. P., Proceedings of the Royal Society of Medicine, 26; 488, (1877).
- 2) A. Downes and T P Blunt ,Proc.Roy.Soc. vol. 28 p.199-213, (1878)
- 3) Ber, M. Shotwave. Ultraviolet radiation in operating rooms. The Brithis editorial Society of bone and joint surgery. Vol 71B No.3, 483-485. (1989)
- 4) es.wikipedia.org/wiki/Radiación_ultravioleta
- 5) www.windows2universe.org/physical.../em_ultraviolet.html&lan
- 6) R.G. Qualls, J.D. Johanson, Water Res. 19(8), 1039-1046, (1985)
- 7) W.J. Kowalski, W.P. Bahanfleth, D.L. Witham, B.F. Severin, T.S. Whittam Quantitative Microbiology 2,249-270, (2000)
- 8) "Gamma radiation effects in coriander (coriandrum sativum L) for consumption in Mexico" E. Cruz Zaragoza et al. Rev. Mex. De Física, S57, 80-85 (2011).



FLUJOS ELECTROCINÉTICOS TRANSPORTE DE FLUIDOS EN CANALES ESTRECHOS

DENNIZ MÁRQUEZ RUIZ,
LAURA LORENIA YEOMANS REYNA

El transporte de fluidos en canales estrechos es un área de investigación de la ciencia y la tecnología que ha tenido un intenso crecimiento en las últimas décadas, ante la posibilidad de micro y nano manipulación de partículas. Muestra de ello lo constituyen los campos de la microfluidización y más recientemente la nanofluidización (1,2). Particularmente en el caso de fluidos electrolíticos, la presencia de gradientes de presión y campo eléctrico manifiestan fenómenos interesantes como la electroósmosis, el potencial de flujo y la electroviscosidad, entre otros. Estos efectos cruzados son manifestación del acoplamiento termodinámico, entre flujos y fuerzas, que pueden describirse consistentemente mediante los coeficientes fenomenológicos de Onsager en el contexto de la termodinámica irreversible lineal (3,5).

En este artículo se presentan los resultados obtenidos al estudiar las propiedades electrocinéticas de una solución electrolítica en el interior de un capilar cilíndrico cargado, en presencia de un gradiente de presión y potencial eléctrico en la dirección axial del capilar. El potencial electrostático promedio en el interior del capilar se calcula con la Ecuación de Poisson-Boltzmann No-lineal.

L.F. DENNIZ MÁRQUEZ RUIZ
Departamento de Investigación en Física
Correo: dmarquez@correo.fisica.uson.mx
DRA. LAURA LORENIA YEOMANS REYNA
Departamento de Física
Correo: lyeomans@correo.fisica.uson.mx
Universidad de Sonora

INTRODUCCIÓN

Cuando un sistema termodinámico se encuentra en equilibrio las fuerzas termodinámicas y los correspondientes flujos deben estar ausentes. Sin embargo, si un sistema se encuentra cerca de equilibrio, esperamos que las fuerzas presentes sean pequeñas, de forma tal que los flujos que generen se puedan expresar proporcionales a las fuerzas. Esta suposición es esencial en lo que se conoce como *Termodinámica Irreversible Lineal*, misma que se expresa de la siguiente forma:

$$J_k = \sum_j L_{kj} F_j \quad (1)$$

donde los factores L_{kj} son constantes a las que se les conoce como *coeficientes fenomenológicos*. Pudiese parecer un tanto abstracta la relación establecida entre flujos y fuerzas termodinámicas en la ecuación anterior; sin embargo desde el siglo XIX se han estudiado experimentalmente diversos sistemas que llevaron al planteamiento de *leyes fenomenológicas* importantes como las siguientes:

Ley de Fourier de la conducción de calor:

$$J_q = -k \nabla T(x)$$

Ley de Fick de la difusión:

$$J_k = -D_k \nabla n_k(x)$$

Ley de Ohm de la conducción eléctrica:

$$I = \frac{\nabla \phi}{\rho}$$

En donde se observa la relación lineal entre flujos y fuerzas. Así mismo se identifica como tales a los coeficientes fenomenológicos L_{kk} : el coeficiente de conductividad térmica k , el coeficiente de difusión D_k y el inverso de la resistividad eléctrica ρ , respectivamente.

Un elemento importante adicional en la ecuación 1, es el que establece la posibilidad de que una fuerza termodinámica genere flujos de diferente índole. Ello lleva a la identificación de *fenómenos cruzados*, en los cuales podemos observar flujos generados por causas diferentes. Concretamente, en el caso de los flujos electrocinéticos que se presenta aquí, la presencia de un campo eléctrico en una solución electrolítica produce tanto una corriente eléctrica como un flujo volumétrico (o gasto) de la solución.

Como se señala en la literatura (3), leyes fenomenológicas como las anteriores, así como los efectos cruzados entre flujos y fuerzas, fueron inicialmente estudiadas cada una como casos independientes. No es sino hasta 1931 que se presentó de forma global un enfoque para estas fenomenologías, mediante una teoría unificadora

desarrollada por *Lars Onsager*. De ahí que los *coeficientes fenomenológicos* L_{kj} se les refiera como *Coefficientes de Onsager*. Haciendo uso de la forma bilineal de la *producción de entropía*, es posible mostrar que estos coeficientes deben ser tales que cumplan con las propiedades de ser una matriz definida positiva. Así mismo, mediante argumentos microscópicos como el principio de balance detallado, Onsager demostró que los coeficientes fuera de la diagonal debían ser iguales. Al conjunto de relaciones que se desprenden de esta ecuación y que se refieren a la presencia de flujos cruzados en un sistema, se les conoce como *Relaciones Recíprocas de Onsager*. En 1968 Onsager recibió el Premio Nobel de Química "por el descubrimiento de las relaciones recíprocas que llevan su nombre, fundamentales en la termodinámica de procesos irreversibles".

Por otra parte, señalemos que el acoplamiento entre flujos y fuerzas termodinámicas debe satisfacer un principio adicional conocido como *principio de simetría*, planteado por Ilya Prigogine en 1947 (4). Este principio establece que la unión entre flujos y fuerzas sólo puede ser tal que el efecto o flujo producido por una fuerza termodinámica sea de simetría menor o igual a la de la fuerza. Por ejemplo, una fuerza termodinámica escalar no podrá producir un flujo vectorial. En estos casos los coeficientes cruzados $L_{jk} = L_{kj}$ deberán ser nulos. Ilya Prigogine también fue distinguido con el Premio Nobel de Química en 1977, "por sus contribuciones a la termodinámica fuera de equilibrio, particularmente sobre la teoría de estructuras disipativas".

Para el caso concreto de flujos electrocinéticos, las fuerzas termodinámicas a las que haremos referencia son el gradiente de presión P_z y el gradiente de potencial o campo eléctrico E_z . Como respuesta tendremos dos tipos de flujos: gasto o flujo volumétrico V y corriente eléctrica I , de forma tal que de acuerdo a la ecuación 1 podremos escribir:

$$\begin{aligned} I &= L_{21} P_z + L_{22} E_z \\ V &= L_{11} P_z + L_{12} E_z \end{aligned} \quad (2)$$

El objetivo de la siguiente sección es obtener expresiones cerradas para los coeficientes L_{ij} de estas ecuaciones, a partir de un sistema modelo sencillo de solución electrolítica y de capilar.

SISTEMA MODELO Y ECUACIONES BÁSICAS

Como se ilustra en la figura 1, consideraremos una solución electrolítica en el interior de un capilar cilíndrico de radio t y longitud infinita, cuya superficie interior tiene una densidad de carga σ_t y un potencial electrostático ϕ_t . La solución electrolítica la consideraremos como formada por un solvente continuo y iones puntuales dispersos en él.

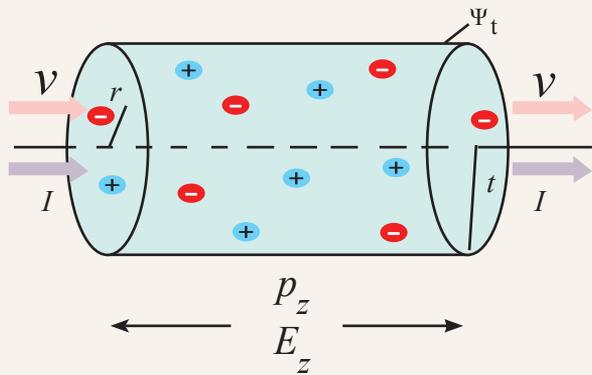


Figura 1. Sistema Modelo

La presencia de un campo eléctrico E_z y un gradiente de presión P_z ($-\frac{\partial p}{\partial z}$) en la dirección axial del poro, producirá el movimiento axial de la solución electrolítica y la generación de una corriente eléctrica, producto del movimiento de los iones; es decir, se producirá un gasto neto V y una corriente eléctrica neta I en el interior del poro.

Consideramos que la solución electrolítica se comporta como un fluido incompresible y newtoniano, de forma que el flujo estacionario se podrá describir en términos de la ecuación de Navier-Stokes correspondiente, a saber:

$$\mu \nabla^2 \vec{u} - \nabla p + \rho_{el} \vec{E} = 0 \quad (3)$$

donde: \vec{u} , p y \vec{E} denotan a la velocidad, presión y campo eléctrico; μ y ρ_{el} representan al coeficiente de viscosidad y densidad de carga eléctrica media de la solución, respectivamente. Recordar que el capilar se encuentra cargado inducirá una distribución de carga electrolítica, de hecho el término $\rho_{el} \vec{E}$ corresponde a la fuerza por unidad de volumen debida a la presencia del campo eléctrico externo y a la distribución no-uniforme de la carga del electrolito en el interior del capilar.

La densidad de carga promedio ρ_{el} se relaciona con el potencial electrostático promedio ψ en el interior del poro a través de la ecuación de Poisson (6):

$$\nabla^2 \psi = -\frac{4\pi}{\epsilon} \rho_{el} \quad (4)$$

Considerando la simetría radial impuesta por la geometría cilíndrica del capilar, y sustituyendo (2) en (1), obtenemos la ecuación básica de nuestro sistema modelo:

$$\mu \frac{1}{y} \frac{d}{dy} \left(y \frac{du(y)}{dy} \right) - \frac{\epsilon}{4\pi y} \frac{d}{dy} \left(y \frac{d\psi(y)}{dy} \right) E_z + P_z = 0 \quad (5)$$

donde y denota la coordenada radial y P_z al gradiente de presión. A partir de esta ecuación se obtienen las ecuaciones generales del flujo electrocinético en términos del potencial electrostático promedio $\psi(y)$. Cabe señalar que dependiendo del modelo que se utilice para la

obtención de este potencial se llegará a diferentes teorías sobre flujos electrocinéticos (7,8). En nuestro caso, hemos calculado el potencial electrostático promedio dentro de la aproximación de Poisson-Boltzmann no-lineal para un electrolito simétrico:

$$\frac{1}{y} \frac{d}{dy} \left(y \frac{d\psi}{dy} \right) = \frac{8\pi q_1 c_1}{\epsilon} \sinh[\beta q_1 \psi(y)] \quad (6)$$

donde q_1 y c_1 indican la carga y concentración de una de las especies iónicas de la solución, $\beta = 1/k_B T$ y ϵ la constante dieléctrica del solvente (agua por ejemplo).

La solución de la ecuación 4 requiere de la implementación de métodos numéricos (9-10);

sin embargo, un caso particular bastante referido en la literatura corresponde al caso de la aproximación lineal, en dicho caso el potencial electrostático promedio adquiere la forma sencilla:

$$\psi(y) = \psi_t \frac{I_0(\kappa y)}{I_0(\kappa t)} \quad (7)$$

donde ψ_t es el potencial electrostático en la pared interna del capilar, $\kappa = \sqrt{\frac{8\pi q_1^2 c_1}{\epsilon}}$ la longitud inversa de Debye, e $I_0(x)$ la función Bessel de orden cero.

PROPIEDADES ELECTROKINÉTICAS: PERFILES DE VELOCIDAD Y GASTO

El flujo volumétrico o gasto (V), nos indicará el volumen por unidad de tiempo que pasa a través del área transversal del capilar, el cual que por la simetría cilíndrica del capilar, podemos expresar como:

$$V = 2\pi \int_0^t u(y) y dy \quad (8)$$

de forma tal que para calcularlo necesitamos obtener una expresión para el perfil de velocidades $u(y)$ en términos del potencial electrostático promedio $\psi(y)$. Integrando la ecuación 5 e imponiendo condiciones a la frontera adecuadas, es posible mostrar que:

$$u(y) = -\frac{1}{4\mu} (y^2 - t^2) P_z - \frac{\epsilon \psi_t}{4\pi \mu} \left[1 - \frac{\psi(y)}{\psi_t} \right] E_z \quad (9)$$

En esta ecuación identificamos en el primer término al flujo de Poiseuille, que se verá modificado por la presencia del campo eléctrico y la distribución no homogénea de carga del electrolito. Esta es una primera manifestación del efecto electrocinético, que como corresponde impactará en la expresión del gasto y de la corriente eléctrica. Sustituyendo la ecuación 9 en la ecuación 8 y procediendo con la integración que se indica, obtenemos la expresión para el gasto, a saber:

$$V = \frac{\pi t^4}{8\mu} P_z - \frac{\epsilon \psi_t t^2}{4\mu} \left[1 - \frac{2}{\psi_t t^2} \int_0^t \psi(y) y dy \right] E_z \quad (10)$$

Comparando (10) y (2), obtenemos las expresiones de los coeficientes fenomenológicos de *Onsager* consistentes con el modelo del sistema, a saber:

$$L_{11} = \frac{\pi t^4}{8\mu} \quad (11)$$

$$L_{12} = -\frac{\epsilon\psi_t t^2}{4\mu} \left(1 - \frac{2}{\psi_t t^2} \int_0^t \psi(y)y dy \right) \quad (12)$$

Observemos que en ausencia de un gradiente de presión entre los extremos del capilar ($P_z = 0$), también es posible tener un perfil de velocidad y un gasto. A estos se les denomina como *velocidad y gasto electroosmóticos*, respectivamente. En la figura 2, se muestran resultados obtenidos para la velocidad electroosmótica reducida como función del radio del capilar, en ella puede apreciarse el perfil tipo tapón que despliega la solución electrolítica, producto de la doble capa eléctrica que se forma en las vecindades del capilar.

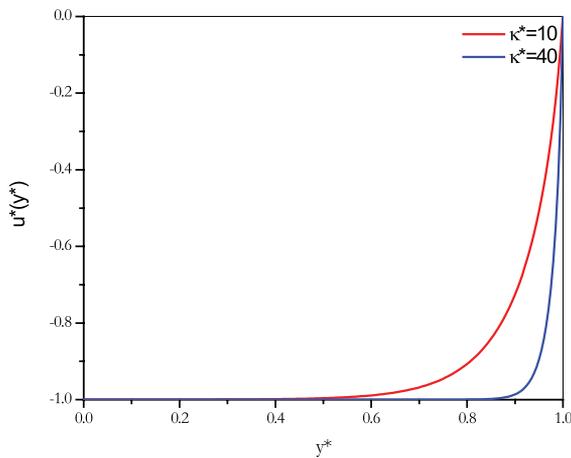


Figura 2. Velocidad electroosmótica

Por otra parte, si consideramos la ecuación del gasto en términos de los coeficientes de *Onsager*, (ecuaciones 10-12) y nos preguntamos por la condición sobre el gradiente de presión ($P_z \neq 0$) y campo eléctrico ($E_z \neq 0$) a gasto nulo ($V=0$), obtenemos una expresión sencilla para la contrapresión que nos permite conocer la forma del perfil de velocidades en estas condiciones. En la figura 3 se ilustra su comportamiento: observamos que en el centro del capilar la velocidad del flujo es positiva y a medida que se aleja del centro la velocidad va disminuyendo parabólicamente hasta adquirir valores negativo; es decir, la parte central de la solución se mueve en una dirección mientras que el fluido en las vecindades de la pared lo hacen en dirección contraria. Los valores negativos de la velocidad que observamos son consecuencias, de las cargas negativas predominantes en la doble capa eléctrica, que responden al campo eléctrico aplicado y arbitrariamente seleccionado como positivo.

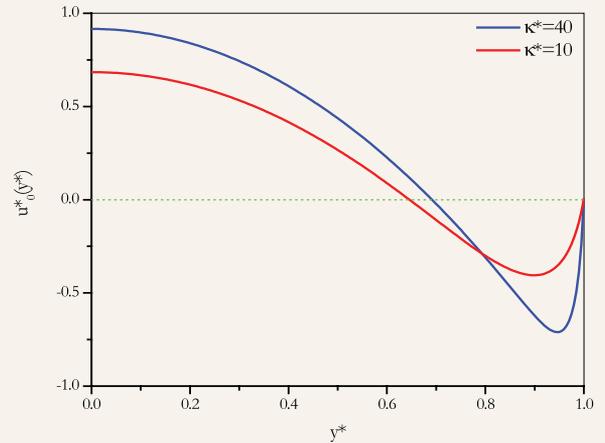


Figura 3. Perfil de velocidades a gasto nulo

En la figura 4 mostramos los resultados obtenidos para el gasto en condiciones electroosmóticas (es decir, a gradiente de presión nulo), como función del tamaño del capilar. Las diferencias significativas las observamos para capilares angostos, siendo mayor el gasto para el caso en el que el potencial electrostático en la pared ψ_t es mayor. Sin embargo conforme se aumenta el tamaño del capilar las diferencias entre ellos disminuyen, de tal forma que para poros suficientemente anchos el impacto de potencial en la pared es menos dominante.

DENSIDAD DE CORRIENTE Y CORRIENTE TOTAL.

Los mecanismos de transporte de carga eléctrica presentes en nuestro sistema son dos: transporte por flujo I_F y transporte por conducción I_C , de tal forma que la corriente total I se puede expresar como $I = I_F + I_C$.

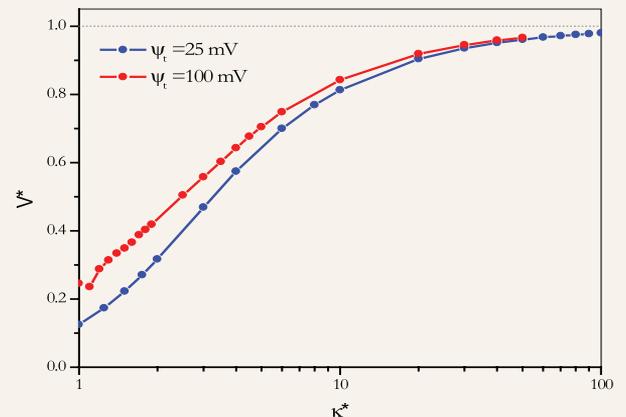


Figura 4. Gasto como función del ancho del capilar

La contribución a la corriente debida al flujo dependerá del movimiento iónico arrastrado por la velocidad del fluido, es decir, del perfil de velocidad:

$$I_F = 2\pi \int_0^t u(y)\rho_{el}(y)y dy \quad (13)$$

Mientras que la contribución a la corriente total debida a la conducción de carga eléctrica, dependerá de la intensidad del campo eléctrico aplicado y de la conductividad λ de la solución:

$$I_c = 2\pi\lambda E_z \int_0^r y dy = \pi\lambda E_z r^2 \quad (14)$$

Sustituyendo las expresiones para el perfil de velocidad de la ecuación 9 y la densidad de carga de la ecuación 4 en la expresión para I_F , es posible mostrar que la corriente total puede expresarse como:

$$I = -\frac{\epsilon t^2 \psi_t}{4\mu} \left(1 - \frac{2}{\psi_t t^2} \int_0^r \psi(y) y dy \right) P_z + \pi\lambda t^2 \left(1 + \frac{\epsilon^2}{8\pi^2 t^2 \mu \lambda} \int_0^r y \left(\frac{d\psi}{dy} \right)^2 dy \right) E_z \quad (15)$$

De nuevo observamos la combinación de efectos debido a la presencia del campo eléctrico externo y al gradiente de presión aplicado. Comparando ésta ecuación con la ecuación 2, para la corriente total, podemos identificar los coeficientes de *Onsager* faltantes:

$$L_{21} = -\frac{\epsilon t^2 \psi_t}{4\mu} \left(1 - \frac{2}{\psi_t t^2} \int_0^r \psi(y) y dy \right) \quad (16)$$

$$L_{22} = \pi\lambda t^2 \left(1 + \frac{\epsilon^2}{8\pi^2 t^2 \mu \lambda} \int_0^r y \left(\frac{d\psi}{dy} \right)^2 dy \right) \quad (17)$$

Como resultado notable, al comparar las ecuaciones 12 y 16, observemos que se satisfacen las *relaciones recíprocas de Onsager* establecidas previamente ($L_{12} = L_{21}$).

De forma similar al caso del gasto y velocidad electrosmótica, observemos que si el gradiente de presión se anula ($P_z = 0$) tendremos una corriente total directamente proporcional al campo eléctrico externo a la que se le conoce como corriente electrosmótica. En la figura 5 mostramos el resultado obtenido para la corriente electrosmótica reducida ($I^* \equiv I/\lambda E_z A$) como función del tamaño del capilar, en donde se manifiesta la presencia de una corriente electrosmótica máxima para el caso de poros angostos.

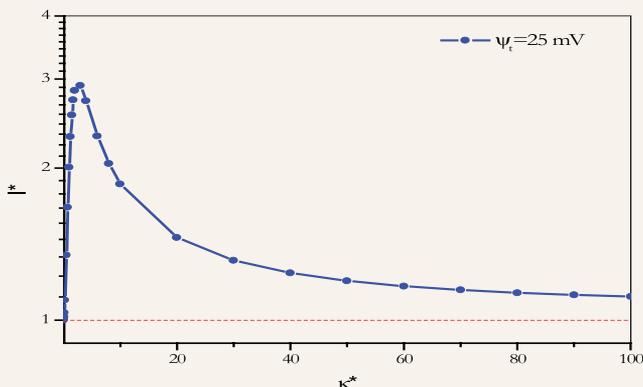


Figura 5. Corriente electrosmótica como función del ancho del capilar

Así como el perfil de velocidad que abordamos previamente nos da información del comportamiento de la velocidad del flujo como función del radio del poro, la densidad de corriente $j(y)$ nos dará información del comportamiento de la corriente por unidad de área como función del radio del poro:

$$j(y) = u(y)\rho_{el}(y) + \lambda E_z \quad (18)$$

Un caso particularmente interesante es el que se refiere al cálculo de la densidad de corriente en condiciones de corriente total nula. Si en la expresión para la corriente total (ecuación 15) imponemos esta condición ($I=0$), podemos obtener el campo eléctrico externo en términos del gradiente de presión que la satisface. Al potencial electrostático que genera este campo eléctrico se le conoce como *potencial de flujo electrocinético (o streaming potential)*. En la figura 6 mostramos una gráfica de la densidad de corriente a corriente nula como función del radio del capilar.

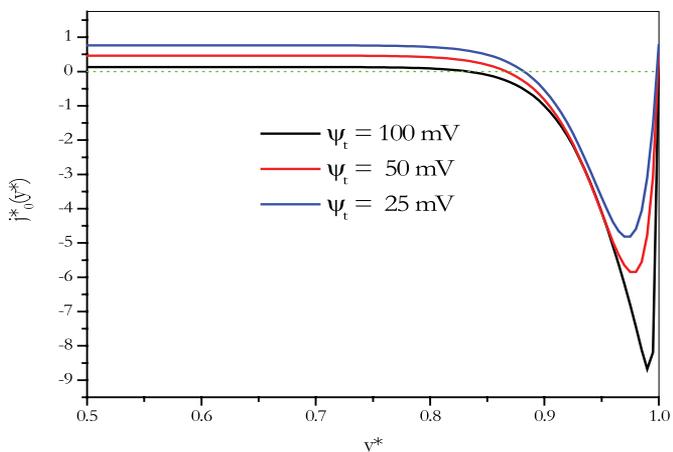


Figura 6. Densidad de corriente en condiciones de corriente nula

Se observa que desde el centro del capilar cilíndrico hasta casi un 20% de la pared, el comportamiento de la densidad de corriente es prácticamente constante lo que indica con ello que, en esta zona, el mecanismo determinante del flujo de corriente es por conducción (λ). Posteriormente la densidad de corriente desciende a valores negativos consistentemente con la observación sobre el comportamiento de la doble capa de contraiones ante la aplicación del campo eléctrico. En síntesis, y al igual que en el caso del perfil de velocidad a gasto nulo, sobresale el comportamiento del flujo de corriente en direcciones opuestas dentro del poro en condiciones de corriente total nula.

EFECTO ELECTROVISCOSO

Cuando un fluido incompresible, como el agua, fluye a través de un poro cilíndrico bajo la presencia de un gradiente de

presión se produce un gasto (*de Poiseuille*) $V = \pi r^4 P_z / 8\mu$, donde μ es el coeficiente de viscosidad del fluido. Para un solvente electrolítico y en condiciones electrostáticas, como las de nuestro sistema modelo, es posible observar la modificación de la viscosidad del solvente debido a los iones presentes, manifestando lo que se conoce como *efecto electroviscoso*. Concretamente, de las ecuaciones 10-12, es posible escribir el gasto como $V = \pi r^4 P_z / 8\mu_a$, donde identificamos como *viscosidad aparente* μ_a :

$$\mu_a = \frac{\mu}{\left[1 - \frac{2\epsilon\psi_0}{\pi r^2} \left(1 - \frac{2}{\psi_0 r^2} \int_0^r \psi(y) y dy\right) \frac{E_z}{P_z}\right]} \quad (19)$$

Comúnmente se refiere como viscosidad aparente a la viscosidad que corresponde en condiciones de corriente eléctrica nula; es decir, al aplicar un potencial de flujo adecuado. En estas condiciones sabemos que deberá cumplirse que el cociente del campo eléctrico y el gradiente de presión estará dado por $(E_z/P_z)_{I=0} = -L_{21}/L_{22}$. Como puede observarse, la viscosidad aparente de la solución dependerá no sólo de la viscosidad del solvente (agua) sino también de las condiciones electrostáticas y del grosor del capilar.

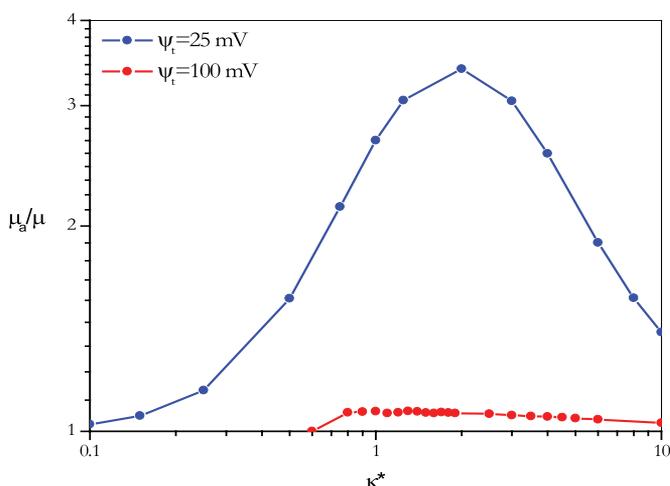


Figura 7. Viscosidad aparente como función del ancho del capilar

En la figura 7 se muestran los resultados obtenidos para una solución electrolítica 1:1 como función del tamaño del capilar, donde se observa el comportamiento no monótono de la viscosidad aparente, corroborándose la existencia de una viscosidad aparente máxima para el caso de capilares angostos, la cual se ha observado con la aproximación lineal y para el caso de una solución electrolítica entre placas paralelas (7,8).

CONCLUSIONES

En este artículo se presentan los resultados obtenidos sobre las propiedades electrocinéticas de una solución

electrolítica en el interior de un capilar cilíndrico cargado, en presencia de un campo eléctrico y un gradiente de presión axial. Este ejercicio fue motivado por nuestro interés en revisar la teoría clásica de fenómenos electrocinéticos, que actualmente se está adecuando y delimitando para retomar de ella lo que corresponda en su aplicación a sistemas fuertemente confinados, como en el caso de micro y nano fluidez (11). Para ello nos dimos a la tarea de calcular las propiedades electrocinéticas haciendo uso de un modelo de potencial electrostático promedio más allá de la aproximación lineal (EPBNL) con el objetivo de valorar su relevancia en este caso.

Como lo indican los resultados obtenidos, la fenomenología más interesante depende de las propiedades iónicas de la doble capa eléctrica localizada en la vecindad de la pared interna del capilar, manifestándose de forma significativa en el caso de capilares muy angostos.

Finalmente, señalamos que para la obtención de los resultados que se muestran en este trabajo, se elaboró un programa en lenguaje Fortran, con el que se resuelve la EPBNL con el método de diferencias finitas y se calculan las propiedades electrocinéticas, entre otras.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento obtenido mediante el Proyecto de la Red Temática de Colaboración Física de la Materia Blanda *SEP/Promep* y al apoyo para titulación a través del Programa de Fortalecimiento al Programa de Beca (*Pronabes*).

BIBLIOGRAFÍA

- 1) R. B. Schoch, J. Han and P. Renaud, *Rev. Mod. Phys.* 80, 839-883 (2008).
- 2) G. M. Whitesides, *Nature*, 442 (2006).
- 3) D. Kondepudi and I. Prigogine, *Modern Thermodynamics: From Heat Engines to Dissipative Structures*, Wiley (1998).
- 4) Prigogine I., *Thermodynamics of Irreversible Processes*, Third Edition, Wiley (1967).
- 5) De Groot S.R and Mazur P., *Non-Equilibrium Thermodynamics*, North-Holland Publishing Company (1962).
- 6) Mc Quarrie Donald A., *Statistical Mechanics*, Capítulo 15, 330, University Science Books (2000).
- 7) C. L. Rice and R. Whitehead, *Jour. Phys. Chem.* 69 (11) (1965).
- 8) Aguilera Fernández V., *Influencia de la distribución de carga sobre los fenómenos electrocinéticos en canales iónicos y membranas microporosas*. Tesis doctoral, Universitat JAUME I (2000).
- 9) Arfken, G. B., Weber H. J., *Mathematical Methods for Physicist*, Sexta Edición, Academic Press (2005).
- 10) Press William H., Teukolsky Saul A., *Numerical Recipes*, Capítulo 2, 36-40, Second Cambridge, Second Edition (2000).
- 11) Denniz Márquez Ruiz. *Flujos Electrocinéticos en un capilar cilíndrico en la aproximación de Poisson-Boltzmann No-lineal*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Física, Universidad de Sonora (2010).



EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE ADSORCIÓN DE CADMIO Y ZINC DE UN EFLUENTE, UTILIZANDO UNA RESINA QUELANTE

RAMONA GPE. MARTÍNEZ MEZA,
LUIS ALONSO ALMAZAN HOLGUIN

Por mucho tiempo el impacto que las industrias han tenido sobre el medio ambiente se ha visto reflejado en los grados de contaminación, tanto en suelo como en aire y agua. Dentro de estos contaminantes se cuentan los metales pesados que repercuten en la salud de los seres vivos. La contaminación acuática, por los desechos generados por la compañía minera ubicada en la Ciudad de Cananea, Sonora, México, influyen fuertemente en el río San Pedro; en especial dos de ellos, Cd y Zn fueron estudiados por adsorción en una resina para disminuir sus concentraciones, lográndose remover aproximadamente el 95% de Cd y 90% de zinc de la muestra J-1 y 81% y 78% de Cd y Zn de la muestra M-1 respectivamente.

DRA. RAMONA GPE. MARTÍNEZ MEZA
Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional
Autónoma de Baja California
Correo: ramona.martinez@iq.uson.mx
DR. LUIS ALFONSO ALMAZAN HOLGUIN
Departamento de Ingeniería Química y metalurgia,
Universidad de Sonora
Correo: lamazan@guaymas.uson.mx



INTRODUCCIÓN

El grado de peligrosidad de los metales pesados es mayor debido a que no son química ni biológicamente degradables. Una vez emitidos pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación.

La actividad humana y el no control adecuado, incrementa el contenido de estos metales en el ambiente en cantidades considerables; siendo ésta, sin duda, la causa más frecuente de las concentraciones tóxicas.

El incremento de la población, el crecimiento industrial y el empleo, cada vez mayor de sustancias químicas, han causado problemas de contaminación sobre el ambiente y particularmente en el agua. En años recientes, la contaminación del agua superficial con metales pesados ha llamado la atención de las autoridades y de la comunidad científica en general. Las industrias relacionadas con la fabricación de pinturas y pigmentos, minería y fundiciones, entre otras, han generado un nivel elevado de metales pesados en las corrientes de agua (1).

El aumento de la concentración de metales pesados, por arriba de los límites estipulados, es una gran preocupación de salud pública. Estos metales, una vez móviles en el ambiente en forma iónica como muchos otros elementos tóxicos, se incorporan al cuerpo humano a través del agua, los alimentos y el aire. Los cuales afectan el sistema nervioso, causan enfermedades como la anemia, encefalopatías, la hepatitis, perturbaciones renales, la insuficiencia pulmonar, lesiones de hueso, cáncer e hipertensión (1).

El cadmio se encuentra mayormente en la corteza terrestre como mineral combinado con otras sustancias, tales como el oxígeno (óxido de cadmio) o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio), se puede localizar en todo tipo de terrenos y rocas, incluso en minerales de carbón y abonos minerales. La mayor parte del cadmio que se utiliza es extraído durante los procesos de beneficio de otros metales como zinc, plomo y cobre.

El cadmio se incorpora al aire por fuentes como la industria minera, la quema de carbón y desechos domésticos; se integra al agua y al suelo mediante los derrames y escapes en sitios de desechos peligrosos; se adhiere fuertemente a las partículas en la tierra; gran parte se disuelve en agua; no se degrada en el medio ambiente pero puede cambiar de forma. Las plantas, peces y otros

organismos incorporan cadmio del medio ambiente, el cual permanece en el organismo por largo tiempo y puede acumularse después de años de exposición a bajos niveles (2).

El zinc es uno de los elementos más comunes en la corteza terrestre. Se encuentra en el aire, el suelo y el agua; está presente en todos los alimentos.

El zinc se combina con otros elementos para formar compuestos. Algunos compuestos comunes se encuentran en sitios de desechos peligrosos incluyen al cloruro de zinc, óxido de zinc, sulfato de zinc y sulfuro de zinc. Los compuestos de zinc son ampliamente usados en la industria para fabricar pinturas, caucho, tinturas, preservativos para maderas y ungüentos.

Cierta cantidad de zinc es liberada al ambiente por procesos naturales, pero la mayor parte proviene de actividades humanas tales como la minería, producción de acero, combustión de petróleo e incineración de basura. Éste se adhiere al suelo, sedimentos y a partículas de polvo en el aire, la lluvia y la nieve remueven las partículas de polvo con zinc del aire.

Dependiendo del tipo de suelo, algunos compuestos de zinc pueden movilizarse al agua subterránea, lagos, arroyos y ríos. La mayor parte del zinc en el suelo permanece adherido a partículas de suelo y no se disuelve en agua

Además, es un elemento esencial en la dieta, ingerir muy poco puede causar problemas, pero demasiado también es perjudicial. Los efectos nocivos generalmente se empiezan a manifestar a niveles

de 10-15 veces más altos que la cantidad necesaria para mantener buena salud. La ingestión de grandes cantidades puede causar calambres estomacales, náusea y vómitos. Si se ingieren grandes cantidades durante un período prolongado pueden generar anemia y la disminución de los niveles del tipo de colesterol (2).

CONTAMINACIÓN EN CANANEA, SONORA

Los problemas de contaminación, generados de las actividades mineras de la región de Cananea, se han presentado desde hace tiempo. De 1983 a 1985 el Río San Pedro recibió los excedentes de los depósitos de almacenamiento de aguas ácidas (con altos contenidos de metales pesados) proveniente de la compañía minera que se encuentra en la Ciudad antes mencionada, debido a que se observaron precipitaciones extraordinarias. Este problema ocasionó una gran mortandad de peces, tanto en México como en estados Unidos. Por otra parte, se tienen problemas de



descarga de aguas residuales municipales de la ciudad en el cauce del río, las cuales contribuyen al incremento de los metales pesados como Cd, Cu, Fe, Mn y Zn. Este aporte se considera mínimo comparado con el que se tiene de la mina. Los niveles altos de metales y bajo pH pueden ocasionar problemas de salud a los pobladores de la región, incluyendo a la flora y fauna (3).

En lo que respecta al agua subterránea, las concentraciones de los metales son bajas comparadas con el agua superficial, la cual supera la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-ECOL-1996)(4).

El problema de contaminación por metales pesados del río San Pedro existe desde hace varios años, y se puede apreciar que los sitios más contaminados son los cercanos a la presa de jales de la mina, la cual se encuentra en desuso desde 1984 (5). Estas concentraciones se encuentran en la mayoría de los puntos muestreados a lo largo del río San Pedro (6).

Las soluciones provenientes de las infiltraciones de la presa de jales tienen un alto contenido de metales entre los que se encuentran el cadmio y zinc en solución ácida, los cuales rebasan la Norma, la cual indica que se puede descargar una concentración límite de Cd(II) de 0.005 mg/L en una fuente de abastecimiento de agua potable, 0.01 mg/L para riego agrícola y 0.01 mg/L para la protección de la vida acuática de agua dulce. En cuanto al zinc (II) se establece que se puede descargar 5 mg/L a una fuente de abastecimiento de agua potable, 2.0 mg/L para riego agrícola y 50 mg/L para vida acuática.

Es conocido que las resinas se utilizan mayormente para remover iones metálicos traza, pero la resina M-4195 se ha utilizado para remover iones metálicos en concentraciones altas en proceso de lixiviación de minerales de manganeso con alto contenido de metales pesados, utilizando ácido clorhídrico en solución acuosa (7). Así como en procesos de purificación de las aguas de lavado de procesos de galvanoplastia (8). En 1985 se utilizó para separar y recuperar cobalto a partir de soluciones de lixiviación. Se han realizado trabajos de investigación para la recuperación de cobalto y níquel a partir de residuos de fundición primaria (9, 10).

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es evaluar los parámetros de adsorción (velocidad de agitación, pH, cantidad adsorbente y tiempo de contacto) en la remoción de cadmio y zinc de soluciones sintéticas y en soluciones provenientes de las infiltraciones de la presa de jales de la mina de Cananea, utilizando la resina quelante Dowex M-4195 en un proceso en discontinuo.

METODOLOGIA

Se utilizó un proceso de adsorción por lotes mediante la técnica adsorción utilizando la resina quelante Dowex M-4195, dado su potencial de aplicaciones para la separación

de cadmio y zinc entre otros metales, en soluciones ácidas concentradas.

Las soluciones sintéticas se prepararon con sulfato de cadmio ($3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) y sulfato de zinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). El ajuste de pH se hizo con ácido sulfúrico (H_2SO_4). El estudio en discontinuo se llevó a cabo en un reactor de vidrio con agitador (Stir Park, 23- 2300 rpm. Modelo 50002-30, COLE PALMER).

En las pruebas por lotes se utilizó 250 mL de solución sintética (una para analizar cadmio y otra para el zinc respectivamente) en una concentración de 100 mg/L, a la cual se añadió una determinada cantidad de resina quelante Dowex M-4195 con matriz estireno-DVB macroporosa con grupo funcional bis-picolamina (Figura 1). La resina es opaca de color café oscuro a verde oscuro, con un 40-60 % de retención de agua, con un tamaño de partícula de 20-50 mallas. Esta se mantuvo en agitación por un tiempo de 24 horas en un rango de valores de pH de 0.5 a 4.5. Las muestras fueron analizadas por espectrofotometría de absorción atómica en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer, modelo 3110. Los experimentos se realizaron en un rango de velocidad de 50 a 500 (rpm). Estas condiciones son tanto para las pruebas de cadmio como las de zinc.

En las pruebas donde se utilizó aguas provenientes de las infiltraciones se utilizó 250 mL de solución, la cual se puso en contacto con una determinada cantidad de resina a una velocidad de agitación de 200 rpm el valor de pH empleado en estas pruebas es el pH natural de la solución y un tiempo de contacto de 24 horas.

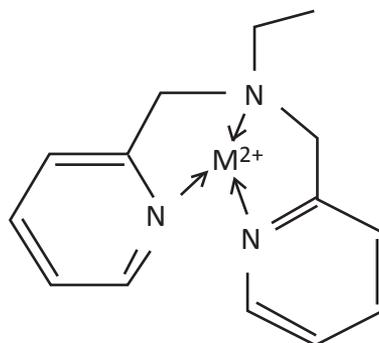


Figura 1. Estructura de la resina quelante Dowex M-4195

RESULTADOS Y DISCUSION

a) Análisis de Soluciones sintéticas

Con relación al efecto de la velocidad de agitación, en las Figuras 2 y 3, se observa que no existe un efecto relevante a velocidades en un rango de 50 a 200, pero a 400 rpm se observa que hay una variación en la adsorción de cadmio y zinc, debido a que se rompe la resina. Manteniéndose para la evaluación del resto de los parámetros una velocidad de agitación de 200 rpm, ya que a esta velocidad es donde se obtiene el máximo de remoción de cadmio y de zinc respectivamente.

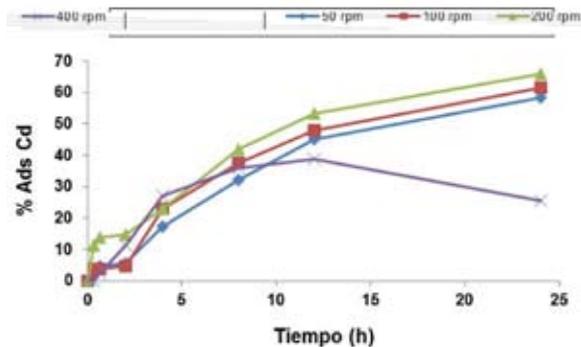


Figura 2. Efecto de la velocidad de agitación en la adsorción de cadmio

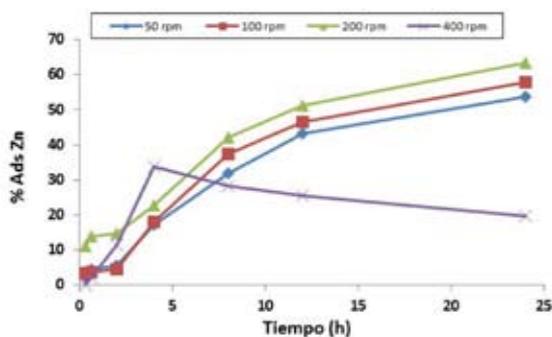


Figura 3. Efecto de la velocidad de agitación en la adsorción de zinc

Con respecto al efecto del tiempo de contacto y de la cantidad de resina, al incrementar la cantidad de adsorbente también se aumenta la cantidad de sitios en la resina y por consecuencia un incremento en la adsorción; tal como se observa en la Figura 4 donde la adsorción de cadmio es rápida en las primeras 12 horas de contacto logrando un 60 % de adsorción de cadmio presente en la solución con una concentración de resina de 8 g/L.

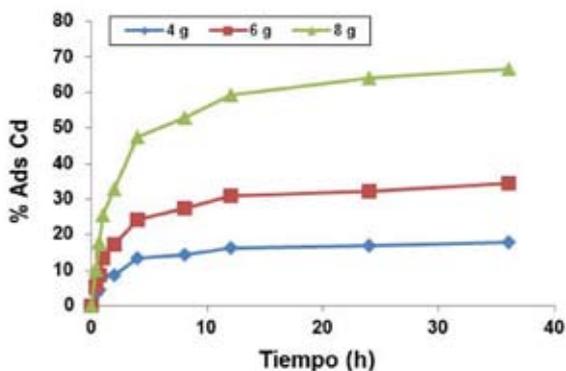


Figura 4. Efecto de la cantidad de adsorbente en la adsorción de cadmio. 100 mgCd/L, pH = 3.2, T = 25 °C, 200 rpm, tiempo de contacto = 36 hrs.

De igual manera en la Figura 5 se observa el comportamiento de la adsorción del zinc, la cual muestra que es en las primeras 12 horas, además que a concentraciones de 8 g/L se puede remover hasta un 65 % de zinc presente en la solución; también se puede apreciar que la velocidad de adsorción para el caso del zinc en condiciones de pH con 8 g/L de resina en solución tiene una mayor velocidad de adsorción en comparación con el cadmio, ya que en la gráfica anterior podemos observar que después de las 12 horas de contacto este tiene un comportamiento asintótico con respecto al tiempo.

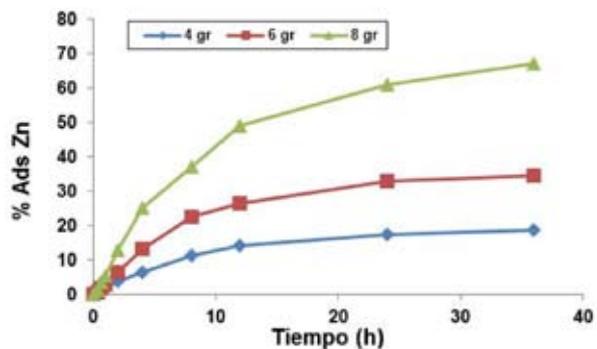


Figura 5. Efecto de la cantidad de adsorbente en la adsorción de zinc. 100 mgZn/L, pH = 2.87, T = 25 °C, 200 rpm, tiempo de contacto = 36 hrs.

El efecto del pH se observa en las Figuras 6 y 7 para la adsorción de cadmio y zinc respectivamente, donde se observa en el caso del cadmio que el pH afecta la capacidad de adsorción de la resina, apreciándose que a valores de pH bajos la adsorción disminuye.

En el proceso de adsorción del zinc ocurre lo contrario, ya que a altos valores de pH es donde se obtiene una mayor recuperación del mismo, tal como se aprecia en la Figura 7, lo cual está totalmente de acuerdo con Grinstead (10) que indica los comportamientos relativos a la afinidad de la resina con respecto al pH, en función de la especie Cd (II) y Zn (II).

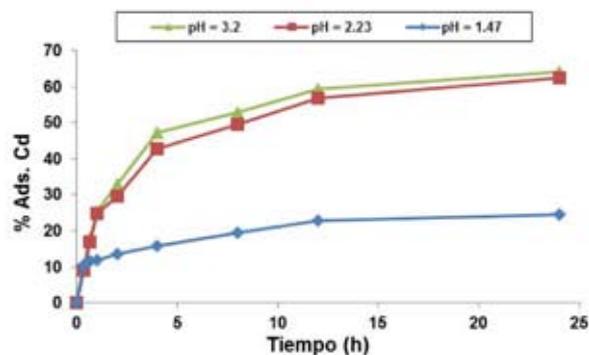


Figura 6. Efecto del pH en la adsorción de cadmio. 100 mgCd/L, 200 rpm, T = 25 °C, resina = 8.0 gL⁻¹, tiempo de contacto = 24 hrs.

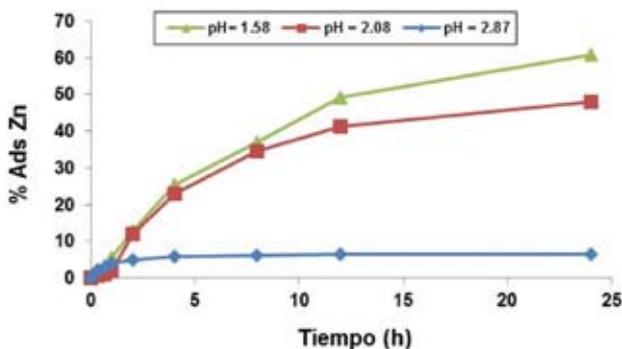


Figura 7. Efecto de pH en la adsorción de zinc. 100 mgZn/L, 200 rpm, T = 25 °C, resina = 8.0 gL⁻¹, tiempo = 24 hrs.

b) Análisis de Soluciones Reales

Las muestras obtenidas se denominaron J-1 y M-1 a las cuales se les analizó por espectrofotometría de absorción atómica, donde se determinó que la muestra J1 contiene 20 mg/L de cadmio y 15.2 mg/L de zinc; la a muestra M1 contiene 15.2 mg/L de cobre y 47.6 de de zinc entre otros elementos. En la Tabla 1 se indican las concentraciones de metales presentes en las soluciones acuosas, las cuales conservaron su pH natural en el proceso de adsorción el cual es de 2.03 para J-1 y 2.5 para M-1.

Tabla 1. Concentración de metales presentes en las soluciones J-1 y M-1

Muestra	pH	Cu*	Cd*	Fe*	Mn*	Zn*
J-1	2.03	19.2	20	60	40	15.2
M-1	2.5	12.5	15.2	132.5	114.3	47.6

*La Concentración está en mg/L.

Se utilizó 250 mL de solución a la cual se añadió la resina quelante en las cantidades mencionadas (4, 6 y 8 g/L), esta se mantuvo en agitación por 24 horas, tomando muestras a las 4, 12 y 24 horas; de igual manera que las muestras sintéticas estas fueron analizadas por espectrofotometría de absorción atómica. En resultados previos se ha observado que la velocidad de agitación óptima es de 200 rpm, un tiempo de contacto de 24 horas y pH natural.

c). Muestra J-1

En la Figura 8 se indica la adsorción de cadmio variando la cantidad de resina en 4, 6 y 8 g/L; se puede observar que la cinética de adsorción es muy rápida y que aproximadamente a las 4 horas ya se ha recuperado del 86 al 95 %, logrando una remoción del 99 % en un tiempo de contacto de 24 horas. A diferencia de los resultados obtenidos en la adsorción de cadmio en la solución sintética

se obtiene una mayor recuperación que, además de que existe una mayor afinidad de la resina hacia el cadmio, éste se encuentra en una concentración mucho menor comparada con la empleada en la solución sintética.

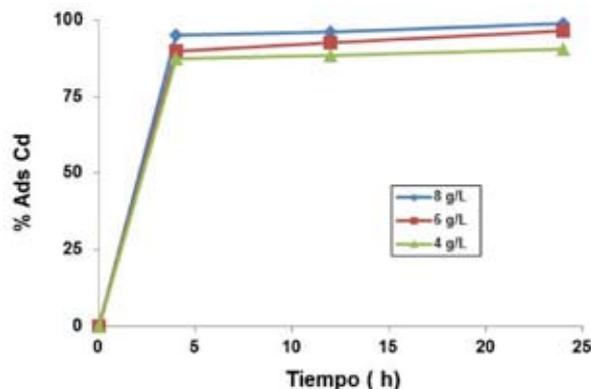


Figura 8. Efecto de la adsorción de cadmio de la muestra J-1. 20 mgCd/L, 200 rpm, pH 2.03 T 25 °C.

En la Figura 9 se observa que se puede remover el 90 % de zinc de la solución cuando se pone en contacto con 8 g/L de resina en un tiempo de contacto de 24 horas, así mismo se aprecia que al incrementar la cantidad de resina aumenta la cantidad adsorbida, debido a que existe una mayor área de contacto. La concentración de zinc en la muestra J-1 es mucho menor que la utilizada en la solución sintética, por lo cual se aprecia un incremento en el porcentaje de adsorción, éste se debe a que existe una mayor disponibilidad de sitios activos de la resina.

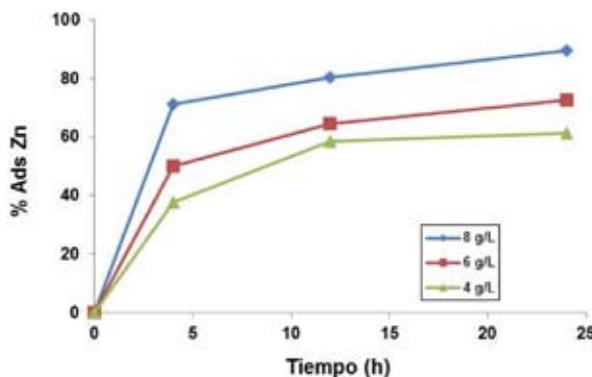


Figura 9. Efecto de la adsorción de zinc de la muestra J-1. 15.2 mgZn/L, 200 rpm, pH 2.03, T 25 °C.

d). Muestra M-1

La Figura 10 indica la adsorción de cadmio variando la concentración de la resina en 4, 6 y 8 g/L; se puede apreciar que la cinética de adsorción es muy rápida y que a las 4 horas se ha recuperado 37% cuando se tiene una concentración de adsorbente de 4 g/L y de 65 % cuando la concentración es de 8 g/L de cadmio presente en la



solución. Finalmente se tiene una remoción del 85 % al término de 24 horas de contacto con la resina. Se observa que sigue prevaleciendo la afinidad hacia el cadmio, lo cual concuerda con lo mencionado en otros trabajos en los cuales se a utilizado esta resina.

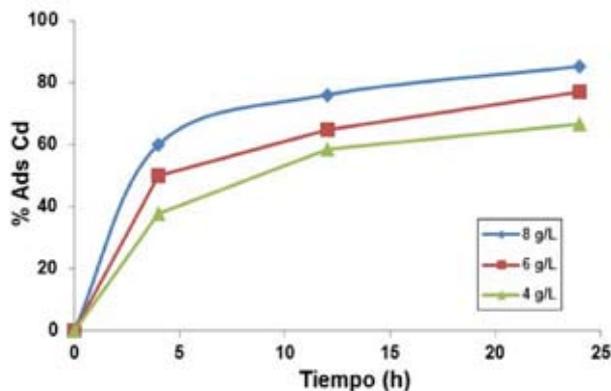


Figura 10. Efecto de la adsorción de cadmio de la muestra M-1. 15.2 mgCd/L, 200 rpm, pH 2.5, T 25 °C.

La Figura 11 nos muestra que la adsorción varía proporcionalmente con respecto a la cantidad de resina en la solución. Se puede apreciar que el mayor efecto de adsorción ocurre en las primeras 4 horas con una remoción del 48 a 59 % y a las 24 horas de contacto se tiene de un 50 a 78 % de remoción de zinc de la solución acuosa.

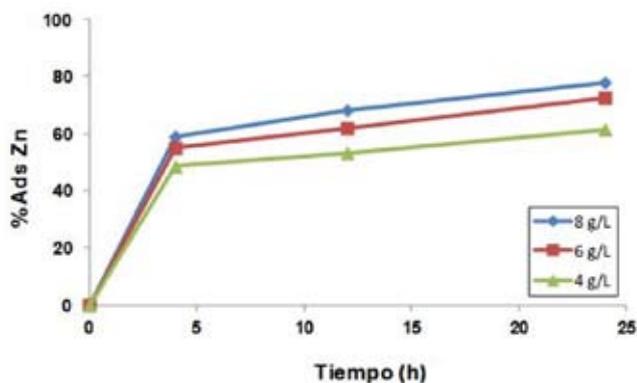


Figura 11. Efecto de la adsorción de zinc de la muestra M-1. 47.6 mgZn/L, 200 rpm, pH 2.5, T 25 °C.

CONCLUSIONES

Una vez evaluada la velocidad de agitación, los valores de pH óptimos para la adsorción de cadmio y zinc, podemos

concluir que la resina muestra una mayor afinidad hacia el cadmio, ya que se observa una mayor velocidad de adsorción en comparación a la del zinc, tanto en soluciones sintéticas como en las soluciones reales. Esta afinidad permanece aún cuando se tienen otros iones en solución, como es el caso de las soluciones reales que contienen Cu, Fe y Mn.

Por otra parte, se encontró que el mayor porcentaje de adsorción se lleva a cabo a valores de pH muy cercanos a los de las soluciones reales, las cuales son fuertemente ácidas. Así mismo, se observa una mayor remoción con respecto al tiempo cuando se tienen bajas concentraciones de los metales y cuando se aumenta la cantidad de la resina en solución debido al incremento de sitios activos disponibles. Una de las ventajas que se tiene al utilizar éste tipo de resina es que tiene una alta resistencia a los medios fuertemente ácidos y altas concentraciones, en comparación con otras resinas (7).

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Drost RL, (1997) Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Wiley, New York, Pp 184
- 2) ATSDR. (2008). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Statement.
- 3) Gómez A. A., Villalba A. A., y Romero A. A. (1997). "Estudio de la contaminación por metales pesados en el agua superficial del río San Pedro, Sonora, México." Departamento de Geol. Universidad de Sonora. Vol. 14, No. 2. p. 1-16.
- 4) NOM-001-ECOL-1996. Norma Oficial Mexicana.
- 5) Gómez A. A., Villalba A. A., Acosta R. G., Castañeda O., M. Kamp D., (2004) "Metales pesados en el agua superficial del río San Pedro durante 1997 y 1999." Revista Internacional Ambiental, Enero -Marzo, vol. 20, número 001. UNAM. Pp18
- 6) Gómez A. A. (2001). Evaluación de la calidad física y química del agua y sedimento del río San Pedro, Sonora, México. Durante el período 1997-1999. Tesis de Maestría. Universidad de Sonora.
- 7) Diniz C.V, Doyle F.M. and Martins A.H (2000). " Uptake of heavy metals by chelating resins from acidic manganese chloride solution" Minerals and Metallurgical processing; 17, 4; Pp. 217
- 8) Mendes F.D. and A Martins A.H.(2004). International Journal, of mineral processing. Volume 72, issues 1-4. 19. Pp. 359-371
- 9) Kennedy, D. C.; Becker, A.; Worcester III, A. A. (1987) "Development of an ion exchange process to recover cobalt and nickel from primary lead smelter. Conference: Metals Specifications, separation, and Recovery, Chicago Illinois, USA, 27 July-1 August, 1986 Lewis Publishers. Inc., Chelsea Michigan.
- 10) Grinstead, R.R. (a) (1984) " New development in the chemistry of XFS-4195 and XFS 43084 chelating ion exchange resins" Ion Exchange Technology, Pp 509-518.



NÚMERO DE CETANO Y CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS EN SEMILLAS DE ESPECIES DE ZONAS ÁRIDAS

JOSE MANUEL DEL LLANO SOTELO, LUIS ANGEL MEDINA JUÁREZ, ALEJANDRO E. CASTELLANOS VILLEGAS

Las zonas áridas de México representan más del 50% del territorio nacional, y ante los escenarios de disminución de fuentes fósiles de energía, una alternativa es el uso de biocombustibles, en particular bioetanol y biodiésel. Además de conocer el contenido de aceite de las especies de las zonas áridas como base para la obtención de biodiésel, es necesario establecer sus características fisicoquímicas que puedan conferirle ventajas para su posible uso como biocombustible. Una de estas características es el número de cetano, que es un indicador de la calidad de la ignición del combustible.

En este trabajo se resume el potencial de algunas especies nativas de las zonas áridas de México para su uso como biocombustible; se calcula y compara su número de cetano con los estándares internacionales, como forma de medir su potencialidad. El número de cetano obtenido tuvo un rango entre 45 y 64, lo que indica que son buenas fuentes para producir biodiésel.

DR. JOSÉ M. DEL LLANO SOTELO

Correo: llanojm@correom.uson.mx

DR. LUIS ANGEL MEDINA JUÁREZ

Correo: amedina@guayacan.uson.mx

DR. ALEJANDRO E. CASTELLANOS VILLEGAS

Correo: acastell@guayacan.uson.mx

Departamento de Investigadores Científicos y Tecnológicos de la Universidad de Sonora

INTRODUCCIÓN

Los Biocombustibles

El utilizar combustibles fósiles incrementa la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera lo que ha desencadenado escenarios de cambio climático actualmente desarrollándose a nivel mundial (1). En México, las reservas probadas de combustibles fósiles están disminuyendo (2) y es posible que no tengamos fuentes confiables de energéticos en los próximos 15 a 30 años. La disminución de las fuentes no renovables de energéticos fósiles ha resultado en la necesidad de buscar nuevas fuentes alternativas de energía para el país. Esta necesidad ha sido plasmada en una iniciativa de ley aprobada en febrero de 2008 como "Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos" (3).

México tiene una superficie de 1.96 millones de Km², de la cual más del 50% se considera árida o semiárida, por lo que es necesario desarrollar opciones ad hoc a las condiciones ecológicas y ambientales a estas regiones.

Una de las alternativas más viables, como nuevas fuentes de energía, son los biocombustibles. En el caso de las regiones áridas los altos contenidos de aceite, que es posible encontrar en algunas de las especies estudiadas, sugiere que su uso como fuentes de biodiésel es una posibilidad. En el PROINBIOS (Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico) (4) las especies sugeridas a nivel nacional no coinciden con las características geográficas, climáticas y productivas del país.

Es por lo anterior que, dada la falta de alternativas con fines bioenergéticos y que en las semillas de zonas áridas el contenido de aceite puede ser importante, así como por las necesidades tan particulares (ambientales, geográficas y productivas) de las zonas que ocupan una gran parte del territorio nacional; se están haciendo estudios para determinar la cantidad de aceite contenida en algunas especies endémicas, lo que consideramos como prioritario en la investigación de los recursos naturales de nuestra región (Figura 1-3).



Figura 1. *Jatropha cardiophylla* especie con importante contenido de aceite y potencial para producción de biodiésel (Foto. Alejandro Castellanos Villegas).



Figura 2. *Ricinus communis* (*higuerilla*), especie exótica propuesta en México como insumo para biodiésel (Foto: Alejandro Castellanos Villegas).



Figura 3. *Cucurbita palmeri* (calabaza), especie nativa con potencial importante como insumo para biodiésel (Foto: Alejandro Castellanos Villegas).

Composición del aceite y el ambiente

Aunque el aceite en las semillas de las especies vegetales es ampliamente utilizado por el hombre en su alimentación, industria y necesidades bioenergéticas, su presencia en las plantas obedece a otras consideraciones biológicas. Por ejemplo, existen diferencias importantes en la composición de los ácidos grasos de las diferentes especies y familias de plantas estudiadas, dependiendo de sus afinidades taxonómicas, de las condiciones ambientales a las que la familia y las especies están adaptadas para crecer y los usos ecológicos y fisiológicos para los que son empleados. Se ha visto que familias de plantas evolucionadas contienen mayor proporción de ácidos grasos insaturados (5). Igualmente, un mayor grado de saturación de los ácidos grasos en algunas especies vegetales se relaciona con sus antecedentes de un origen tropical. Por ejemplo se ha visto que el contenido de ácidos grasos y su grado de insaturación varía en las semillas de salvia (*Salvia hispanica* L.) con los factores ambientales (6). Los climas cálidos favorecen la formación de ácido oleico, en tanto que los climas fríos favorecen la formación de ácido linolénico (5). Igualmente se ha determinado que en frijol soya (*Glycine*

max L) existe un incremento de las desaturadas a 20°C, lo que resulta en una mayor formación de dobles enlaces en los ácidos grasos (7).

Desde el punto de su utilización como biocombustible, los ácidos grasos con mayor número de cetano representan una opción más importante, lo que significa una mejor facilidad y eficiencia de combustión, es decir, una mayor calidad del biodiésel (8).

Número de Cetano

El número de cetano es un indicador de la calidad de la ignición de un combustible (8). Este número está influido por el tipo de ácido graso presente, ya sea saturado o insaturado (9) y por la longitud de su cadena (10). Si los ácidos grasos presentes en los aceites de la semilla son mayormente saturados (ácido mirístico, ácido palmítico y ácido esteárico), el número de cetano va a ser mayor. Mayor insaturación de los ácidos grasos de la semilla (oleico, palmitoleico, linoleico y linolénico) resulta en una disminución en el número de cetano (9).

Existen diversas formas experimentales de obtener el número de cetano (11), aunque en forma indirecta, práctica, rápida y menos costosa, es más común obtenerlo mediante la fórmula de Bamgboye and Hansen (9). Esta fórmula se determinó empleando una matriz de nueve por ocho, obteniendo al número de cetano como la variable dependiente y la composición de los ácidos grasos de los metil éster como la variable independiente.

Debido a la importancia ecológica, fisiológica y como biocombustible, del grado de saturación de los ácidos grasos de las semillas de especies vegetales, se evaluaron sus características, composición y número de cetano, con el fin de utilizarlos para determinar la importancia de las especies estudiadas como insumos para bioenergéticos y su potencial de utilización en las zonas áridas de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica del contenido de ácidos grasos de los aceites de semillas de familias de plantas superiores, restringiéndola solamente a las especies de estas familias que se desarrollan en condiciones de zonas áridas y semiáridas, con énfasis particular a las familias Cucurbitaceae, Brassicaceae, Euphorbiaceae y Simmondsiaceae.

Además, se recolectaron semillas de hábitats con condiciones diversas de aridez y semi-aridez de Sonora. Estas semillas se molieron en el molino Willey con malla número 40. Se determinó el contenido de aceite por el método de Soxhlet, separándose de la mezcla de hexano con un Rotavapor. Posteriormente se obtuvieron las determinaciones de los ácidos grasos del Laboratorio de Biotecnología del DICTUS, en los que se utilizó un cromatógrafo de gases Varian empleando el método Ce1-62 de la AOCS de 2009. Las determinaciones se hicieron por duplicado (12).

De las mismas muestras de semillas se obtuvo su contenido de energía, utilizando un calorímetro Parr 1341,

igualmente por duplicado.

Los análisis estadísticos utilizados se efectuaron con el paquete estadístico SPSS Statistics 17.0 (13).

RESULTADOS

El número de cetano en las diferentes familias fue de 48.3 ± 2.6 en Asteraceae, 53.8 ± 4.7 en Brassicaceae, 51 ± 5.4 en Cucurbitaceae, 53.1 ± 0.9 en Euphorbiaceae, 57.9 ± 2.9 en la Leguminosae, 49.2 en la Malvaceae, 57.9 en la Oleaceae y 63.3 en la Simmondsiaceae.

Dentro de la Familia Cucurbitaceae, *Momordica charantia* presentó el mayor número de cetano con 63.8, mientras que en las Brassicaceae, *Lesquerella gordonii* tuvo un número de cetano de 55.5. *Ricinus communis* de las Euphorbiaceae, la especie propuesta a nivel nacional para ser utilizada como biocombustible para biodiésel, tuvo menor número de cetano (53.8), mientras que *jojoba* (*Simmondsia chinensis* Link & Schneider) tuvo un mayor valor (63.3).

Para las muestras analizadas y provenientes de 8 familias de especies vegetales de las regiones áridas y semiáridas del estado, el número de cetano promedio fue de 52.6 ± 5.3 y su rango de variación entre 45.4 y 63.8 (Figura 4).

Para estas especies, el gran porcentaje en el contenido de ácido linolénico determinó un menor número de cetano, mientras que el mayor porcentaje de ácido esteárico fue determinante para un mayor número de cetano.

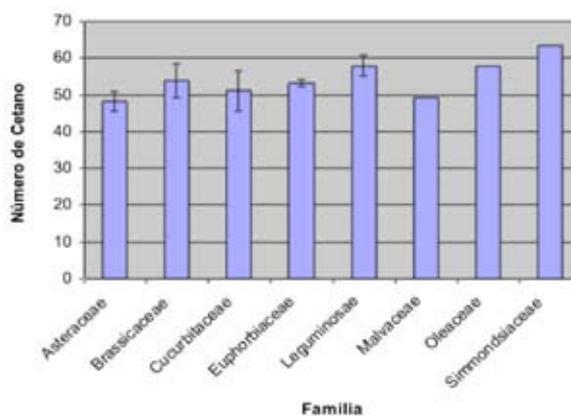


Figura 4. Número de Cetano por Familia.

Por ejemplo en *Hirschfeldia incana* y *Ricinus communis* que tienen 28.2 y 9.01% respectivamente de ácido linolénico, teniendo un valor menor de número de cetano (Tabla 1). *Momordica charantia* y *Simmondsia chinensis* tienen 21.7 y 13% de ácido esteárico respectivamente presentándose un número elevado de cetano, en tanto que *Lagenaria siceraria* tiene 5.1% de ácido esteárico presentándose menor número de cetano.

En las Brassicaceae se presentó el mayor valor de ácidos grasos insaturados/saturados. La relación de ácidos grasos insaturados/saturados en las diferentes familias de plantas vasculares se puede ver en la Figura 5.

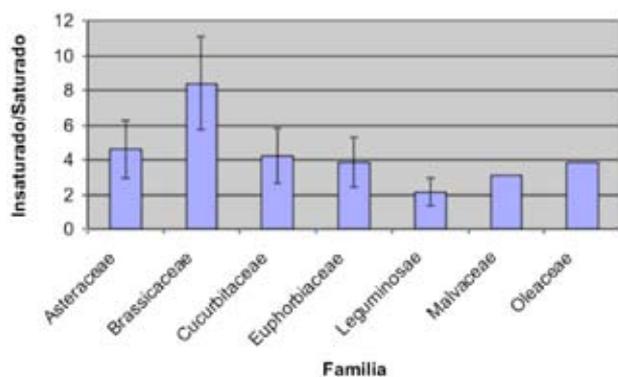


Figura 5. Insaturado/Saturado por Familia.

El calor de combustión fue mayor en *Simmondsia chinensis* con 7025.6 ± 50.5 cal/g (Figura 6). Le sigue una Cucurbitaceae, *Cucurbita argyrosperma* con 6247.1 ± 34.1 cal/g. A lo último se tiene una leguminosa, *Cassia covesii* con 4257.2 ± 59.7 cal/g (Figura 6).

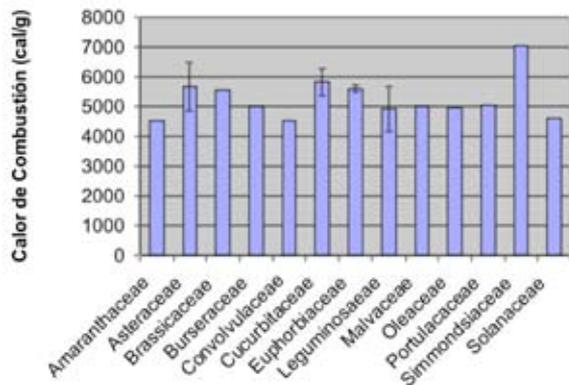


Figura 6. Calor de Combustión por Familia.

DISCUSIÓN

El número de cetano obtenido fue de 45 a 64, el cual fue superior al recomendado por la ASTM y a los estándares europeos. La ASTM recomienda el número de cetano mínimo de 47; mientras que, los estándares europeos recomiendan el número de cetano mínimo de 51 (14).

La familia de la jojoba (*Simmondsiaceae*) presentó el mayor número de cetano, debido a que *Simmondsia chinensis* presenta 13% de ácido esteárico que incrementa el número de cetano. Además, la jojoba presenta el mayor calor de combustión. Por el contrario, la familia Brassicaceae tuvo una mayor relación de ácidos grasos Insaturados/Saturados y cantidad de ácido linolénico que las Cucurbitaceae y Euphorbiaceae. El ácido linolénico disminuyó el número de cetano (9).

Una de las características importantes al seleccionar un aceite vegetal para biocombustible, es su calor de combustión (15). El calor de combustión elevado en las semillas indica que son potencialmente buenas fuentes

para producir biodiésel. Reichman (1976) encontró un promedio en el calor de combustión de $4,579 \text{ cal g}^{-1}$ en semillas del Desierto Sonorense (16), en tanto en este estudio se presentó el promedio de $5,339.7 \text{ cal g}^{-1}$.

CONCLUSIONES

El contenido de ácidos grasos en semillas de especies de zonas áridas, así como su estructura y composición, determinan el alto potencial de éstas como biocombustible para biodiésel. La calidad de ignición, definida por el número de cetano en las especies estudiadas, fue superior al recomendado por los estándares de Estados Unidos y Europeos, lo que confirma la importancia de su potencial para biodiésel. Por otro lado, el alto calor de combustión de las semillas de estas mismas especies, parece confirmar su alto potencial como buenas fuentes para producir biodiésel.

BIBLIOGRAFÍA

- Gustavsson, L. and A., Karlsson (2006). CO₂ Mitigation: On Methods and Parameters for Comparison of Fossil-Fuel and Biofuel Systems. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 11:935-959.
- ASPO (2006). Newsletter No. 71. November.
- Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (2008). Diario Oficial de la Federación.
- Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico (2009). SAGARPA.
- McNair, J.B. (1945). Plant Fats in Relation to Environment and Evolution. Botanical Review. 11(1): 1-59.
- Ayerza, R. (2009). The seed's protein and oil content, fatty acid composition, and growing cycle length of a single genotype of Chia (*Salvia hispanica* L.) as affected by environmental factors. Journal of Oleo Science. 58(7):347-354.
- Cheesbrough, T.M. (1989). Changes in the Enzymes for Fatty Acid Synthesis and Desaturation during Acclimation of Developing Soybean Seeds to Altered Growth Temperature. Plant Physiology. 90:760-764.
- Knothe, G., A.C. Matheaus and T.W. Ryan III (2003). Cetane numbers of branched and straight-chain fatty esters determined in an ignition quality tester. Fuel. 82(8):971-975.
- Bamgboye, A.I. and A.C., Hansen (2008). Prediction of cetane number of biodiesel fuel from the fatty acid methyl ester (FAME) composition. Int. Agrophysics. 22:21-29.
- Bose, P.K. (2009). Empirical approach for predicting the cetane number of biodiesel. International Journal of Automotive Technology. 10(4):421-429.
- Van Gerpen, J., B. Shanks, R. Pruszko, D. Clements, G. Knothe (2004). Biodiesel Production Technology. National Renewable Energy Laboratory. pp.25.
- AOCS (2009). American Oil Chemists' Society. Official methods and recommended practices of American Oil Chemists' Society, 6th edn. AOCS Press. Champaign, IL.
- SPSS Statistics 17.0. (2008). International Business Machines (IBM). Armonk, New York, U.S.A.
- Knothe, G. (2006). Analyzing biodiesel: Standards and other methods. JAOCS. 83(19):823-833.
- Freedman, B. and M.O. Bagby (1989). Heats of Combustion of Fatty Esters and Triglycerides. JAOCS. 66(11): 1601-1605.
- Reichman, O.J. (1976). Relationships between dimensions, weights, volumes, and calories of some sonoran desert seeds. The Southwestern Naturalist. 20(4):573-58.



CIENCIA, INFORMÁTICA Y MEDICINA: INTERVENCIONES PARA LA SALUD MENTAL

SALVADOR PONCE SERRANO

En medicina, el incremento exponencial del número de publicaciones científicas dificulta el manejo de la información para atender adecuadamente los problemas de los enfermos. El objetivo de este trabajo es mostrar que los procedimientos de la Medicina Basada en Evidencias ayudan a resolver esa situación. Se muestra que un uso de estos procedimientos, las "revisiones sistemáticas", obtenidas de internet a partir de un avance de la metodología científica, "los ensayos clínicos", nos permiten identificar las evidencias que respaldan la utilidad de un medicamento, una técnica o una rutina para mejorar la salud o resolver una enfermedad. Se ejemplifica lo anterior con aportaciones sobre la psicoeducación, que es un medio terapéutico usado en salud mental.

DR. SALVADOR PONCE SERRANO
Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud
Correo: salponse@gmail.com
Universidad de Sonora

INTRODUCCIÓN

La información y el conocimiento científico son una necesidad en la sociedad actual, por lo que el mayor número de científicos que ha conocido la humanidad laboran todos los días para producirlos. Cientos de revistas publican gran cantidad de artículos al año; las bases de datos de publicaciones médicas y científicas registran miles de estudios.

Paradójicamente, esto se ha vuelto un problema para el personal de salud (médicos, enfermeras y muchos más), que tiene escaso tiempo para dedicar al estudio y no pueden seleccionar, depurar y manejar tanta información.

Ahora bien, el desarrollo de la tecnología ha permitido la creación de bases de datos electrónicas y la Internet, que por ser libre y de fácil acceso, fortalece la calidad y cantidad de la información. En este contexto la Medicina Basada en Evidencias (MBE) es una herramienta para acercarnos de una manera más fácil y sistemática (1), a la información y a los resultados de la investigación científica divulgada para la mejor práctica clínica.

Este artículo tiene como objetivo describir los procedimientos para enfrentar el problema que representa la gran cantidad de publicaciones científicas con metodologías y diseños variados; para obtener la mejor evidencia científica y su aplicación en las ciencias de la salud.

ANTECEDENTES

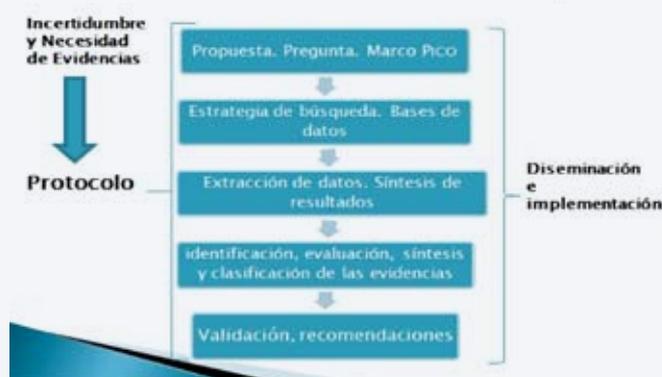
La MBE es un conjunto de procedimientos para la resolución de los problemas del uso de la inmensa cantidad de información científica existente para la práctica médica; para la actualización del personal, para disipar la incertidumbre clínico diagnóstica o terapéutica, para estimar el pronóstico de las enfermedades, la validez y eficacia de las intervenciones clínicas, etc. La MBE, a partir de la literatura científica y su manejo informático también, nos permite encontrar las opciones para resolver dudas sobre control y rutinas de salud pública, para utilizarlos en la planeación y aplicación de intervenciones poblacionales (2).

El término de "Evidence based medicine" fue acuñado en Canadá para describir la estrategia de aprendizaje de la Mc Master Medical School. Se dió a conocer en el año 1991 a través de un editorial en la revista ACP (American College of Physicians) y en un artículo del JAMA, en el año 1992, por el grupo de trabajo de MBE (internistas y epidemiólogos) encabezado por David Sackett y Gordon Guyatt, de la citada universidad. (3).

La MBE es el uso consciente, explícito y juicioso de las mejores pruebas disponibles en la toma de decisiones sobre la atención integral del paciente. Propugna que el soporte para toda decisión, sobre la atención de los pacientes, se sustente en la evidencia derivada de estudios científicos, relevantes y metodológicamente impecables. Enfatiza que el foco de atención es el paciente, no sólo su enfermedad y que desde la realización del diagnóstico hasta la elección

de la mejor opción terapéutica se precisa identificar y considerar sus derechos, sus principios y preferencias; y entonces sí, tomar la mejor decisión. (Imagen 1)

Revisión Sistemática: Metodología



LOS ENSAYOS CLÍNICOS ALEATORIZADOS

Al Ensayo Clínico Aleatorizado (ECA) se le considera el diseño científico ideal para evidenciar los efectos de una intervención. En 1952 apareció, en el British Medical Journal, el primer ensayo clínico randomizado, esta metodología tuvo un amplio desarrollo y una implantación muy sólida a partir de los años ochenta. Actualmente se realizan innumerables ensayos al año, en ellos se evalúa la calidad de las evidencias científicas sobre medicamentos, equipos e intervenciones. Hay otros estudios que aportan pruebas positivas y negativas sobre las condiciones y situaciones de las enfermedades; tales como los estudios epidemiológicos, descriptivos, analíticos, de cohortes, comunitarios que hacen avanzar el conocimiento con gran rapidez. Recurriendo a todos ellos, mediante revisiones sistemáticas, es posible identificar la mejor evidencia científica, para los problemas de salud. (4)

LA REVISIÓN SISTEMÁTICA (RS)

La RS es una técnica de la MBE en donde la evidencia sobre un tema ha sido sistemáticamente identificada, criticada y resumida de acuerdo a criterios predeterminados. Las RS reúnen los estudios sobre una(s) pregunta(s) de tratamiento, diagnóstico, pronóstico o etiología. Para su elaboración se siguen protocolos en los que se especifican las preguntas de investigación y los métodos para acopio, análisis y recomendaciones.

Una de las utilidades de las RS es la identificación de lagunas del conocimiento actual y recomendar futuras líneas de acción e investigación. Para este fin, usan como materia prima a los ensayos clínicos, pero se complementan con otros estudios que usan diferentes diseños.

Para elaborar una RS se siguen, en general, los siguientes pasos:

1. Caracterizar la necesidad de la revisión. Desarrollo de un protocolo, propuesta y definición de la pregunta.

Se recomienda en esta etapa usar el marco PICO (Paciente, Intervención, Comparación y Outcome (resultados)).

2. La Identificación de los estudios. Mediante búsqueda bibliográfica, consultas en bases de datos electrónicas (usando palabras clave) se recuperaran resúmenes y se seleccionan los estudios, de preferencia ECAs.
3. Extracción de datos, evaluación de estudios, síntesis de resultados. En esta etapa se utilizan metodologías y software de agencias expertas como GRADE, (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation) y otras para resumir las pruebas de manera transparente y su grado de calidad (5).
4. Validación de la evidencia y elaboración de recomendaciones
5. Diseminación e implementación sobre prescripción de medicamentos, dietas, procedimientos para los enfermos, sus cuidadores, familiares, elaborar guías y programas. Imagen 2



INTERVENCIONES SOBRE PSICOEDUCACIÓN

El Instituto Nacional de Salud y Excelencia Clínica del Reino Unido (NICE 2006) define la psicoeducación como “un grupo de programas estructurados e individualizados que se ocupa de una enfermedad desde una perspectiva multi-dimensional, incluyendo las perspectivas familiar, social, biológica y farmacológica, para así proporcionar a los usuarios de servicios y cuidadores la información, apoyo y estrategias de gestión necesarios”. (6)

Las intervenciones psicoeducativas para los pacientes y la familia surgen como una medida complementaria al tratamiento psicofarmacológico de enfermedades psiquiátricas-crónicas, como el trastorno bipolar, la esquizofrenia, la depresión y otras. Con el transcurrir del tiempo, estas intervenciones se identifican cada vez más como determinantes para la evolución de los enfermos. Son un variado conjunto de técnicas educativas estructuradas que tienen como objetivos:

- Incrementar los conocimientos del paciente y de sus familiares acerca de una enfermedad y su tratamiento.

- Favorecer la adherencia terapéutica, evitando el abandono de los tratamientos.
- Evaluar los factores desencadenantes de las descompensaciones.
- Regularizar los hábitos de vida y el manejo del estrés.

Los programas de psicoeducación más efectivos son aquellos en las que los afectados, sus familias y comunidades participan en el diseño, utilizan metodologías interactivas de enseñanza, que se imparten sistemáticamente, que desarrollan habilidades (sociales, cognoscitivas, control de emociones) y su contenido informativo se basa en tareas personales, sociales y de salud.

MATERIAL Y MÉTODOS

A continuación se muestran RS que responden a preguntas que investigadores y agencias internacionales hacen sobre el papel y utilidad de la psicoeducación en la atención de problemas de salud mental. Ejemplificaremos la metodología utilizada para su elaboración y se comentaran sus resultados en la atención de enfermedades mentales graves como la esquizofrenia, depresión, trastorno bipolar y consumo riesgoso de alcohol.

RESULTADOS: INTERVENCIONES PARA LA ATENCIÓN DE TRASTORNOS MENTALES

Así pues se presenta un ejemplo de una RS sobre una pregunta general ¿Que intervenciones son más efectivas para la prevención y atención de los problemas de salud mental en países de bajos y medianos ingresos?

Para contestar esta pregunta, Patel V. y colaboradores realizaron una RS con artículos publicados de 1974 a 2008 (7). Encontraron 11501 estudios; de ellos analizaron 1521 sobre tratamiento y/o prevención de esquizofrenia, depresión, trastornos del desarrollo y trastornos por consumo de alcohol. Una décima parte eran de países de bajos y medianos ingresos sobre todo de China (958/1521) y menos de 1% eran de países de muy bajos ingresos. Alrededor del 75% de los artículos fueron sobre esquizofrenia y una cuarta parte de ellos investigaron sobre depresión. 11 ensayos eran de dependencia y consumo nocivo de alcohol; 12 ensayos sobre discapacidades.

Se identificaron varias evidencias, tales como:

- La primera generación de fármacos antipsicóticos son eficaces y rentables para el tratamiento de la esquizofrenia; sus beneficios mejoran por los tratamientos psicosociales y de base comunitaria.
- La depresión puede tratarse con eficacia con antidepresivos de bajo costo y con intervenciones psicológicas (como la terapia cognitivo-conductual y terapia interpersonal). Las Intervenciones para la depresión, entregadas en la atención primaria, son tan rentables como los medicamentos antirretrovirales para el VIH / SIDA.



- Las políticas para reducir el consumo de alcohol (Ej. aumento de impuestos) pueden reducir la carga poblacional del abuso de alcohol.
- Aún cuando la evidencia de la eficacia de las intervenciones sociales sobre discapacidades del desarrollo, no es suficiente si se basa en la comunidad (los modelos de rehabilitación proporcionan a bajo costo, un marco integral para el cuidado del discapacitado mental).

Se recomienda que las autoridades actúen con la evidencia disponible e los sistemas de información para ampliar los tratamientos eficaces y rentables y las intervenciones preventivas de los trastornos mentales.

INTERVENCIONES PSICOEDUCATIVAS EN TRASTORNO BIPOLAR

Ejemplo de una RS, sobre una pregunta más específica: ¿Son efectivas, las intervenciones psicoeducativas en personas con trastorno bipolar (TB) y sus familias?.

Alviani R y colaboradores realizaron una RS en el 2007 (8); con ECAs, ensayos no aleatorizados, estudios comparativos, estudios observacionales, evaluaciones económicas y estudios cualitativos de bases de datos electrónicas (MEDLINE, EMBASE, COCHRANE, LILACS y otras) de 1950 a 2007. Encontraron 2685 referencias, revisaron 1315, seleccionaron 77 y resumieron 34 artículos.

Se identificó que la psicoeducación fue exitosa, significativamente, en los pacientes estudiados y recomiendan que sea imprescindible en la atención a trastornos bipolares.

INTERVENCIONES SOBRE LA EFICACIA DE LA PSICOEDUCACIÓN

La pregunta a contestar es la siguiente: En las personas con trastornos psicóticos (como la esquizofrenia) y los trastornos bipolares ¿Es viables y eficaz la psicoeducación, las intervenciones familiares y la terapia cognitivo-conductual?.

Para responderla grupos de expertos convocados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizaron y revisaron RS sobre psicoeducación para su "Programa de acción para superar las brechas en salud mental" (mhGAP) 2010 (9). En esas asociaciones había académicos,

científicos, clínicos, gerentes de salud y otros. Llevaron a cabo reuniones, revisión de artículos y sobre todo de RS como las de Jones C et al (10); NICE (11); de González-Pinto A et al (12); Pekkala ET, Merinder LB (2002); Kulhara P et al (2009), otras mas.). Con procedimientos rigurosos de calidad (uso de software y evaluación GRADE) se identificó la fuerza de la evidencia.

Fue un hallazgo importante, que la mayoría de las revisiones y estudios llevados a cabo sobre tratamiento de trastornos psicóticos (como la esquizofrenia) y los trastornos bipolares exploran intervenciones farmacológicas. Hay evidencia que el apoyo psicológico adyuvante es crucial para la calidad de vida, para los niveles de discapacidad y el funcionamiento; para la prevención de recaídas, en cuanto a los usuarios; y para la satisfacción de las familias con respecto a la atención y las posibilidades de recuperación.

En relación con la pregunta formulada la recomendación es:

- La psicoeducación debe ofrecerse de manera rutinaria a las personas con trastornos psicóticos (como la esquizofrenia) y los trastornos bipolares y sus familiares / cuidadores.

Se estableció que la fuerza de la recomendación es FUERTE.

- Se debe dar apoyo psicológico en los trastornos psicóticos y bipolares en los servicios y la práctica clínica.
- Para las personas con trastornos psicóticos (como la esquizofrenia) y el trastorno bipolar, la terapia cognitivo conductual y las intervenciones de la familia puede ser considerada como una opción adecuada si se dispone de profesionales capacitados. Los profesionales que entregan estas intervenciones deben tener un nivel adecuado de competencia.

Se generaron más recomendaciones que se pueden consultar en los programas que ya están publicados y que no se comentan aquí, por su amplitud.

DISCUSIÓN

En este trabajo se observa cómo campos muy diversos de la creación humana se entrecruzan para beneficio de los grupos humanos. Avances tecnológicos como el internet con desarrollos científicos como los ECAs, más los avances

médico informáticos como las RS, alumbran progresos para la medicina y la salud. Se han identificado técnicas y procedimientos de las ciencias sociales útiles para la modificación de comportamientos positivos que apoyen el tratamiento de las enfermedades crónicas degenerativas y para el caso específicamente de la psicoeducación, para la atención de las enfermedades psiquiátricas.

Su utilidad lo muestra el hecho que la OMS, para su "Programa de acción para superar las brechas en salud mental (mhGAP) recurrió a ellos para elaborar guías para su aplicación y que están disponibles. En ellas se identificó la necesidad de evaluar y hacer recomendaciones sobre la psicoeducación, considerando a los programas estructurados de terapia cognitivo conductual, las intervenciones familiares y las de educación grupal a familiares y cuidadores. Las conclusiones y recomendaciones son favorables a los pacientes y útiles para formular políticas aplicables en los servicios de atención a la salud mental.

PSICOEDUCACIÓN PARA LA CURACIÓN, LA PREVENCIÓN Y MAS AÚN

En la literatura científica se encuentra el término psicoeducación, referido a procedimientos de apoyo al tratamiento de padecimientos crónicos degenerativos no trasmisibles y a los trastornos mentales. Pero también este término se refiere a las técnicas de educación y promoción de la salud. Surge así la necesidad de definir cuándo la psicoeducación debe ser entendida como herramienta terapéutica y cuándo como técnicas de prevención y promoción de la salud. Es de interés que en ambos casos están surgiendo técnicas que pueden aplicarse indistintamente, tanto para la prevención como para el apoyo terapéutico de las enfermedades. Algunas de ellas son las técnicas de "las etapas de cambio", "la del aprendizaje social", "la organización comunitaria", "la propagación de innovaciones", la "psicología conductual de la comunidad", el modelo "preceder y proceder" (*precede/proceed*), que combinan diferentes procedimientos de promoción y educación pueden utilizarse para atender los trastornos mentales.

En México y en nuestro nivel local, la salud mental y la psiquiatría están en una situación de rezago que requiere su atención. Es un avance que desde el 2008 el Plan Único de Especialización en Psiquiatría, actualmente implantado contemple el entrenamiento de los nuevos especialistas de la psiquiatría en MBE, lo que amplía esta capacitación al restante personal de salud; nuevas generaciones ya capacitadas se podrán enfrentar los retos.

CONCLUSIONES

Los avances científicos en torno al tratamiento médico/psiquiátrico han demostrado la importancia del manejo psicosocial por la familia y los cuidadores de los pacientes. La familia, los cuidadores y el individuo deben participar en estos programas de rehabilitación en salud mental para

lograr la reintegración del individuo a la sociedad.

Se identifica que la psicoeducación aplicada programáticamente y evaluada con la mejor evidencia es componente indispensable en la atención de las enfermedades psiquiátricas; su aplicación a la prevención y atención de las enfermedades crónicas degenerativas y psiquiátricas tiene un campo promisorio a desarrollar.

Hemos ejemplificado que usando técnicas informáticas de la MBE, se puede encontrar sistemáticamente la mejor evidencia médico científico para su aplicación. Finalmente se considera que las interrelaciones de diversas disciplinas técnicas y científicas son provechosas para las diferentes especialidades que se enriquecen para mejorar las condiciones de salud de la población.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Medicina basada en Evidencias. <http://www.fisterra.com/mbe/index.asp>
- 2) Sánchez-Mendiola M. La medicina basada en evidencias en México. *An Med Asoc Med Hosp ABC* 2001; 46 (2): 97-103.
- 3) Sackett DL, Straus SE, Richardson WS, Rosenberg W, Haynes RB. *Evidence-Based Medicine. How to Practice and Teach EBM*. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone, 2000.
- 4) Secretaría de Salud: Memoria del Seminario Internacional de Medicina Basada en la Evidencia. México: CENIDS, Secretaría de Salud, 2000.
- 5) GRADE: <http://www.cc-ims.net/revman/grade/pro/download>
- 6) NICE (2009). Core interventions in the treatment and management of schizophrenia in primary and secondary care (update). NICE Clinical Guideline 82.
- 7) Patel V, Araya R, Chatterjee S, Chisholm D, Cohen A, De Silva M, Hosman C, McGuire H, Rojas G, Ommeren M. Treatment and prevention of mental disorders in low-income and middle-income countries. *The Lancet*, Volume 370, Issue 9591, Pages 991 - 1005, 15 September 2007. Published Online: 04 September 2007
- 8) Alviani RFM; Intxausti ZA; Perestelo PL; Pérez RJ; García PL; González LM; Rivero SA: Revisión sistemática de la efectividad y coste-efectividad de las intervenciones psicoeducativas en las personas con trastorno bipolar y en sus familias. En <http://www2.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/contenidoGenerico.jsp?idDocumento=cd6136f3-27bc-11e0-9151-6b8fe63b66>
- 9) World Health Organization: Psychoeducation, family interventions and cognitive-behavioural therapy. http://www.who.int/mental_health/mhgap/evidence/psychosis/q10/
- 10) Jones C et al (2004). Cognitive behavioural therapy for schizophrenia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (4): CD000524
- 11) Core interventions in the treatment and management of schizophrenia in primary and secondary care (update). NICE Clinical Guideline 82.
- 12) Gonzalez-Pinto A et al (2004). Psychoeducation and cognitive-behavioral therapy in bipolar disorder: an update. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 109:83-90.



NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (NTIC) Y LA AUTO-FORMACIÓN EDUCATIVA

GUILLERMO ARREAGA GARCÍA,
SILVIO ORESTE TOPA

En este trabajo se presentan algunas características del impacto de las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (NTIC) en la formación académica de la comunidad estudiantil de la Universidad de Sonora. En particular, vamos a ilustrar algunas de las habilidades y actitudes que se requieren desarrollar, tanto en profesores como en estudiantes, para tener acceso al informacionalismo y eventualmente aprovechar sus ventajas en el mundo. Exponemos también algunas de las herramientas que la WEB 2.0 ofrece para favorecer la auto-formación educativa. Adicionalmente, ilustramos el caso de la Universidad de Sonora, la cual tiene actualmente la materia de Introducción a la Nuevas tecnologías de la Información y la comunicación en el Eje de Formación de Tronco Común y cuyo propósito es introducir a los alumnos de nuevo ingreso al uso de las NTIC con propósitos educativos.

Dr. GUILLERMO ARREAGA-GARCÍA
Centro de Investigación en Física de la Universidad de Sonora.
Correo: Guillermo.arreaga@gmail.com
MTO. SILVIO ORESTE TOPA
Escuela de Educación Agraria
Provincia de Buenos Aires - Argentina



INTRODUCCIÓN.

Actualmente nos encontramos en un nuevo cambio tecnológico: la digitalización de la información para su almacenamiento y el uso del Internet como medio de transmisión-difusión. Esta revolución, que llamaremos *informacionalismo*, abre la posibilidad - acaso por primera vez en la historia - de hacer público y hasta gratuito, gran parte del conocimiento para aquellos que tengan una computadora y conexión a internet¹; tengan las habilidades computacionales necesarias. Además, el *informacionalismo* también representa la posibilidad de obtener una educación basada en un proceso de auto-aprendizaje.

Las PCs y el Internet constituyen la base material del informacionalismo, que es la innovación tecnológica a finales del siglo XX, que en nuestros días está transformando profundamente el que-hacer cotidiano de prácticamente todos los sectores de la sociedad contemporánea. Las NTIC son las herramientas tecnológicas más ilustres del informacionalismo; ya que evolucionan rápidamente en el tiempo como anticipó Gordon Moore² (ver Referencia 1) de tal forma que se genera una fuerte presión hacia la renovación continua de los equipos y de las habilidades necesarias para su uso.

Consideremos por ejemplo la evolución de la WEB, uno de los servicios más exitosos y emblemáticos de la Internet. Se inició alrededor de 1989, con algunas imágenes incrustadas y la aparición de hiperenlaces. En el 2004 se inicia el uso de la WEB 2.0, que permite más interacción con el usuario, con un diseño sencillo, centrado en la colaboración y los servicios como wikis, blogs, repositorios y redes sociales. Pero no es más que un cambio continuo y permanente, que hay quienes vislumbran la aparición de la WEB 3.0 (o la Web semántica) donde la *inteligencia artificial* que el usuario disponga de servicios inteligentes, como buscadores que “comprenden” lo que el usuario busca o que pueden directamente responder a sus preguntas. Más aún, hay quienes ya imaginan el paso de la visualización en dos dimensiones hacia la tecnología de espacios tridimensionales con los cuales el usuario podrá interactuar.

Tabla 1. Estadística de la penetración y crecimiento de Internet según regiones geográficas.

Fuente: <http://www.internetworldstats.com/>

ESTADÍSTICAS MUNDIALES DEL INTERNET Y DE LA POBLACIÓN						
REGIONES	Población (2010)	% Población Mundial	Usuarios (2010)	% Población (Penetración)	Crecimiento (2000-2010)	% Uso Mundial
América del Norte	344,124,450	5.0%	266,224,500	77.4%	146.3%	13.5%
Oceanía	34,700,201	0.5%	21,272,470	61.3%	179.1%	1.1%
Europa	813,319,511	11.9%	475,121,735	58.4%	352.1%	24.1%
América del Sur y Central	592,556,972	8.7%	205,097,470	34.6%	1,035.1%	10.4%
Medio Oriente	212,336,924	3.0%	63,240,946	29.8%	1,825.3%	3.2%
Asia	3,834,792,852	56.3%	828,930,856	21.6%	625.2%	42.1%
África	1,013,779,050	14.6%	110,948,420	10.9%	2,357.7%	5.5%
TOTAL MUNDIAL	6,845,609,960	100%	1,970,836,397	28.8%	4460%	100%

1 Si bien las computadoras personales -en sus versiones de escritorio o portátiles- son actualmente el principal punto de acceso a Internet, cada vez hay más dispositivos electrónicos que permiten la conexión: telefonía celular, tablets, consolas de juegos e incluso televisores.

2 Quien postuló la idea que ahora se conoce como ley de Moore, que establece que el número de transistores en los equipos electrónicos se duplican cada 18 meses.

No obstante, el grado de asimilación de las NTIC es diferente en los países según su región geográfica; también hay marcadas variaciones en los distintos extractos sociales de cada país. Ver Tabla 1.

Sin embargo, la *información* tiene poco valor por sí misma para un usuario que no tiene los conocimientos y las capacidades para usarla y transformarla acuerde con sus propósitos específicos. Así, la sociedad *informacionalista* del siglo XXI puede ser incluyente o excluyente con los individuos según con sus habilidades computacionales. Es aquí en donde el sector educativo puede jugar un papel muy importante como promotor de las nuevas tecnologías, de tal forma que pueda dotar a los ciudadanos de la competencia digital necesaria y suficiente, no sólo para manipular y comunicar *información*, sino también para formarlos académicamente en los nuevos valores culturales de la sociedad red de nuestra época actual.

NTIC Y LA FORMACIÓN EDUCATIVA.

La incorporación del *informacionalismo* en el ambiente escolar está haciendo posible el cambio del paradigma tradicional académico hacia un modelo de educación basado en el aprendizaje de un sujeto (estudiante inscrito formalmente o no) que tiene acceso a la *información*, sobre la cual, en el mejor de los casos, él mismo puede construir su propio conocimiento a la medida de sus necesidades y habilidades particulares. En este modelo el estudiante es el protagonista principal ya que puede aprender por sí mismo independientemente de su profesor.

Las dos premisas claves sobre las que basa esta idea de auto-aprendizaje, requieren algunos comentarios adicionales. En primer término podemos preguntarnos: ¿En qué medida un sujeto tiene realmente acceso a la información relevante para sus intereses de aprendizaje personales o institucionales? en el cuadro 1 mostramos una breve muestra de fuentes de información que una persona interesada en ciencias e ingeniería, podría usar libremente para proveerse de información técnico-científica y cubrir todos los niveles. Obviamente, existen otras opciones de excelente calidad que no se han incluido en esta breve guía. Nos hemos inclinado principalmente por incluir aquellos recursos de calidad profesional y gratuitos. Cada usuario debe construir su propia lista a la medida de sus necesidades particulares. Esperamos que esta muestra le sea ilustrativa y sobre todo de utilidad.

Con respecto a la segunda premisa, consideremos la siguiente cuestión ¿En qué medida un sujeto puede realmente construir su propio conocimiento en el *informacionalismo*?. En este nuevo paradigma educativo ya no sería tan importante que un sujeto fije su atención solo en ciertos *contenidos* y *temas* de un área en particular, con la idea de acumular *información* que posiblemente le será útil en el futuro (una práctica todavía muy común en la educación tradicional). Debido al impresionante aumento del volumen de información disponible y la velocidad (casi inmediata) de acceso por Internet, al sujeto

le es más conveniente desarrollar habilidades para buscar y encontrar información útil e indispensable en el momento que la requiere, con el propósito de completar un trabajo, por ejemplo: una tarea, un artículo, un experimento, etcétera. Esto implicaría que el sujeto adquiera habilidades analíticas, cognitivas, creativas y comunicativas que le permitan tanto la apropiación significativa de la oferta cultural, tecnológica e informacional circulante en la red como a su vez la realización de sus propios productos. Este paradigma de aprender-hacer cuando se requiere en vez de acumular información, es la base conceptual del enfoque pedagógico *basado en competencias*.

Cuadro 1. Recursos para la adquisición, colaboración y elaboración de información científica.

Adquisición de información científica		
Buscadores especializados	Google	Buscador especializado http://scholar.google.com
	Scirus	Buscador especializado http://www.scirus.com
	Sensei	Buscador especializado http://www.gisensei.com
Colaboración y elaboración de información científica		
Redes sociales científicas	Nature Network	Red Social Científica http://network.nature.com
	ResearchGate	Red Social Científica http://www.researchgate.net
	Mendeley	Red Social Científica http://www.mendeley.com
Repositorios de imágenes con Licencias Libres / Dominio Público	EveryStockPhoto	Metabusador de Imágenes Libres http://www.everystockphoto.com
	FreeVectors.net	Repositorio Libre Imágenes Vectoriales http://www.freevectors.net
	Wikimedia Commons	Listado de Wikistes de Imágenes Libres http://commons.wikimedia.org/wiki/List_of_public_domain_image_sources
Servicios gratuitos Cloud Computing	Google	E-mail, groups, blog, agenda, etc. http://www.google.com/it/it/options/
	ZyMIC	Hosting sin publicidad (J, PHP, MySQL) http://www.zymic.com
	ADrive	Disco Duro Virtual 50GB gratis https://www.adrive.com/login/signup

Ahora bien, las habilidades básicas que un usuario debe dominar para aprovecharse del *informacionalismo* son: establecer comunicaciones inmediatas (sincrónicas y asincrónicas) con otros usuarios de la red; procesar datos de manera rápida y confiable; de editar y dar formato a documentos de texto; de crear bases de datos; modificar imágenes, usar hojas de cálculo y editores de gráficos; de manipular sonidos, videos y presentaciones multimedia y poder hacer páginas web; etcétera.

Cuadro 2. Recursos para difusión de información científica.

Difusión de la información científica generada		
Publicación	DOAJ	Directorio de Revistas Open Access http://www.doaj.org
	Open Access	Editorial de Revistas Open Access http://www.tandf.co.uk
	Jove	Publicación de videos de experimentos http://www.jove.com
Repositorios científicos	CiteSeer	Repositorio científico http://citeseer.ist.psu.edu
	arXiv.org	Repositorio científico http://arxiv.org
	Preprints.org	Repositorio científico http://preprints.org
Blogs científicos	Scienceblogs	Red de Blogs Científicos http://scienceblogs.com
	Scienceblogs	Red de Blogs Científicos http://sciblogs.co.nz
	Scienceblogs	Directorio de Blogs Científicos http://scienceblogging.org
Seguimiento y monitorización de información científica		
Seguimiento y monitorización	Netlibres	El directorio virtual conector de RSS http://www.netlibres.com
	ScienceDirect	Alertas al e-mail sobre blogs científicos http://www.sciencedirect.com
	Citebase	Índice de citas de papers científicos http://www.citebase.org

En la medida en que un sujeto logra adquirir y eventualmente perfeccionar estas habilidades, las NTIC se convierten en "herramienta de su mente", (ver Referencia 2), con las cuales el sujeto podría superar sus propias limitaciones de información y conocimientos, ya que puede apoyarse efectivamente en la tecnología para establecer comunicaciones inmediatas que le permitan aprender en colaboración de otros usuarios. Ver Cuadro 2.

Por la enorme importancia que tiene para un país la educación de sus ciudadanos, consideramos que el Estado-Nación debe (o al menos debería) garantizar el acceso de todos los ciudadanos a la información y al conocimiento como instrumentos centrales de la participación ciudadana en un proceso de desarrollo con crecimiento económico y justicia social. El sector educativo tendría que jugar un papel fundamental para dar a las personas de las habilidades indispensables para acceder efectivamente al paradigma del *informacionalismo*.

Actualmente, desde la administración pública o mediante proyectos del sector privado, varios países trabajan activamente hoy día para proveer acceso a las NTIC tanto a las clases sociales más desfavorecidas económicamente, como a Entidades Educativas y otros sectores claves. Desde el 2010, mediante la aplicación del Plan Ceibal, en Uruguay se convirtió en el primer país del mundo en lograr que cada alumno y maestro de la enseñanza primaria pública, adquiera un ordenador portátil con conexión a Internet (ver Referencia 3). El proyecto OLPC (One Laptop per Child), cuyo objetivo es producir una PC de bajo costo (de hasta 100 dólares de USA) con fines didácticos para los niños, ha sido acogido por países de todo el mundo. Según el website oficial del proyecto, sólo en América se han entregado 53,700 unidades en México; 60,000 en Argentina; 510,000 en Uruguay; 4,000 en Paraguay; 870,000 en Perú; 2,600 en Brasil; 8,080 en Colombia; 5,000 en Nicaragua; 3,000 en Guatemala; 13,700 en Haití y 95,100 en Estados Unidos; mientras que a nivel mundial la cantidad de laptops entregadas es actualmente de 2,100,000.

El gobierno argentino aplica, en estos momentos el proyecto Conectar Igualdad (ver Referencia 4), con el propósito de proveer a cada alumno y profesor de educación secundaria pública de una PC para uso educativo. Mediante este proyecto se han entregado 358,000 netbooks, pero para lograr esta meta, para el 2012 se deberán entregar alrededor de 13 millones de netbooks. Las ONG (Organizaciones No Gubernamentales) también tienen iniciativas con el objetivo de reducir la brecha digital entre países del primer y tercer mundo. Por ejemplo, Google y Astra participan en el proyecto O3B

Networks, que ofrecerá Internet satelital a bajo costo a los países menos desarrollados. Para el caso de México, consultar la información de la Agenda Digital en el portal <http://www.e-mexico.gob.mx>.

NTIC Y SUS VALORES FORMATIVOS: EL CASO DEL SOFTWARE LIBRE (SL)

Adicionalmente, un sujeto que usa constantemente Internet como fuente de información puede también adquirir algunos de los valores culturales de la *sociedad red*. Por ejemplo: consideremos el caso del *software libre*. Con excepción de programas informáticos sumamente específicos, hoy día es común que para una actividad exista una amplia variedad de opciones de software disponibles que pueden realizarla. Para escoger el software más conveniente, un usuario debe tomar en cuenta varios factores como calidad y precio.

Básicamente, podemos distinguir dos tipos de licencias: privadas (también llamadas propietarias) o libres. Las licencias propietarias implican fuertes restricciones de uso, por ejemplo, que sea instalado en una sola computadora, que no se modifique ni se investigue su funcionamiento, que sea destinado solo a uso personal y que no está permitido su préstamo, venta o distribución. En el caso de las licencias libres, los autores otorgan cuatro libertades fundamentales: libertad de usar el programa, con cualquier propósito; libertad de estudiar cómo funciona el programa y modificarlo, adaptándolo a las necesidades particulares; libertad de distribuir copias del programa sin restricciones, y finalmente, libertad de mejorar el programa y hacer públicas esas mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie.

Así, la producción de software propietario es un negocio con el objetivo de obtener ganancias económicas, mientras que la producción de software libre es un *movimiento social*, cuyas raíces fueron sembradas en las ideas del programador de computadoras Richard Stallman, quien en la década de los 80s creó la organización *Free Software Foundation*. Una premisa fundamental de este movimiento es que la información debe ser libre. Los valores que este movimiento promueve son la igualdad de oportunidades, la colaboración entre pares, la solidaridad, el compromiso, el altruismo social.

Entonces, ya no sólo se trata de considerar al trabajo como un deber y al dinero como un bien supremo. Las personas que se involucran y contribuyen en el movimiento del software libre, generalmente son entusiastas de



la programación y les gustan los retos intelectuales; pero sobre todo, están convencidos de la importancia social de compartir con otros usuarios su información e incluso sus resultados de trabajo. Estas características determinan la forma de ser (la ética) del usuario intensivo del informacionalismo no comercial existente hoy día. (Ver Referencias 5 y 6).

Cuadro 3. Recursos de Software Libre desarrollados y/o utilizados por la comunidad educativa y científica.

Software Libre para la Comunidad Académica			
Sistemas Operativos Especializados	Scientific Linux	GNU Linux desarrollada CERN, Fermilab, otros.	http://www.scientificlinux.org
	Proyecto de Linux	GNU Linux de Universidades Latinoamericanas	http://ula.unex.es
	Posedon Linux	GNU Linux para uso científico	http://www.es.posedonlinux.org
Repositorios de Software Libre	Free Software Directory	Directorio de la Free Software Foundation	http://directory.fsf.org
	SourceForge	Repositorio de SL	http://sourceforge.net
	Ohloh	Directorio de Software Libre	http://www.ohloh.net/p
Herramientas para desarrollo de SL (Programación)	Qt	Qt Development Frameworks	http://qt.nokia.com
	Eclipse IDE	Eclipse IDE modular creado por IBM	http://www.eclipse.org
	GTK+	The GTK+ Toolkit	http://www.gtk.org
Websites de Referencia sobre SL	Free Software Foundation	Free Software Foundation	http://www.fsf.org
	Open Source Initiative	Open Source Initiative	http://www.opensource.org
	Alternativas libres a Software Privativo	Alternativas libres a Software Privativo	http://www.osalt.com

Finalmente, con el objeto de mostrar que el paradigma actual del Software Libre no es una simple moda intelectual sino que podría llegar a ser un modelo de enseñanza-aprendizaje sustentable en el tiempo, citamos brevemente algunos hechos relevantes. La organización *Top500 Supercomputers Sites*, que desde 1993 se encarga de publicar semestralmente las estadísticas sobre las 500 computadoras más potentes del planeta, indica en su último informe de noviembre de 2010, que el 91,80% (459) las PCs usan GNU Linux, un Sistema Operativo distribuido mundialmente con licencia Libre. Hoy en día, muchos gobiernos, organizaciones y empresas usan intensamente el software libre debido a su gran calidad. (Ver referencias 7,8 y 9), (Ver Cuadro 3).

EL CASO DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

Existen varias materias de carácter básico que todos los alumnos de la UNISON deben cursar en el primer semestre. Para conciliar el hecho de que los programas de licenciatura que se ofrecen a los estudiantes están alojados en diferentes departamentos, la UNISON creó el Espacio Educativo de Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación y también el concepto de Eje de Formación Común, para atender a todos por igual sin importar cuál sea la carrera de Licenciatura que hayan escogido.

Una de las materias de Eje de Formación Común está dedicada a introducir a los estudiantes al uso de las NTIC con propósitos de formación académica. La idea principal

de la materia de *Intro-NTIC* es desarrollar en los estudiantes la fluidez computacional, de tal forma que ellos puedan aprovechar los nuevos canales de comunicación del conocimiento en la era del *informacionalismo*, explicado en la sección anterior³. El profesor de esta asignatura debe promover en el estudiante el desarrollar por sí mismo las competencias básicas, mencionadas anteriormente. El estudiante debe, en primer término educarse en la búsqueda de información con una visión crítica, basada en la reflexión y la argumentación, con el propósito de aprender por sí mismo, de manera independiente del profesor. En segundo término, debe inculcarse a participar en forma activa y responsable en la vida pública *virtual* con actitud abierta respetuosa al diálogo de la diversidad cultural.

Ahora bien, para que los estudiantes desarrollen la habilidad de pensamiento crítico, la materia de *Intro-NTIC* ha sido diseñada como curso semi-abierto y basado en *proyectos*, con los cuales se pretende implementar la filosofía del aprendizaje basado en el *desarrollo de competencias*. Estas características pedagógicas del curso, les permiten adoptar un ritmo de trabajo personal, en el cual le pueden dedicar tanto tiempo como a la búsqueda de información, la reflexión, el cuestionamiento de la información, la experimentación de soluciones alternativas en la resolución de problemas, etcétera. También se pueden apoyar en el profesor; más como un facilitador de las actividades que se les piden desarrollar en cada proyecto que como una fuente de contenidos temáticos en el sentido tradicional.



Figura 1. Estudiantes que se apoyan en las NTIC para aprender.

Bajo este paradigma educativo el estudiante aprende de una manera más personal, lo cual le permite desarrollar la habilidad del *aprendizaje-permanente* de la cual la

³ Ver el apartado dedicado a la materia de Intro- NTIC en la página http://www.uson.mx/la_unison/reglamentacion/eje_formacion_comun.htm#c3.



cual dependerá su buen desempeño durante su vida laboral. En esta clase de cursos, se pretende abandonar definitivamente la enseñanza mecánica y basada en la memorización de contenidos. El estudiante se prepara para el uso de los servicios y aplicaciones del Internet 2.0 para aprender y colaborar en las áreas de su interés.

En el mejor de los casos, el estudiante podría desarrollar sus propias herramientas computacionales para generar y difundir su conocimiento en el marco del movimiento del Software Libre. Ahora podemos apreciar la importancia de la adopción de Software Libre por parte de las instituciones educativas.



Figura.2. Richard Stallman en su visita a la Cámara de Senadores de México.

Es posible que se trate de un nuevo paradigma en el cual se garantiza la libertad, que tiende a la creación de estándares libres que permitan el intercambio de información sin restricciones. Pero si el uso de Software Libre representa beneficios para la comunidad académica, son entonces las mismas instituciones educativas las que deben tener la responsabilidad de involucrar a los alumnos a través de la promoción y participación activa del movimiento de Software Libre.

CONCLUSIONES

Está bien documentado (ver referencia 10) que en el ambiente universitario el internet se usa básicamente como (i) un medio de entretenimiento y (ii) una fuente de información para la elaboración de tareas escolares. Se ha argumentado que la gran mayoría de los profesores universitarios no han incorporado las NTIC en sus asignaturas, razón por la cual los estudiantes no

experimentan con las NTIC más allá de los dos puntos aquí señalados, a pesar de que ellos ciertamente reconocen sentir motivación para usar más herramientas de la web 2.0, con el propósito de mejorar su preparación.

Además, la capacidad crítica para buscar la información, evaluarla y cuestionarla es uno de los problemas educativos que inevitablemente generan las NTIC, ya que devuelven enormes cantidades de información ante cualquier proceso de búsqueda. Es en este punto donde los docentes deben (i) acompañar al estudiante en un proceso de auto-aprendizaje que le permita constituirse a sí mismo en promotor de la sociedad de la información y del conocimiento; (ii) mostrar a los alumnos las oportunidades que este paradigma *informacionista* les ofrece, no solo durante su formación académica sino como egresados.

Estamos convencidos de que, en la medida en que nuestros estudiantes estén mejor capacitados en el uso y aprovechamiento del Internet actual, tendrán más y mejores opciones laborales cualquiera que sea su área de estudios.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) "Understanding Moore's law: four decades of innovation" David C. Brock, Chemical Heritage Foundation, Philadelphia, 2006.
- 2) "El uso del software libre y de internet como herramienta de apoyo para el aprendizaje", Sara Loreli Diaz y Carlos Lizarraga C, Revista Iberoamericana de Educación a distancia, Vol. 1, Num.1, 2007.
- 3) Sitio oficial del Plan Ceibal (Uruguay) <http://www.ceibal.edu.uy/>.
- 4) Sitio oficial del Proyecto Conectar Igualdad (Argentina) <http://www.conectarigualdad.gob.ar/>.
- 5) "Software Libre para una Sociedad Libre" (Título original: Free Software, Free Society: Selected Essays of Richard M. Stallman (GNU Press, 2002)) Richard M. Stallman, Traficantes de Sueños, Madrid, 2004. (<http://www.ie.unan.edu.ni/~lenin/libros/softlibre.pdf>)
- 6) Free Software Foundation (<http://www.fsf.org/>)
- 7) "Brasil ahorró 167,8 millones dólares por software libre" Agencia EFE, El Espectador, Edición On-line, 2009 (<http://www.elespectador.com/tecnologia/articulo134747-brasil-ahorro-1678-millones-dolares-software-libre>)
- 8) "Software Libre en la Administración Pública Brasileña" Marcelo D'Elia Branco, para la Universitat Oberta de Catalunya – UOC (www.iade.org.ar/modules/descargas/visit.php?cid=7&lid=134)
- 9) Top500 Supercomputers Sites (<http://www.top500.org/stats/list/36/osfam>).
- 10) "La Universidad en la sociedad red: usos de internet en la educación superior", por Josep Duart, Marc Gil, Maria Pujol y Jonathan Castaño. Edi. UOC, Ariel, 1ra edi.2008.

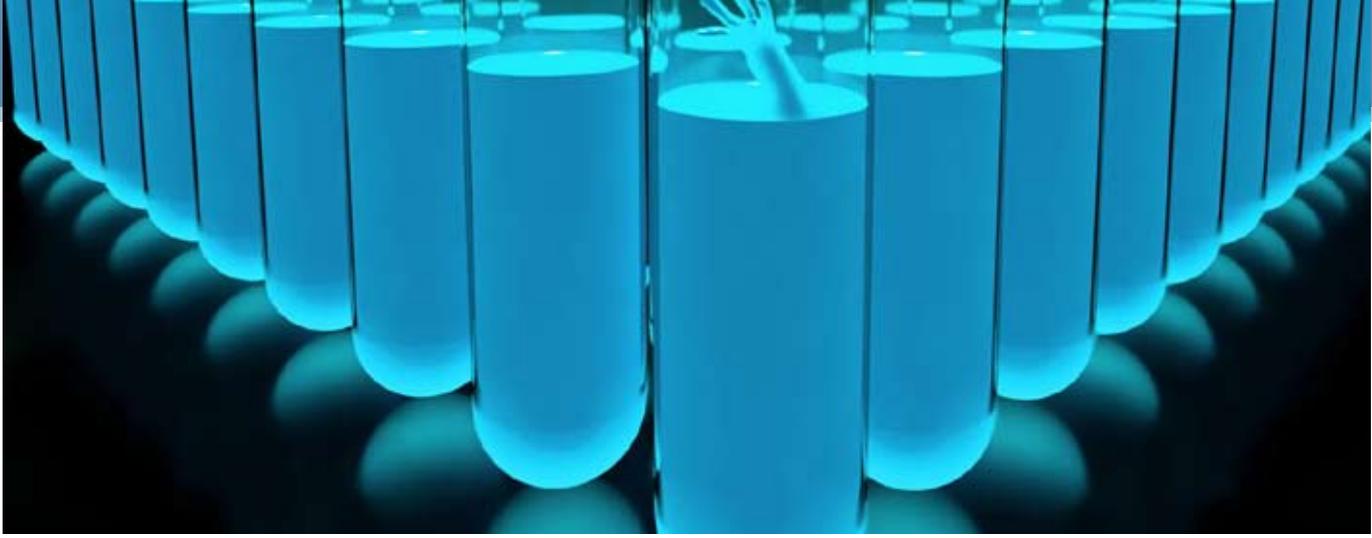


BIOÉTICA EN LA INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA: UNA PROPUESTA DESDE LOS DERECHOS HUMANOS

MANUEL ALBERTO SANTILLANA MACEDO, EUNICE GAXIOLA VILLA,
DANIEL BERNAL MÉNDEZ, ANA LOURDES MATA PINEDA

El objetivo de este trabajo es proponer a la comunidad científica y académica, las bases históricas normativas y éticas para el desempeño de investigación universitaria con seres humanos. Se presentan documentos básicos que todo académico debe conocer al realizar investigación. Además, se propone una Carta de Derechos de los sujetos cuando éstos participan en investigaciones. También se expone una propuesta de Carta de Consentimiento donde se informa que debe cubrir una amplia protección tanto al sujeto como al investigador o a las universidades. El esquema teórico que cubre todas estas propuestas es la Bioética en el marco de los derechos humanos.

DR. MANUEL ALBERTO SANTILLANA MACEDO
Docente, Maestría en Ciencias de la Salud
Correo: msantillanam@hotmail.com
LIC. EUNICE GAXIOLA VILLA,
Estudiante de la Maestría en Ciencias de la Salud
Correo: ladyunic@gmail.com
MED. DANIEL BERNAL MÉNDEZ
Estudiante de la Maestría en Ciencias de la Salud
Correo: drbernal_mendezhotmail.com
M. C. ANA LOURDES MATA PINEDA
Estudiante del Programa Doctorado en Biociencias
Correo: entropia@rocketmail.com
Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud.
Universidad de Sonora



LA BIOÉTICA EN LA UNIVERSIDAD

Las funciones de las universidades públicas en México son la docencia, la investigación y la divulgación científico-artística. Tanto en la docencia como en la investigación constantemente se hace uso de encuestas, entrevistas, o de toma de material biológico para diversos estudios: desde tesis de grado hasta proyectos de colaboración internacional. Es pertinente que investigadores y docentes tengan una sólida formación en Bioética en la investigación con seres humanos. Sin embargo, dentro de la currícula universitaria sólo algunas carreras cuentan con esta materia, además no en todos los postgrados se incluye aún cuando entre sus objetivos está la formación de investigadores o en el ejercicio laboral, no todos los docentes e investigadores cuentan con una capacitación formal en Bioética.

Si bien la Bioética cuenta con diversos acercamientos, nuestra aproximación es desde la perspectiva de los derechos humanos. El respeto a los derechos del hombre se remonta al siglo de la Ilustración (1) donde se reconoce el principio elemental de que los seres humanos gozamos de libertad e igualdad, pero a la vez de derechos y obligaciones. Estos derechos se vieron ampliados en la *Declaración Universal de los Derechos Humanos* adoptada y proclamada por la ONU en 1948.

El estudio de la ética médica surge a partir del Código de Nüremberg de 1947, con el principio de "Autonomía"; es decir, que los sujetos deben decidir por ellos mismos su tratamiento o participación en un estudio. En esta línea se identifican las propuestas formuladas en 1948, 1953 y 1964 por la World Medical Association, en la Declaración de Helsinki (2) sobre la "Beneficencia", con ello apoyar primeramente a los pacientes o sujetos con autonomía disminuida. Sin embargo, no es sino hasta 1971 cuando Van Rensselaer Potter acuña el término de "bioética"; referida al conjunto de reglas a seguir para el "Respeto" de la vida humana, sus ideas, decisiones, preferencias e idiosincrasias.

En los últimos años se han sumado a las propuestas enfocadas en la bioética para la investigación el Informe Belmont de 1979 donde se resalta el "respeto", "beneficencia

y justicia", así como las guías elaboradas por la ONU en las Normas Internacionales del Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) de 1991, donde se amplían directrices para cuando se realice investigación internacional. Los principios elaborados por Beauchamp y Childress en el año 2001, se consideran los elementos básicos para la investigación biomédica se tiene como base el respeto a los derechos humanos (3). Por último, vigente en la actualidad, en 2005 se imprimió y divulgó por la UNESCO la Guía Técnica de Creación de Comités de Bioética donde se establecen los lineamientos en todos los niveles; el nacional, estatal, universidades y hospitales.

LA BIOÉTICA EN LA INVESTIGACIÓN EN MÉXICO

Desde nuestra perspectiva existen tres vertientes que inciden sobre este punto de la investigación; una de ellas corresponde a los aspectos jurídico-sanitarios contemplados en la normatividad y legislación mexicana; éstos deben ser conocidos y referidos por todo aquél que se dedique a la investigación desde las universidades. La segunda corresponde desarrollar investigación conociendo y anteponiendo los derechos humanos de los sujetos en estudios de cualquier índole, ya que en ocasiones se pone el cumplimiento del requisito documental en los estudios sin el completo conocimiento de los mismos. La tercera, realizar investigación con un principio de equidad y justicia social ligado a la responsabilidad colectiva que se encuentran detrás de la universidad pública, y al interés en desarrollar investigación para el desarrollo social humano.

Este principio interesa resaltarlo, ya que la práctica de la investigación en un país en vías de desarrollo le confiere una dimensión especial; toda actividad en el campo universitario, en particular del campo de la salud, busque un principio primario de equidad y justicia para la sociedad.

Si bien los principios normativos se encuentran desde la Ley General de Salud de 1984 y la obligatoriedad de los comités de bioética es de 1997, es en los últimos 10 años donde se instituye la normatividad actual. Primero el registro del comité de investigación y de bioética debe



de realizarse ante la Comisión Federal para la Prevención de Riesgos sanitarios (COFEPRIS). Así también; el registro de actividades del consejo y de cada protocolo revisado, autorizado y registrado en seguimiento a la normatividad de 2005 de la UNESCO en su división de ética de la ciencia y la tecnología. La otra es que se legitima en 2005 la Comisión Nacional de Bioética que se constituye como un órgano desconcentrado de la SS con autonomía técnica y operativa (4). Por último, se modifica la estructuración de los comités, hacia un solo comité y de aquí derivan los subcomités, entre ellos el de investigación y bioética. Así, surge a nivel Nacional en 2008 el Comité para la Calidad y Seguridad del Paciente (COCASEP), y en 2009 se aborda su composición y funciones en las Unidades de Servicios de Salud (5).

BIOÉTICA Y DERECHOS HUMANOS

La universidades mexicanas son los lugares de creación del conocimiento científico, sin embargo, al inicio del nuevo milenio la generación de múltiples estudios, así como la versatilidad de los proyectos presentados en diferentes foros, apuntan a que, si bien se ha incrementado la generación de estudios de postgrado e investigaciones, el registro Bioético es un hecho poco frecuente.

En efecto, esto se encuentra a pesar de que es obligatorio contar con las comisiones registradas ante COFEPRIS; aunque, los promotores de la bioética en México (6) apresuren a la urgencia de cumplir bioéticamente en todo proceso de atención a la salud y de investigación con seres humanos. En cumplimiento con esta normativa, La Universidad de Sonora cuenta con un Comité de Bioética en la División de Ciencias Biológicas y de la Salud.

OBJETIVO

Proponer a la comunidad científica y académica, las bases históricas normativas y éticas para el desempeño de investigación universitaria con seres humanos, a través de la presentación de:

- Una guía de referencias documentales esenciales que deben conocer quien se dedique a la docencia o investigación en el ámbito universitario.
- Los "Derechos de las personas cuando son sujetos de investigación".
- Una propuesta básica de Carta de Consentimiento bajo Información, para cuando se realiza investigación en el ámbito universitario.

PROPUESTAS

El argumento básico es que el constante avance en la generación y divulgación científica debe estar en concordancia con el conocimiento del marco histórico y el cumplimiento normativo que regule estas actividades. Para brindar una información adecuada, completa y oportuna hacia los usuarios de los estudios que se realicen. Cabe señalar que en la actualidad, el registro de los protocolos de investigación es un trámite con número de registro COFEPRIS-04-010-A, B, C y D que debe de realizarse invariablemente ante esta institución.

Así, el cuadro No.1 aparece la lista los documentos que deben conocer quien realice investigación en una universidad destacando la importancia del respeto a los derechos humanos.

Cuadro 1 Documento de Bioética y Derechos Humanos Esenciales para la Investigación Universitaria.
Declaración de los derechos del Hombre y el Ciudadano. Asamblea Nacional Francesa, 16/08/1789
Nuremberg Code. The. Reprinted in Trials of War Criminals before the Nuremberg Military Tribunals under Control Council Law No. 10, en Levine L. Robert J. Ethics and Regulation of Clinica Research, 2d ed. Urban and Schwarzenberg, Baltimor USA, 1986
Declaración Universal de Derechos Humanos. Resolución de la Asamblea General de la ONU, 217 A (III): 10/12/1948
Ley General de Salud: Secretaría de Salud. Edit. Porrúa, México 1999
Declaración de los Derechos del Niño. Adoptada por la Asamblea General de la ONU Resolución 1386 (XIV), 20/11/1959
Ethical Principales for Medical Research Involving Human Subjects. World Medical Association, 1964
The Belmont Report. Ethical Principales and Guidelines for the Protection of Human Subjects of Research. Office of the Secretary: The National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research. 18/04/1979
Normas Éticas Internacionales para las Investigaciones Biomédicas en Sujetos Humanos. Preparado por el Consejo de Organizaciones Internacionales de Ciencias Médicas (CIOMS) OMS/OPS 1996
Declaración Internacional sobre los Datos Genéticos Humanos. aprobada por la Confederación General de la UNESCO. 16/10/2003
Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos. Resolución aprobada, previo informe de la Comisión III, en la 18 sesión Plenaria, UNESCO. 19/10/2005

En el cuadro No. 2 se presenta una propuesta de Carta de los Derechos de los sujetos cuando efectúen investigación universitaria.

Cuadro 2
Carta de los Derechos
Cuando son Sujetos de Estudios Universitarios

1. Trato digno y respetuoso
2. Acceso al consentimiento válidamente sustentado
3. Información suficiente, oportuna y veraz
4. Absoluta libertad
5. Expediente Clínico además de los registros del estudio
6. Absoluta confidencialidad
7. Atención con calidad técnica
8. Atención en instalaciones seguras
9. Recibir atención en caso de urgencia calificada
10. Inconformidad ante una posible atención médica

Se desarrolla cada punto desde la primera persona, por ejemplo:

1. Trato digno y respetuoso: Tengo derecho, al participar en una investigación, a recibir atención clínica, técnica, quirúrgica y/o farmacológica conforme a mi dignidad de género, respeto, información, pudor y ética; así como el trato digno para mis familiares o personas que yo designe en mi representación. Lo anterior, tanto a mi persona en su totalidad como a mis funciones fisiológicas, partes corporales, tejidos o células, independientemente de que hayan sido extraídas de mí, tanto como a mis preferencias sexuales, emocionales, ideológicas o cualquier manifestación psicosocial.
2. Acceso al consentimiento válidamente sustentado: Tengo derecho a conocer una carta donde consienta mi participación en el estudio y que pueda incluir en su totalidad el procedimiento, técnica, experimento, observación, entrevista o estudio al que estoy siendo invitado. Este consentimiento deberá presentarse en español o en mi lengua materna antes de elegir cualquier procedimiento, a excepción de un caso de urgencia que ponga en riesgo mi vida, órganos o funciones. La información se me debe presentar por escrito para realizar las preguntas que desee en todo momento; se me debe expresar claramente cuáles son las ventajas, desventajas, riesgos o eventuales accidentes tanto del estudio en su totalidad como de los procedimientos particulares a los que soy sujeto o brinde información personal. En todo momento la información a la que tengo derecho podrá hacerse extensiva a mis familiares o representante legal.
3. Información suficiente, oportuna y veraz: Antes de cualquier procedimiento, encuesta, entrevista, observación, audio o video aprobada previamente sobre mi persona o mis órganos, tejidos o expresiones psicosociales puedo solicitar, nuevamente, ser previamente informado amplia e íntegramente en forma verbal o por escrito. Esta información me permitirá aceptar el estudio o no, sin menoscabo de mi participación o tratamiento por la institución, empresa o médico responsable. En caso de firmar y aceptar los términos del estudio, la institución y/o la empresa patrocinadora cubrirán la totalidad de los costos de éste. En el eventual caso de alguna complicación relacionada con mi padecimiento, medicamento o tecnología en estudio, tengo el derecho a una reparación satisfactoria sin costo alguno para mi persona, familiar o representante legal.
4. Absoluta libertad: Tengo la libertad de aceptar o rechazar el procedimiento propuesto sin que condicione mi participación o el tratamiento previamente recibido, así como retirar mi consentimiento en cualquier momento sin que esto me limite en el estudio o tratamiento.
5. Expediente clínico además de los registros del estudio: Todos los datos relacionados a la investigación o el estudio deben coincidir con lo asentados con un récord personal o en un expediente clínico y sólo deberá utilizarse la información para fines de la investigación a la que acepté participar. En el eventual caso de que hubiera alguna controversia de índole administrativo-jurídico-legal tengo derecho, o mi representante legal, a solicitar un resumen clínico.
6. Absoluta confidencialidad: Tengo derecho a exigir la seguridad de que no se me identificará, y que se mantendrá absoluta confidencialidad de la información relacionada con mi privacidad, así como conservar esta confidencialidad cuando los resultados de la investigación sean divulgados.
7. Atención con calidad técnica: Como sujeto de estudio puedo exigir que el responsable titular sea una persona altamente calificada en el campo de la investigación propuesta, y tanto yo, como mi representante legal, solicitar la comprobación documental del investigador.
8. Atención en instalaciones seguras: Para acceder a ser sujeto de investigación, tanto yo como mi representante legal, podemos exigir al investigador la garantía de que la universidad, centro de investigación o instituto de salud donde se realice la investigación cuente con lo necesario y suficiente para la realización segura del estudio en cuanto a tecnología, instrumental, equipos y espacios arquitectónicos.
9. Recibir atención en caso de urgencia calificada: Si durante el transcurso de la investigación se presenta una urgencia directamente relacionada con mi padecimiento, medicamento o tecnología en estudio que afecte mi persona, se debe contar con la capacidad resolutoria para ser atendido a mi satisfacción y cubrir la indemnización en caso de daños irreparables.

10. inconformidad ante una posible atención médica: Tengo derecho a expresar inconformidad si no recibí suficiente información; si no se me advirtió de los riesgos y beneficios que se obtendrían con el estudio; si me solicitaron algún pago por los estudios a realizar, por el costo de los dispositivos a emplear aludiendo los beneficios que se obtendrían con la investigación.

A continuación, en el cuadro No.3 se expone una propuesta básica de los contenidos que debe de tener la “Carta de Consentimiento bajo información requerida para la investigación universitaria con seres humanos”. La aportación aquí es doble; por un lado que la propuesta de carta sea también para estudios psicosociales y que las bases de ésta son el respeto a los derechos humanos. El documento cuenta con una serie de incisos que garantizan la ejecución de la investigación universitaria con seguridad y probidad tanto para los académicos, al aplicarla, como a los sujetos de investigación, al demandarla.

Cuadro3.
LINEAMIENTOS DE LA CARTA DE CONSENTIMIENTO BAJO INFORMACIÓN PARA ESTUDIOS E INVESTIGACIONES UNIVERSITARIAS

1. Presentar todo documento escrito en idioma español o en la lengua del participante.
2. Contener el nombre del protocolo de investigación e instituciones participantes.
3. Contener el nombre del responsable de la institución académica o institución empresa patrocinadora.
4. Contener el nombre y una síntesis del currículum del investigador principal.
5. Explicar al sujeto que la nueva sustancia, producto, medicamento, procedimiento quirúrgico, tecnología, intervención educativa o equipo se encuentra aprobado en el país de origen.
6. La carta de consentimiento debe presentarse al sujeto antes de realizarse cualquier estudio, en menores de edad, deberá ser autorizada por el Padre, la Madre, el tutor y/o representante legal.
7. Estar aprobada por el subcomité de Investigación, Ética y Bioseguridad.
8. Presentarse por escrito ante el sujeto e invariablemente se le deberá leer el documento.
9. Especificar dónde, cuándo y por cuánto tiempo se realizará el estudio, los beneficios que se espera, los riesgos y posibles eventualidades en el caso de que ocurrieran.
10. El hecho de participar en un protocolo de estudio e investigación le otorga al sujeto de investigación la gratitud que implica todo el procedimiento.
11. Señalar que se siguen y respetan las normas oficiales mexicanas relacionadas con la investigación.
12. Señalar que el sujeto cuenta con la libertad de retirarse del mismo, sin perjuicio de su tratamiento, manejo o costo para él.
13. Aquellos estudios donde se investigue algún nuevo producto, psicoterapia, medicamento o tecnología que cure y/o mejore sustancialmente el estudio de salud deberá contar con éste para el mantenimiento y conservación de su estado de salud.



DISCUSIÓN

a) Los beneficios de la investigación

El primer punto a discutir de nuestras propuestas es la convergencia entre la investigación científica que se efectúa en la universidades y las bases éticas en la atención individual y social (7); ésto se refiere a que ambas orientan sus intereses no sólo al momento presente sino hacia el futuro (8). En efecto, ya que la investigación efectuada por las universidades es un proceso cuyas aplicaciones prácticas se realizarán en los años siguientes se requiere que en cada protocolo los sujetos cuenten con la protección y seguridad suficientes.

Existe la necesidad de que en todos los países se garantice el respeto a los derechos humanos para todos los sujetos de estudios sean estos observacionales y/o experimentales, pero más aún en los países en desarrollo como México. Esto debido a que en los estudios se requiere la participación de seres humanos y se debe de garantizar la seguridad, enfatizar que deben ser gratuitos para los participantes. El aspecto ético-científico contrasta con los estudios que se realizan en países del primer mundo, donde los pacientes y/o voluntarios participantes de los estudios se les proporciona servicio médico o remuneraciones sólo en caso de que llegara a suceder alguna complicación.

Es un principio de equidad que debe de estar presente en los estudios de nuestro país, pero que consideramos insuficiente. En particular porque los costos de la atención médica, así como de cada estudio clínico o paraclínico, o de participar en cualquier intervención en salud, comunitaria o de desarrollo social, deben de ser asumidos por la empresa o institución patrocinadora y responsable del análisis. Más aún si esto implica ingresar a protocolos donde se estudien nuevos productos, o tecnologías que demuestren mejoría sustancial a la salud y que de suspenderse implican daño inmediato o a futuro. Así como también es éticamente impropio que se les proporcione un producto, medicamento o tecnología durante el estudio y que, al

suspenderse el protocolo, se utilice como justificación para el ingreso al mercado de tal medicamento o tecnología industrial y a los servicios de la salud nacional.

Esto nos lleva a considerar la propuesta de la carta de los derechos de los usuarios y la carta de consentimiento bajo información cuando se hace investigación en las universidades, como una responsabilidad prioritaria sostenida por el Estado con el respaldo de grupos académicos o civiles de la sociedad. Debido a que su implementación incide en la investigación científica que fundamentalmente respeta los derechos humanos por encima de intereses económico-industriales o un avance científico-tecnológico sin restricción ética. Aún más, en el ejercicio democrático propio de las universidades y de nuestro país sugerimos que estas propuestas se abran a la discusión para al desarrollo de la investigación en México en los campos tan diversos como los sociopolíticos, los demográficos, los educativos, los psicosociales y todos aquellos que ayuden, en nuestra perspectiva, a disminuir de inequidades sociales

En virtud de lo anterior consideramos que es importante crear y apuntalar el desarrollo en las Universidades de las Comisiones de Investigación, Ética y Bioseguridad para que sean las garantes de la investigación que se desarrolle en estas instituciones y que operen en las mejores condiciones de respeto a los derechos humanos (9).

b) Bioética en nuevos campos de la investigación

Como grupo de discusión en bioética nos interesa resaltar tópicos donde los derechos humanos deben priorizarse; por ejemplo el avance en la genética (10) que ha sugerido la posibilidad de desarrollar generación de tejidos al límite de la prevención eugenésica y curación de enfermedades o aún de la clonación humana. Así, insistimos que en el campo de la ingeniería genética, son las Universidades y no sólo el Estado quienes deben de manifestarse con una posición de respeto a los derechos humanos, sobre todo para dar a conocer a los ciudadanos y potenciales sujetos de investigación, tanto los beneficios como los riesgos en el avance científico y tecnológico (11).

Otro punto es que en los centros universitarios de nanotecnología o de investigación con nuevos materiales se experimentará en un próximo futuro con seres humanos. Se debe al desarrollo de una revolución electrónica, óptica e informática que ha generado un gran avance en áreas como el progreso de la cirugía robótica, la imagenología diagnóstica, el uso de nuevos láseres o las posibilidades de implantes electrónicos en los tejidos.

Esto implica dos aspectos bioéticos a considerar. Por un lado, el riesgo de caer en un condicionamiento de la atención a la salud; en el sentido de que para poder recibir una atención adecuada, los usuarios deben de haber participado primero en una investigación con un diagnóstico o tratamiento vía la aplicación de la más

avanzada tecnología que condicione ulteriormente su atención, o sea una iatrogenesis clínica-industrial (12). Por otro lado, nos parece cuestionable éticamente la posibilidad de crear una demanda ficticia de tecnología en la población; es decir, el que compañías industriales induzcan el supuesto exclusivo de que sólo se puede hacer ciencia moderna y proporcionar buena atención a la salud con el uso de la tecnología de punta. Esta "trampa de la tecnología" que sólo ha incrementado los costos en la atención en sistemas de salud públicos y privados.

CONCLUSIONES

Se aportan los documentos esenciales con enfoque en los derechos humanos que debe conocer todo investigador universitario, una propuesta de carta de los derechos de los pacientes, así como la de carta de consentimiento bajo información que deben de estar inscritas en un espíritu de equidad y justicia social. En esencia, que en México como país en desarrollo le es fundamental impulsar el principio de la equidad social. Principio que postulamos debe estar presente en todas las actividades de investigación universitaria, no sólo de salud, sino de todas aquellas relacionadas con el desarrollo social y económico.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Dubos, René. *El espejismo de la salud*. FCE, México, 1976.
- 2) Ocampo-Martínez, Joaquín: Del código de Nuremberg a la Declaración de Helsinki II; La bioética y la investigación en humanos. *Rev Fac Med UNAM* (México) 1998, 41(4) 252-256
- 3) Beauchamp and Childress; *Principles of Biomedical Ethics*, OUP, 5th edition. Oxford University Press, 2001
- 4) <http://cnb-mexico.salud.gob.mx/interior/antecedentes.html>. Consultado el 15 septiembre de 2011.
- 5) *Composición y funciones del Comité de Calidad y Seguridad del Paciente (COCASEP) en las unidades prestadoras de salud*. Secretaría de Salud, México, 2009
- 6) Velasco-Suaréz, Manuel: Los Comités de bioética. *Revista CONAMED* 4(1)12:17-21.
- 7) Katz, Jay, Morgan Capron A y Swift Glass E: *Experimentation with Human Beings: The Authority of the Investigator, Subject, Professions, and State in the Human Experimentation Process*. New York: Russell Sage Foundation, 1972.
- 8) Garduño-Espinosa A, Heshiki-Nakadankari L. "Ética de la investigación", en Garduño-Espinosa A (Edit): *Temas de Pediatría: Bioética*. Asociación Mexicana de Pediatría/ Mc Graw Hill/ Interamericana, 1ª. Edición, México, 143-148 pp
- 9) Diario Oficial de la Federación: Trámite COFEPRIS-04-010 Solicitud de autorización de protocolo de investigación en seres humanos Modalidades A, B, C, D. DOF COFEPRIS. 28 Enero 2011.
- 10) Hudson KL, Rothenberg KH, Andreus LB, Kahn MJE, Collins FS: Genetic discrimination and health insurance; an urgent need for reform. *Science*, 1995, 270;391-393
- 11) Lisker, Rubén: Aspectos éticos del proyecto internacional del Genoma Humano. *Rev CONAMED* 2001, 10(21)17-19 pp
- 12) Illich, Iván. *Némesis Médica: La expropiación de la salud*. Joaquín Mortiz, México 1976. 383 pp



LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE CARGA DE UN CAPACITOR

HORACIO MUNGUÍA AGUILAR

En este trabajo se presenta una aproximación heurística al problema de cómo cargar eficientemente un capacitor en un circuito RC, desde el punto de vista de la energía consumida en la resistencia y del tipo de fuente de voltaje aplicado. Se realiza este análisis examinando con cuidado la energía consumida en el proceso de carga tradicional y proponiendo, sin hacer uso de herramientas matemáticas avanzadas, una función rampa en la fuente de voltaje para mejorar la eficiencia en el proceso de carga del capacitor.

M.C. HORACIO MUNGUÍA AGUILAR
Departamento de Física, Universidad de Sonora
Correo: hmunguia@correo.fisica.uson.mx

INTRODUCCIÓN

Los aspectos centrales en el clásico experimento de la carga-descarga de un capacitor en un circuito RC en los cursos básicos de electromagnetismo, son el voltaje en el capacitor y la corriente en el circuito. Algunas veces se analiza el proceso de la transferencia y consumo de energía en el circuito, pero se deja de lado el concepto de eficiencia en el proceso de la carga del capacitor. Algunos autores (1, 2), han manejado este concepto en forma limitada, ya que no mencionan el mecanismo de la carga. Este tema es especialmente relevante en los microcircuitos en donde las elevadas densidades de empaquetamiento requieren que los circuitos minimicen la generación de calor, que es su principal enemigo. Esto sólo se puede conseguir si los procesos de transferencia de energía internos son eficientes. La carga y descarga de capacitores es uno de estos procesos.

EL PROCESO DE CARGA CLÁSICO

Empecemos por analizar el consumo de energía en el proceso de carga tradicional, que se ilustra en la figura 1. En este circuito al capacitor se carga hasta el potencial V con una fuente de voltaje constante de V volts, aplicada con un interruptor a través de la resistencia R . A esto se le conoce con el nombre de función de voltaje en escalón.

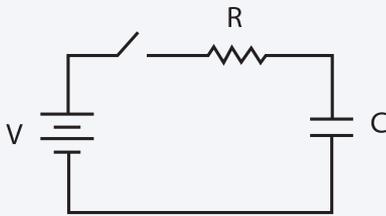


Figura 1. Circuito RC con excitación escalón

Al aplicar la ley de Kirchoff de voltaje a este circuito [3] se genera la ecuación diferencial;

$$V - V_c = RC \frac{dV_c}{dt} \quad (1)$$

en donde V_c es el voltaje en el capacitor. Suponiendo que el capacitor está inicialmente descargado la solución conocida de esta ecuación es

$$V_c = V(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (2)$$

Tomando en cuenta que la corriente en el capacitor es $I = C(dV_c/dt)$ se obtiene

$$I = \frac{V}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3)$$

En donde $\tau = RC$ es la denominada constante de tiempo del circuito.

El voltaje en la resistencia es, por lo tanto

$$V_R = V - V_c = Ve^{-\frac{t}{\tau}} \quad (4)$$

La potencia instantánea en la resistencia es entonces

$$p(t) = IV_R = \frac{V^2}{R} e^{-2\frac{t}{\tau}} \quad (5)$$

La energía total consumida en la resistencia es

$$E_0 = \int_0^{\infty} p(t)dt = \frac{\tau V^2}{2R} \quad (6)$$

La gráfica de la potencia disipada en la resistencia, como función del tiempo (ecuación 5), se puede apreciar en la figura 2.

Potencia en R

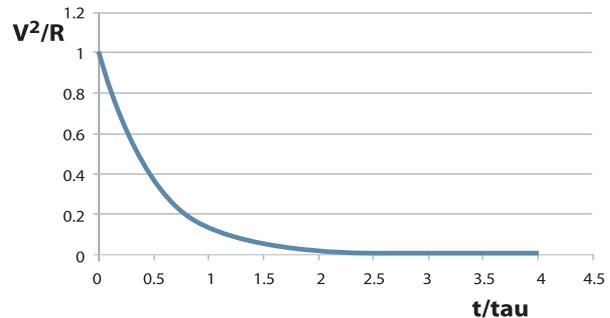


Figura 2. Potencia que se disipa en la resistencia del circuito en términos de t/τ

De la figura 2 queda claro que la mayor parte de la potencia consumida en el proceso de carga, y por lo tanto la energía, se da al inicio y es proporcional al cuadrado del valor del voltaje de la fuente V . Conforme pasa el tiempo la potencia se hace cada vez menor. Específicamente, desde cero hasta $t = \tau$ la energía consumida, es decir el área bajo la curva, es del 86% del total. El resto se consume de $t = \tau$ en adelante.

Según estas expresiones, el tiempo requerido para cargar un capacitor hasta el potencial V de la fuente es infinito. En realidad, después de transcurrido un tiempo mayor a 2 veces τ , el capacitor recibe más del 90% de su carga final, lo que se puede considerar, en la mayoría de los casos prácticos, como si estuviera plenamente cargado. Es posible conseguir que la carga en el capacitor alcance un nivel determinado en un tiempo exacto, esto si el nivel del voltaje aplicado (el escalón) lo hacemos mayor que el nivel del voltaje final deseado en el capacitor y esperamos a que este alcance su valor. En el momento que suceda se reduce el escalón hasta este nivel para evitar la sobrecarga. Se puede demostrar, sin embargo, que el consumo de energía existente en la resistencia es prácticamente el mismo.

EL PROCESO DE CARGA CON RAMPA DE VOLTAJE

Con el fin de disminuir la potencia disipada en la resistencia se podría intentar una forma menos drástica para cargar el capacitor. Por ejemplo, para evitar el pico de potencia inicial se intentaría aplicar un voltaje paulatino que creciera a un cierto ritmo de " m " volts/s que cumpliera con la condición de alcanzar el voltaje de carga deseado V en un tiempo t_x . Esta última condición sería con el objeto de no hacer demasiado lento el proceso de carga. Con este fin convertimos la fuente de voltaje constante del circuito de la figura 1 en una fuente de

voltaje en rampa con una pendiente de "m" volts/s. Es decir, la fuente de voltaje genera un potencial de la forma

$$V = mt \quad (7)$$

Donde t es el tiempo, m la pendiente de la rampa y V el voltaje generado. La respuesta del circuito se obtiene de la misma ecuación (1) pero incorporando la expresión (7) en vez del valor constante para la fuente. La solución de esta ecuación, con condición inicial cero es

$$V_C = m(t - \tau + \tau e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (8)$$

Esta relación debe cumplir con el requisito de que en $t = T_x$, $V_C = V$; por lo tanto la pendiente deberá ser

$$m = \frac{V}{T_x - \tau(1 - e^{-\frac{T_x}{\tau}})} \quad (9)$$

Para ilustrar mejor esta situación pongamos un ejemplo. Supongamos que se desea cargar un capacitor hasta un voltaje de 5 volts en un tiempo de 3 ms usando una rampa de voltaje. Se sabe que la constante τ del circuito tiene un valor de 1ms. La pendiente de la rampa de voltaje deberá tomar un valor, de acuerdo a la ecuación 9, de $m = 2.56$ v/ms. Obviamente, al alcanzar el capacitor este potencial la rampa deberá terminar su ascenso y mantenerse en un voltaje igual a 5 volts para no sobrecargar el capacitor. Este resultado se ilustra en la figura 3.

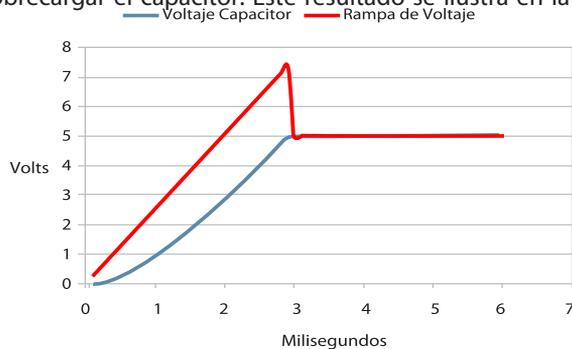


Figura 3. Carga del capacitor con una rampa de voltaje

Ahora analicemos el consumo de energía para el caso general de la carga con una rampa de voltaje. El potencial en la resistencia se obtiene de la diferencia entre el voltaje de la fuente y el voltaje en el capacitor (ecuación 8), por lo que

$$V_R = m\tau(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (10)$$

La energía E_r consumida en la resistencia es entonces

$$E_r = \int_0^{T_x} \frac{V_R^2}{R} dt = \frac{(m\tau)^2}{R} [T_x + \tau(2e^{-\frac{T_x}{\tau}} - \frac{1}{2}e^{-\frac{2T_x}{\tau}} - \frac{3}{2})] \quad (11)$$

Empleando las relaciones (6) y (9) se obtiene

$$E_r = 2\tau E_0 \frac{T_x + \tau(2e^{-\frac{T_x}{\tau}} - \frac{1}{2}e^{-\frac{2T_x}{\tau}} - \frac{3}{2})}{[T_x - \tau(1 - e^{-\frac{T_x}{\tau}})]^2} \quad (12)$$

Esta relación muestra la variación de la energía E_r en términos de E_0 para diferentes valores de τ_x . Aunque la expresión luce complicada, su gráfica, mostrada en la figura 4, no lo es tanto cuando se presenta normalizada con $\tau = 1$. Esto es útil para efectos de comparación con la relación (6).

Energía Rampa

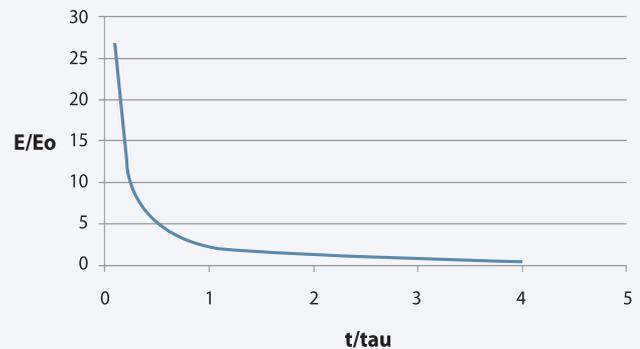


Figura 4. Energía disipada en R en función de T_x/τ cuando el circuito es excitado con una rampa de voltaje.

Resalta el hecho de que para $T_x < \tau$ la energía consumida es mayor que la disipada con la función escalón (E_0). Sin embargo, para $T_x > 2\tau$ la energía consumida en la resistencia es menor a la correspondiente con la excitación escalón. Las energías se igualan aproximadamente en $T_x = 2.1\tau$. Hay que recordar que en el caso de la excitación escalón la carga del capacitor se considera completa después de que el tiempo transcurrido sea mayor a 2τ .

CONCLUSIONES

La tradicional forma de cargar un capacitor con una fuente de voltaje constante aplicada en forma de escalón (por medio de un interruptor, por ejemplo), aunque es la más sencilla, no es la más eficiente desde el punto de vista de la energía. Con una rampa de voltaje en la fuente se puede disminuir considerablemente el consumo de energía en la resistencia para tiempos de carga τ_x mayores a dos veces la constante de tiempo τ . A ésta se denomina carga quasi-óptima de un capacitor.

Existe una forma un poco más eficiente de llevar a cabo este proceso si combinamos una rampa con un escalón [4]. Sin embargo, la mejora no resulta ser muy significativa.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Newburgh R 2005, Two theorems on dissipative energy losses in capacitive systems, Phys. Educ. 40, 370-2
- 2) Simeao C. P. and Sampaio A. S., Helping students understand real capacitors: measuring efficiencies in a school laboratory, Phys. Educ. 43, 400-4006
- 3) H. Hayt William, Kemmerly, Jack, Análisis de Circuitos en Ingeniería, McGraw-Hill, 7a Edición (2007)
- 4) Steffen Paul et al 200, Optimal Charging of Capacitors, IEE Transactions on Circuits and Systems-1: Fundamental Theory and Applications, Vol. 47, No. 7.



JATROPHA CURCAS: UN CULTIVO CON POTENCIAL EN SONORA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

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

*La necesidad global por encontrar nuevos y mejores combustibles para satisfacer la demanda de energéticos, sobre todo de carácter ecológico, ha llevado a enfocar las investigaciones hacia el piñón (*Jatropha curcas*), una planta subutilizada que ha mostrado la conveniencia de explotarla comercialmente; pues además de producir un aceite adecuado para elaborar diesel; el hecho de no ser utilizada para cubrir necesidades alimentarias, de ser capaz de desarrollarse en suelos marginales poco adecuados para la agricultura y de ser resistente a las plagas y a la sequía, son ventajas importantes sobre otras fuentes de origen vegetal de las que actualmente se están obteniendo biocombustibles y biodiesel.*

Q.B. ARTURO SOQUI LEÓN
Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia
Correo: asoquil@iq.uson.mx
DR. JUAN MANUEL VARGAS LÓPEZ
Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos
Correo: jmvargas@capomo.uson.mx
M.C. RAFAEL CANETT ROMERO
Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos
Correo: rcanett@guayacan.uson.mx
Universidad de Sonora

JATROPHA O PIÑÓN: UNA PLANTA MULTIUSOS SUBUTILIZADA

Al igual que una gran variedad de plantas, *Jatropha curcas* (Linn) presenta características que la hacen ser apreciada en diversos usos alrededor del mundo; sin embargo, no se le ha tomado en consideración para su explotación comercial de manera importante, principalmente porque poco se conoce sobre su cultivo y no se ha evaluado a conciencia su potencialidad debido a que otras plantas - y otros recursos naturales- de uso tradicional han tenido preferencia, industrial y comercialmente. Esta planta sólo en los últimos años ha sido motivo de investigación, y eso gracias a que produce un aceite con gran potencial como materia prima para la producción de biodiésel y a que las reservas de hidrocarburos fósiles pronto ya no serán suficientes para satisfacer las de actividades humanas que requieren de combustibles; además de que se ha presentado un debate sobre el uso de productos agrícolas para consumo humano con el fin de producir combustibles.

Una multitud de usos se conocen a *jatropha*, lo que muestra lo útil que es esta oleaginosa y el potencial que representa si se le concede la atención correspondiente en el campo de la investigación y si se le aplican condiciones para su óptimo desarrollo. La organización Biofuels Association of Zambia calcula que la planta tiene más de 1600 distintos usos, entre los que se encuentran el empleo como combustible del aceite crudo presente en la semilla o como aceite lubricante de motores, la elaboración de jabones a partir de dicho aceite, la producción de carbón con el desecho de la semilla desgrasada, como colorante de telas con la corteza de la planta, producción de químicos para uso terapéutico a partir de la hoja, fertilizante orgánico de suelos con la pasta de la semilla, como alimento para animales el fruto y como materia prima para generar biogás las cáscaras de la fruta y de la semilla (4). En la Figura 1 se observan los principales usos que se le da a la planta y sus componentes.



Figura 1. Principales usos de la *Jatropha curcas* y sus componentes

GENERALIDADES DE LA PLANTA

Pertenece a la familia Euphorbiaceae y es una de las más de 180 especies del género *Jatropha*. Se ha propuesto que *Jatropha curcas* es la más primitiva de las especies al revisar la clasificación de Pax; se ha determinado hasta hoy que más de 100 de las especies son nativas de América. Aunque hay controversia respecto al origen de *Jatropha curcas*, la probabilidad de que México y la América Central Continental sean su lugar de procedencia es mayor (1). La planta se puede considerar como arbusto grande o árbol pequeño y aunque raramente, puede alcanzar los 5 metros de altura, su raíz se conforma por un tronco central y 4 perimetrales. Sus hojas tienen tamaños que van de los 6 a los 15 centímetros y las flores sólo se forman al extremo de las ramas. Los frutos de forma oval triocular varían en sus dimensiones (desde 8 hasta 12 centímetros), mientras que las semillas, que también son ovaladas y se forman agrupadas en tres almendras negras en el interior de cada fruto, presentan dimensiones constantes de 2 centímetros de largo por 1 centímetro de diámetro (6).

CICLO VITAL Y HÁBITAT

Es una planta perenne que tiene un ciclo productivo entre 45 y 50 años. En condiciones óptimas de humedad y en suelos nutritivos, una semilla tarda 5 días en germinar, formando una radícula y 4 raíces periféricas. Los primeros brotes aparecen entre los 85 y 98 días y la inflorescencia se presenta entre 7 a 18 días después; las frutas que aparecen en 1 a 8 días después de la floración entran en su etapa fisiológica de madurez verde dentro de 21 a 35 días y requieren de otros 2 a 4 días para llegar a su madurez senescente. La Figura 2 muestra las etapas del desarrollo de la planta, desde el primer brote de la semilla hasta la obtención de la semilla para siembra.

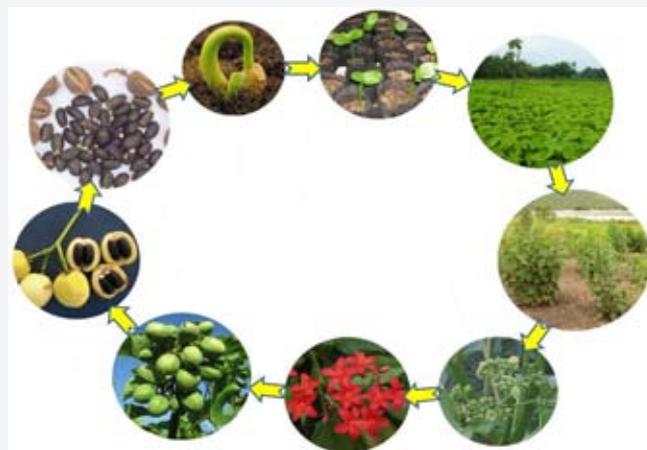


Figura 2. Etapas del ciclo vital de *Jatropha curcas*

Una de las características más relevantes de esta planta es el hecho de que se puede desarrollar en condiciones ambientales y geológicas poco convencionales para un

vegetal. Aún es considerada una planta semi-silvestre no domesticada, puesto que no se conocen del todo las mejores condiciones en las que puede desarrollarse y no siempre se obtiene el mismo rendimiento en siembras llevadas a cabo bajo las mismas situaciones. La distribución de *Jatropha* en el mundo se ubica principalmente en regiones con rangos de precipitaciones pluviales entre los 940 y 3121 milímetros y donde las lluvias son superiores en un 50% al potencial de evapotranspiración desde los 5 hasta los 11 meses anuales. Las temperaturas medias en las regiones donde crece la planta, van desde los 10.5 hasta los 35.7 °C. En la Tabla 1 se presenta una relación de las condiciones climáticas medias, óptimas y generales bajo las cuales *Jatropha curcas* se desarrolla en las zonas donde es endémica.

Tabla 1. Variables climáticas detectadas en las zonas donde crece de manera natural *Jatropha curcas*.

Estadística	Promedio	Rango óptimo	Rango general
Temperatura media	24.4	23.4 - 26.2	19.3 - 27.2
Temperatura mínima	16.5	14.4 - 19.4	10.5 - 21.2
Temperatura máxima	32.5	31.5 - 34.0	27.4 - 35.7
Precipitación pluvial	1689	1207 - 2001	994 - 3121
Duración del Potencial de evapotranspiración	7.3	6 - 9	5 - 11

Las temperaturas están en grados centígrados, la precipitación pluvial en milímetros y la duración del potencial de evapotranspiración en meses.

Particularmente, su presencia natural se ubica en la sabana tropical con climas monzónicos y en climas templados sin estaciones muy secas; es poco común su presencia en climas semi-áridos y es ausente en los totalmente áridos (7). En la Figura 3 se observa en qué forma se distribuye de manera natural *J. Curcas* en el mundo hasta el año 2007, enfatizando la región donde se cree que tuvo su origen.

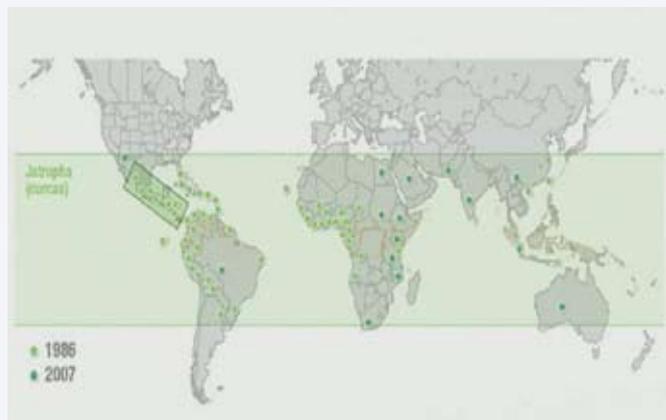


Figura 3. Distribución de *Jatropha curcas* en el Mundo.

UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGÍA

Aunque la frase que se usa para titular esta sección es común utilizarla para referirse a un complejo industrial en el cual se genera energía eléctrica, sirve perfectamente para referirse a *Jatropha curcas*, ya que esta planta es fuente de energía que sirve para satisfacer demandas energéticas en poblaciones donde ha sido posible cultivarla con ese fin. En la Figura 1 se hizo patente que la planta, y más específicamente el fruto del árbol, se usa para producir energía calorífica de diversas formas, ya que todos los componentes de la planta se han usado como biomasa: la planta en su totalidad como combustible, la parte sólida de la semilla y del fruto para generar biogás, así como el aceite de la semilla se usa como combustible o para producir biodiesel; es importante hacer notar que la semilla produce altos rendimientos de aceite (entre 30 y 40%).

El aceite que produce la semilla del piñón ha sido evaluado y se ha encontrado que sus características físicas y químicas son similares a las de aceites de otras fuentes vegetales que ya se usan para producir biodiésel (palma, colza, soya, girasol y cártamo), aunque de hecho presenta algunas ventajas sobre ellos. En específico, el aceite del piñón es rico en ácidos grasos de cadena larga, principalmente ácido oleico (43%), ácido linoléico (34%) y ácido palmítico (16%) por lo que se le considera una materia prima de alta calidad para la producción de biodiésel, ya que el número de cetano rebasa las 51 unidades requeridas para su uso.

De la misma forma, reúne las especificaciones de calidad como densidad, viscosidad, contenido de azufre, índice de yodo y otras, siendo un combustible altamente ecológico debido a las bajas emisiones contaminantes a la atmósfera que genera su combustión (5). Puesto que en México no están normalizadas las características de los biocombustibles, se toman en consideración las normas establecidas en los Estados Unidos de América: ASTM D6751, la Unión Europea: CEN EN14214 y en Brasil: ANP255 (8).

LA QUÍMICA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL BIODIESEL

La composición del biodiesel es básicamente una mezcla de ésteres metílicos o etílicos de ácidos grasos que contienen entre 12 y 22 carbonos en su estructura química y sus proporciones las definen las fuentes de donde provienen los aceites o grasas usadas como materia prima. En la Tabla 2 se encuentran las concentraciones de los ésteres en el biodiesel, según la fuente de aceite utilizada. Es de notarse que los biodiesel obtenidos del aceite de coco y de babassú son ricos en ácido láurico (un ácido de 12 carbonos), mientras en el otro extremo se encuentra el obtenido de la colza, cuyo principal componente es el ácido erúcido (de 22 carbonos).

Tabla 2. Composición del biodiesel obtenido de diferentes fuentes vegetales.

Fuente	Porcentaje del ácido graso							
	12:0	14:0	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3	22:1
Babassu	44 - 45	15 - 17	5.8 - 9	2.5 - 5.5	12 - 16	1.4 - 3		
Canola			4 - 5	1 - 2	55 - 63	20 - 31	9 - 10	1 - 2
Coco	44 - 51	13 - 18	7.7 - 10.5	1 - 3	5 - 8.2	1 - 2.6		
Maíz			7 - 13	2.5 - 3	30.5 - 43	39 - 52	1	
Algodón		0.8 - 1.5	22 - 24	2.6 - 5	19	50 - 52.5		
Linaza			6	3.2 - 4	13 - 37	5 - 23	26 - 60	
Oliva		1.3	7 - 18.3	1.4 - 3.3	55.5 - 84.5	4 - 19		
Palma	0.6 - 2.4	32 - 46.3	4 - 6.3	37 - 53	6 - 12			
Cacahuata	0.5	6 - 12.5	2.5 - 6	37 - 61	13 - 41			
Colza	1.5	1 - 4.7	1 - 3.5	13 - 38	9.5 - 22	1 - 10	40 - 64	
Ajonjolí			7.2 - 9.2	5.7 - 7.7	35 - 46	35 - 48		
Soya			2.3 - 11	2.4 - 6	22 - 30.8	49 - 53	2 - 10.5	

Nomenclatura de los ácidos: 12:0 láurico, 14:0 mirístico, 16:0 palmítico, 18:0 esteárico, 18:1 oleico, 18:2 linoleico, 18:3 linoléico 22:1 erúico

Los ésteres que conforman al biodiesel, que deben mínimamente sumar un 96.5 % del peso total de este combustible, son producidos al hacer reaccionar los triglicéridos de los aceites con alcoholes pequeños (comúnmente metanol y en menor proporción etanol). De esta forma cada uno de los tres ácidos grasos que se encuentran unidos a la molécula de glicerol se separan y se unen a las moléculas de alcohol para formar un éster etílico o metílico, que son los componentes básicos del biodiésel (2).

EXPERIENCIAS MUNDIALES EN LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE BIODIESEL

Los Países que ya han desarrollado sistemas para la producción y el consumo de biodiésel a partir de productos agrícolas son básicamente los industrializados, ya que para ellos la necesidad de conseguir energéticos es prioritaria debido a que consumen mayores cantidades de ellos. Así, Países como Alemania, Estados Unidos, Francia e Italia son líderes y sus gobiernos son promotores de la producción y uso de biodiesel en la industria, los vehículos y los hogares. Es de especial atención el interés que Alemania y Austria tienen por implantar a futuro el uso de biodiesel B100 (diésel 100% obtenido de productos agrícolas). En Italia casi la mitad de la producción de biodiesel se usa para sistemas de calefacción y el resto como mezcla B5 en vehículos automotores.

La política de promoción de biodiesel por parte de la Unión Europea va acompañada de incentivos económicos para los productores y para los consumidores de biodiesel, así como para los fabricantes de motores para que los adecuen a la combustión con este combustible. En los Estados Unidos la producción de biodiésel es utilizada en gran parte para su uso en vehículos de ejército, además de diversas agencias gubernamentales y en algunos estados ya existen mandatos que obligan a usar una mezcla B2 en el sistema de autotransporte. Desafortunadamente, la producción de biodiesel proviene principalmente de productos agrícolas que tradicionalmente han sido para consumo humano, además de que las tierras de estos cultivos han sido desplazadas, acciones que llevan pérdida

de competitividad de los alimentos de origen vegetal.

En México ha habido poco interés en relación a la producción de bioenergéticos, lo que ha sido ocasionado por los bajos precios de diésel, además de las regulaciones en cuanto a la generación de energía por parte de las empresas privadas, ya que cada proyecto encaminado a la producción de energías está supeditado a las leyes establecidas sobre el campo de los combustibles y la energía eléctrica. Actualmente, de las escasas experiencias respecto a la producción de biodiesel, se puede mencionar la construcción y operación de una planta de elaboración de biodiesel a partir de grasas y aceites desechadas por una cafetería de Instituto Tecnológico de Monterrey en Cadereyta, N.L., donde se producen 300 m³ de diésel al mes, siendo de 600 m³ la capacidad máxima de la planta. El combustible producido se usa en una mezcla B20 (20% biodiésel-80% diésel) para el funcionamiento tres automóviles propiedad del instituto. Igualmente, en la Universidad Vasconcelos de Oaxaca se tiene en operación una planta pequeña que genera 3.6 m³ de diésel que se obtiene a partir de aceites residuales y cuyo uso –también en mezcla B20- es para el funcionamiento de un autobús propiedad de la universidad (7).

PROYECTOS SOBRE JATROPHA EN EL MUNDO

La organización The Global Exchange for Social Investment elaboró un catálogo de proyectos que sobre desarrollo e investigación acerca de *Jatropha* se realizan en a nivel global, y de él se desprende que hay países cuyo interés ha generado que actualmente existan plantaciones que producen regularmente esta planta con fines de lucro y llevan una ventaja que a futuro les redundará en mejores beneficios en corto plazo. Tal es el caso de algunos países asiáticos donde están concentradas la mayor parte de las plantaciones de *Jatropha*, pues ellos acumulan el 85% de las tierras dedicadas a esta planta en el mundo. En África se cuenta con el 13% mientras que en América Latina solo el 2% del suelo se ocupa para este cultivo. De las actualmente 5 millones de hectáreas cultivadas con *Jatropha* a nivel mundial para el 2010, se cree que para el 2015 habrá aproximadamente 13 millones a un ritmo de 1.5 a 2 millones de hectáreas por año.

En el aspecto de investigación, también los países asiáticos demuestran su interés, pues los proyectos relacionados con la planta suman el 85% de las investigaciones que pueden ser acreditadas y apoyadas por el sistema de créditos de carbón que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático a través del Protocolo de Kioto implementó para disminuir la contaminación global; África y América Latina han incluido a *Jatropha* solo en 54 y 36% respectivamente en dichos proyectos. Respecto a América Latina, el mayor interés por aprovechar los beneficios de *Jatropha* ha sido por parte de Brasil y, en menor escala por México y Guatemala (5).

MÉXICO Y JATROPHA

Hace tres años se aprobó una ley para promover el desarrollo de los biocombustibles con la acertada limitante de no perjudicar la producción de alimentos, con lo que prácticamente se abre la posibilidad de que cultivos como *Jatropha curcas* reciban la atención primordial de parte de quienes se interesen en la generación de energías renovables para sustituir, aunque sea parcialmente por lo pronto, a los combustibles fósiles. Así mismo, *Jatropha* fue incluida recientemente en programas de reforestación de zonas marginadas y se pretende incentivar a los productores con apoyos económicos, además de establecerse grupos de trabajo institucionales para realizar investigaciones al respecto. En este sentido, grupos de investigación del Instituto Politécnico Nacional ya llevan una década realizando trabajos sobre el piñón, por lo que actualmente son proveedores de asistencia técnica. Mención especial debe recibir la Fundación Produce (Sección Sinaloa), una organización de productores que estableció una plantación piloto en ese Estado con el fin de conducir estudios de viabilidad para establecer una refinería para producir biodiésel en esa región. En los Estados de Michoacán y Chiapas los gobiernos actualmente apoyan iniciativas de particulares para sembrar *Jatropha curcas* y se prevé que para el año 2015 tendrán cosechando 120,000 hectáreas cada uno (5).



Figura 4. Potencial Productivo de *Jatropha* en México.

JATROPHA EN SONORA

En el Estado de Sonora existen regiones donde es posible el cultivo de *Jatropha* debido a las condiciones ambientales y geográficas (Figura 4), y pueden alcanzarse a sembrar 348,446 hectáreas, siendo la región serrana la de mayor potencial productivo y la parte central de potencial medio, según el Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria; INIFAP (9). Recientemente, el Consejo Nacional para la Ciencia y Tecnología (CONACYT), acordó apoyar la integración y consolidación de una cadena productiva en la región Sinaloa-Sonora-Nayarit y de inicio aportó recursos económicos al Consejo para el Desarrollo de Sinaloa (CODESIN) para el desarrollo sostenible de *Jatropha curcas* en el Estado de Sinaloa (3), por lo que se hace necesario reconocer el interés que esta planta ha generado en las instituciones y las empresas agropecuarias y

bioenergéticas, así como considerar la inversión de recursos a investigaciones que establezcan las condiciones que en Sonora, podrían lograr un eficiente aprovechamiento de *Jatropha curcas*; una planta subutilizada.

CONCLUSIONES

Es cada vez más evidente la necesidad de sustituir los combustibles fósiles por otras fuentes de energía debido a que los primeros son un recurso finito que en un futuro no muy lejano se habrán de terminar. Así mismo, la preferencia que se le ha estado dando a los productos agrícolas que tradicionalmente se utilizan como alimento para consumo humano con el fin de producir bioetanol y biodiésel, ha provocado -y seguirá esa tendencia- el encarecimiento y la escasez de alimentos de los cuales se obtienen dichos combustibles. También será un hecho que los suelos agrícolas llegarán a ser insuficientes para cubrir los requerimientos de la competencia entre los cultivos para producir alimentos y los necesarios para producir combustibles. Por las razones mencionadas, se puede inferir que el futuro de aquellas fuentes energéticas como *Jatropha curcas* es muy prometedor y es de importancia primordial dirigir el enfoque de las investigaciones hacia una mejora en las condiciones que favorezcan su eficiencia en la producción agrícola y en los rendimientos en la producción del aceite.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Achten WMJ, Nielsen LR, Aerts R, Lengkeek, AG, Kjaer ED, Trabucco A, Hansen JK, Maes WH, Graudal L, Akinnifesi F and Muys B. 2010. Towards Domestication of *Jatropha curcas*. *Biofuels*: 1(1) 91-107. Future Science Ltd. ISSN 1759-7269.
- 2) Bajpai D and Tyagi VK (2006). Biodiesel: Source, Production, Composition, Properties and Its Benefits. *Journal of Oleo Science*; Vol. 55 No. 10: 487-502 (2006).
- 3) CODESIN (2011). Consejo para el Desarrollo de Sinaloa. Paseo Niños Héroes #78 Poniente. Colonia Centro. C.P. 80000, Culiacán, Sin. México. <http://www.codesin.org.mx/node/298>
- 4) Falasca S y Ulberich A. 2008. Las Especies del Género *Jatropha* para Producir Biodiésel en Argentina. *Revista Virtual REDESMA*. Marzo 2008.
- 5) GEXSI 2008. Global Market Study on *Jatropha*. Final Report. Prepared for the World Wide Fund for Nature (WWF). London/Berlin, May 8th, 2008
- 6) Heller J. 1996. *Physic Nut -Jatropha curcas L.- Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops*. PhD dissertation at the Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research (Gatersleben, Germany) and International Plant Genetic Resource Institute (Rome, Italy).
- 7) Maes, WH, Trabucco A, Achten WMJ, Muys B. Climatic Growing Conditions of *Jatropha curcas L.* *Biomass bioenergy*. 33(10). 1481-1485.
- 8) Sener/BID/GTZ (2006): Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiésel para el Transporte en México, México, D.F., México, Noviembre 2006. ISBN 970-9983-14-8
- 9) Zamarripa A. y Díaz G. (2008). Áreas de potencial productivo de piñón *Jatropha Curcas L.*, como especie de interés bioenergético en México. INIFAP (Comité Nacional Sistema-Producto: Oleaginosas). http://www.oleaginosas.org/impr_211.shtml



BONOS DE CARBONO Y SU CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO SUSTENTABLE: PROPUESTA PARA SU EVALUACIÓN EN MÉXICO

ALBERTO PLATT CARRILLO, MARGARITA SÁNCHEZ BOURS,
JORGE LUIS TADDEI BRINGAS

Los proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto, tiene dos objetivos: Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuir al Desarrollo Sustentable del país anfitrión. En México no existen procedimientos y metodologías claras para evaluar el segundo objetivo. En el presente artículo se propone una metodología basada en la Teoría de Utilidad Multi-Atributos, para medir la contribución al desarrollo sustentable de los proyectos. Se establecen 16 indicadores de sustentabilidad, los cuales fueron aceptados y validados en un contexto regional. Asimismo, se analiza el ámbito de aplicación en nuestro país y se valida la metodología en un proyecto MDL.

M.C. ALBERTO PLATT CARRILLO.
Correo: aplatt53@gmail.com
M.C. MARGARITA SÁNCHEZ BOURS
Correo: msanchez@industrial.uson.mx
DR. JORGE LUIS TADDEI BRINGAS.
Correo: jtaddei@industrial.uson.mx
Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad de Sonora

ANTECEDENTES

El cambio climático es el mayor desafío ambiental del presente siglo; es un problema de seguridad nacional y del planeta. Existen todo tipo de evidencias sobre sus consecuencias y la certeza de que las acciones para resolverlo son impostergables (1). Dejó de ser un problema de científicos para pasar enteramente a la escena económica y social.

En el marco de un programa que reconozca la responsabilidad histórica de los países industrializados y las necesidades de crecimiento (sustentable) de los países en desarrollo; en 1997 se adoptó el llamado Protocolo de Kioto que contiene, entre otras cosas, compromisos cuantificados de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para los países industrializados. Con el propósito de apoyar su cumplimiento, se diseñaron diferentes alternativas para disminuir los costos que implicaría esa reducción; una de ellas es el "Mecanismo para un Desarrollo Limpio" (MDL) que da la oportunidad a países desarrollados de invertir en proyectos que reduzcan las emisiones en países en vías de desarrollo a cambio de otorgárseles Reducciones Certificadas de Emisiones (RCEs), coloquialmente llamados "bonos de carbono".

Además de reducir la emisión de GEI, los proyectos MDL tienen un segundo objetivo: deben contribuir al Desarrollo Sustentable (DS) del país anfitrión, según lo establecido en el artículo 12 del protocolo. El MDL ha resultado de particular interés para los países en desarrollo; sin embargo, está abierta a debate la pregunta sobre si son compatibles o se contraponen (2).

En general, las políticas destinadas a limitar las emisiones de GEI se han visto motivadas por su potencial para disminuir la tasa de crecimiento de la concentración de esos gases en la atmósfera a largo plazo y han sido analizadas en términos de sus costos versus las oportunidades económicas para los sectores productivos. En México se han realizado proyectos de mitigación en el marco de los compromisos asumidos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, pero no hay estudios que muestren la incidencia directa (contribución) de esos proyectos sobre el DS en nuestro país.

FUNCIONAMIENTO DEL MDL

El Protocolo de Kioto creó un conjunto de obligaciones jurídicamente vinculantes para los países industrializados que los obliga a reducir sus emisiones de GEI a un 5% promedio por debajo de sus niveles en 1990 durante el período compromiso 2008-2012. Estableció, por primera vez, un medio para que los países en desarrollo participen en la mitigación del cambio climático, emitiendo créditos con base en la cantidad de reducción de emisiones, lograda por las actividades de proyectos del MDL. Para cumplir, los países desarrollados están financiando proyectos de abatimiento de estos gases en países en vías de desarrollo,

acreditando tales disminuciones y considerándolas como si hubiesen sido hechas en su territorio, ver figura 1.

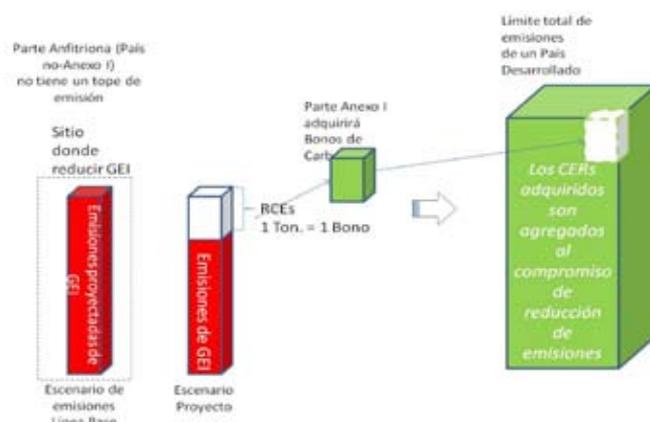


Figura 1: Funcionamiento del MDL

DIMENSIONES DEL DESARROLLO SUSTENTABLE

Muchas de las interpretaciones referentes al DS coinciden en que las políticas y acciones para lograr el crecimiento económico deben de respetar el medio ambiente y ser socialmente equitativas para alcanzar el desarrollo económico. En este sentido, destaca el esquema de los tres pilares del DS, que distingue entre sustentabilidad medioambiental (uso responsable de los recursos naturales), económica (eficiencia económica) y social (cohesión y progreso social compartido) (ver Figura 2). La gran ventaja de descomponer la sustentabilidad en dimensiones es que permite realizar su análisis y evaluación, utilizando para sistemas de indicadores que abarquen cada una de las dimensiones contempladas (3)

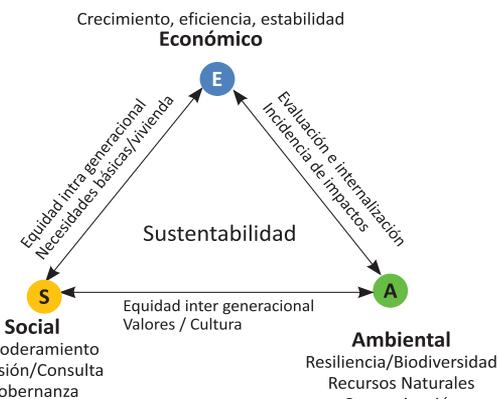


Figura 2: Elementos clave del DS e interconexiones.

Recientemente, una cuarta dimensión ha sido incorporada al esquema anterior. Se trata de la sustentabilidad institucional que considera el papel de las instituciones (no necesariamente gubernamentales) como entidades últimas capaces de llevar a cabo las medidas referentes a los tres primeros pilares. Independientemente

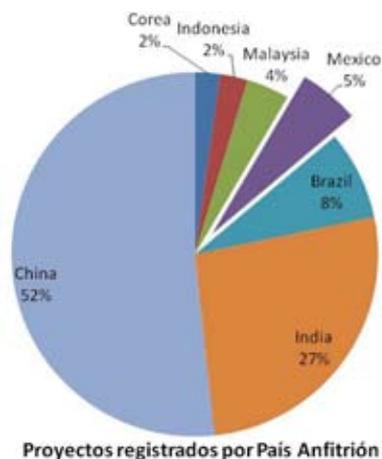
del proceso adoptado en la selección del conjunto de indicadores de sustentabilidad, las instituciones siempre deben de considerarse como los actores más importantes de todo el proceso de evaluación de la sustentabilidad.

MDL Y DESARROLLO SUSTENTABLE.

La estructura del MDL está funcionando, prueba de ello es que en el período de tiempo elegido para la revisión (2004 a 2010) se encontró un total de mil trescientos veintinueve proyectos MDL registrados en la UNFCCC. Estos proyectos presentan una contribución sustancial a la reducción de GEI a un costo eficiente; sin embargo su contribución al DS no es clara, especialmente en cuanto a los beneficios para la comunidad en donde se desarrollan los proyectos, (4 y 5). Dado que el MDL es un mecanismo impulsado por el mercado no tiene incentivo económico para promover el DS (6).

En un principio, la mayoría de los expertos preveían que las energías alternas, la eficiencia energética y los proyectos forestales iban a dominar el mercado del MDL. En el primer año y medio fue una sorpresa para la mayoría de los analistas la reducción de gases distintos del dióxido de carbono representaban más del 70% de las RCE en el MDL (7).

A cinco años de la ratificación del protocolo de Kyoto, México ha registrado 126 proyectos ante la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio, los cuales ya están generando RCEs, colocándose en el cuarto lugar a nivel mundial, como se muestra en la Gráfica 1.



Gráfica 1: Proyectos registrados a Junta Ejecutiva del MDL

EVALUACIÓN DEL DESARROLLO SUSTENTABLE

Durante los últimos años, tanto los que toman las decisiones como las partes interesadas (stakeholders) y los medios de comunicación, han manifestado un interés creciente por diseñar mecanismos o herramientas útiles para evaluar el DS, esto derivado de los consensos internacionales que han destacado la importancia del tema.

En la actualidad están desarrollándose varios

enfoques y métodos para llevar a cabo evaluaciones de la sustentabilidad de los proyectos MDL. Sutter (8) realizó un estudio de diferentes metodologías aplicadas a los proyectos, donde destaca el enfoque de múltiples criterios por su adaptabilidad a medir impactos al DS.

METODOLOGÍA PROPUESTA

La propuesta del instrumento de evaluación se fundamenta en la Teoría de Utilidad Multi-Atributos (MAUT por sus siglas en inglés) que provee un fuerte cimiento axiomático para la toma de decisiones racionales bajo múltiples objetivos (9) (10). Como el nombre indica, MAUT se basa en la teoría de la utilidad en la cual "la utilidad es la variable cuya magnitud relativa indica la dirección de la preferencia. Al encontrar la posición que más se prefiera, se dice que el individuo maximiza su utilidad". El objetivo de MAUT es lograr una medida agregada de los atractivos (utilidad) de cada resultado entre dos o más alternativas. Esta teoría asume que el que toma las decisiones es capaz de articular sus preferencias de acuerdo a las relaciones de predilección o indiferencia, y que siempre va a preferir la solución que maximice su bienestar.

En la figura 3 se presenta un esquema modificado que resume el procedimiento de MAUT en 5 etapas.



Figura 3: Esquema MAUT

Esta metodología proporciona medios para integrar mediciones cuantitativas y cualitativas en un solo estudio. Su importancia radica en la capacidad de combinar una variedad de fuentes de información incluyendo documentación, entrevistas y herramientas tecnológicas.

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

A partir de una revisión exhaustiva de los principales logros y las tendencias emergentes en el campo de los indicadores de DS -como el sistema de indicadores elaborado por la Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible y el del Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible, entre otros- se integró una estructura jerárquica compuesta por las 4 dimensiones del DS: económica, social, ambiental e institucional.

Para cada dimensión se establecieron 4 criterios o aspectos a evaluar, con su respectivo indicador de contribución a la sustentabilidad, como se muestra en la fig. 4.



Figura 4: Indicadores de DS definidos

Cada uno de los aspectos a evaluar, se definió detalladamente con los siguientes elementos básicos: descripción, forma de calcularlo, origen de la información y escala. Por su medición 6 indicadores son cuantitativos, 8 semi-cuantitativos y 2 cualitativos. El método implica el diseño de una Función de Utilidad para cada indicador, que puede expresar su valor absoluto en el proyecto o un cambio con respecto al escenario de referencia. La escala de los indicadores va de -1 a +1: la máxima utilidad (+1) representa la mejor práctica; una utilidad cero caracteriza un estado neutral, y una calificación menor que cero significa un impacto negativo del proyecto, para ese indicador en particular.

PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS

Para realizar la ponderación de los criterios se realizó un proceso de consulta participativa. Se invitó a Investigadores de cuerpos académicos consolidados, expertos en la temática, funcionarios públicos, representantes de Organizaciones no Gubernamentales (ONG), así como consultores y desarrolladores de la región, para que expresaran sus juicios de valor y preferencia en una escala de Likert de diez puntos para cada indicador propuesto. Se utilizó un software libre (Open Software: LimeSurvey versión 1.85) para el manejo de la encuesta en línea, invitación a participar, llenado de la encuesta y captura de datos.

La Gráfica 2 muestra la distribución de los actores de la consulta que respondieron la encuesta. Se enviaron 309 invitaciones a participar y se obtuvieron 195 respuestas completas válidas.



Gráfica 2: Actores de la consulta para ponderación

A los resultados obtenidos de la encuesta, se les realizó un Análisis estadístico de Componentes Principales con apoyo del software JMP 8.0 para ver la posibilidad de agrupar o reducir los indicadores en un conjunto más pequeño de variables, con la menor pérdida de información posible. En general, la jerarquía propuesta resultó completa, representativa -todos los atributos fueron relevantes-, no redundante y mínima, no hubo aspectos irrelevantes.

La Figura 5 muestra el conjunto de los indicadores establecidos, junto a las ponderaciones asignadas a cada uno de ellos.

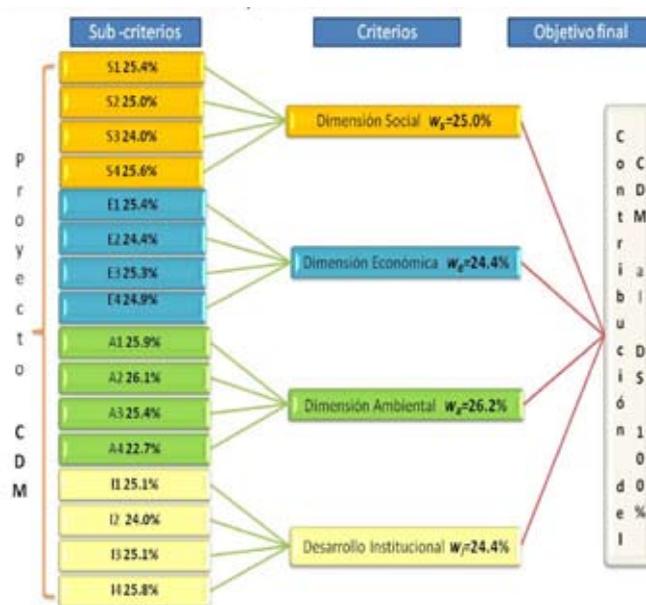


Figura 5: Resultados de la estimación de las ponderaciones de los indicadores de DS



A continuación se muestra la función matemática fundamental para calcular la utilidad general U de una alternativa (Proyecto) P del MDL:

$$U(P) = \sum_{i=1}^n w_i u_i [c_i (P)]$$

Donde:

P = proyecto del MDL a evaluar

U = utilidad general

$c = (c_1, \dots, c_n)$ el conjunto de atributos (criterio de sustentabilidad i)

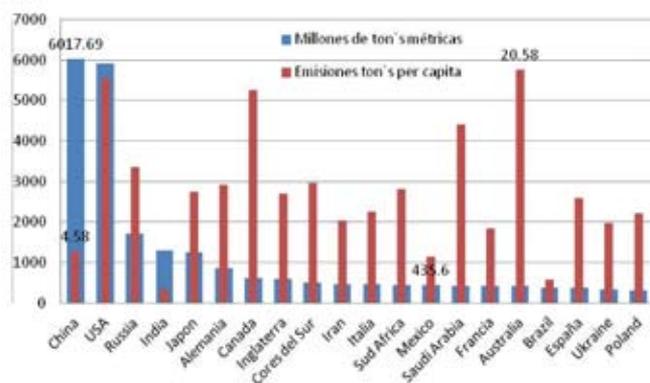
$u = (u_1, \dots, u_n)$ el conjunto de funciones de utilidad (criterio de utilidad para el sub-criterio i)

$w = (w_1, \dots, w_n)$ el conjunto de ponderaciones de los atributos (ponderación del criterio i o su importancia relativa)¹ de tal forma que

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1$$

ANÁLISIS DEL ÁMBITO DE LA APLICACIÓN EMPÍRICA

De acuerdo con las cifras reportadas por la Agencia Internacional de Energía, para el 2008 México ocupaba el lugar 13 a nivel mundial en emisiones de CO₂ por quema de combustibles fósiles, aproximadamente 1.5% de las emisiones globales. Con respecto al consumo por persona, México se ubica en un tercer lugar de los que menos consumen, con 4.59 toneladas per cápita.

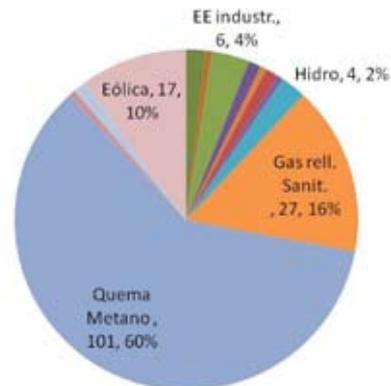


Gráfica 3: Países Emisores CO₂ per cápita y Totales

México tiene registrados 232 proyectos ante la Junta Ejecutiva del MDL, de los cuales 123 tienen RCEs expedidas

¹ La importancia relativa de una dimensión también expresa la importancia de la dimensión de la evaluación global

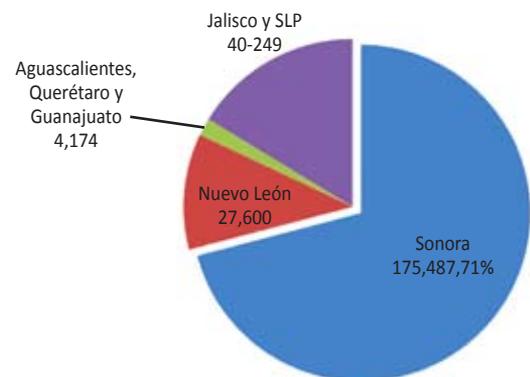
y están generando bonos en el mercado de carbono. En su mayoría los proyectos están orientados a la quema de metano. De ellos, el 60% (101) corresponden a granjas porcícolas; el 16% a rellenos sanitarios y la Energía Eólica tiene un 10% de participación. Ello se muestra en la ver gráfica 4.



Gráfica 4: No. de proyectos por sector de aplicación (México)

Esta distribución es muy diferente a la que se presenta a nivel internacional, en donde la mayor concentración de proyectos (52 %) se relaciona con la generación de energía renovable. Según revelan las estadísticas de la Junta Ejecutiva del MDL.

Dada la importancia de los proyectos de granjas porcícolas en el caso mexicano, y la alta contribución del estado de Sonora en la generación de RCEs para el sector (Gráfica 5), esa pujante industria se convierte estratégica para evaluar el impacto de los bonos de carbono respecto al desarrollo sustentable.



Gráfica 5: RCEs por Estado (tons CO₂ equivalente)

Por motivos prácticos y técnicos se decidió seleccionar a este sector como estudio de caso para obtener la información primaria requerida para el desarrollo metodológico.

Se utilizaron para la presente investigación los datos proporcionados en los documentos de diseño de proyecto (PDD) disponibles públicamente en la web de la UNFCCC. Del total de los proyectos (123) se obtuvo un subgrupo de 14 registrados en Sonora sobre granjas porcícolas, con un potencial de 770 KtCO_{2e}/año al 2012, es decir que sumarian 5656 KtCO_{2e} para ese año.

En cada uno de los proyectos seleccionados se investigó sobre las reducciones hipotéticas estimadas (toneladas métricas de CO₂ producidas por el CH₄ y N₂O). Se asume en este estudio que la factibilidad financiera de la venta RCEs logre amortizar la inversión. Teóricamente se dice que si el valor presente neto es mayor que cero la inversión es rentable. Todos los proyectos de las granjas porcícolas en el MDL han elegido un periodo de duración de 10 años y una tasa de descuento de 17.46% de interés sobre el capital invertido.

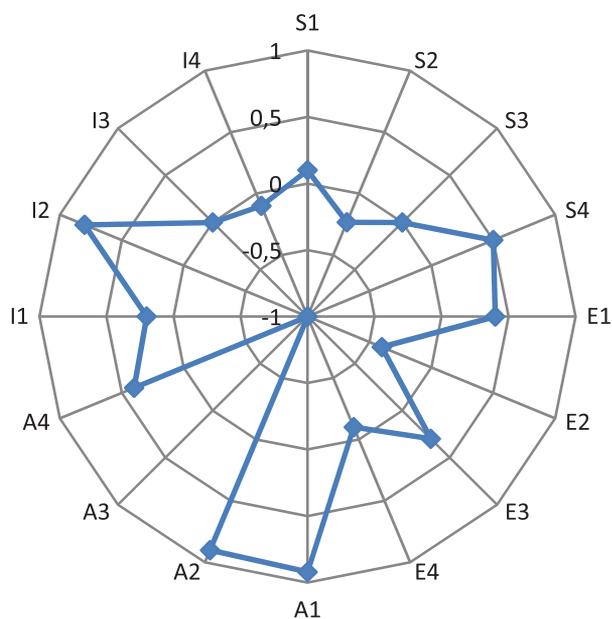
EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN

Para el estudio de caso se seleccionó el primer proyecto desarrollado en México que obtuvo RCEs. Se trata del proyecto: AWMS GHG Mitigation Project, MX05-B-02, Sonora, México, proyecto desarrollado por AgCert-International, en 14 granjas porcícolas localizadas en las zonas de Hermosillo, Navojoa y Ciudad Obregón.

Este tipo de proyectos supera la práctica tradicional y dominante en México, de gestión de excretas animales, la cual consiste en colocarlas en "lagunas" a cielo abierto que liberan todo el metano (CH₄) y el óxido de nitrógeno (N₂O) producidos en el proceso. En cambio las acciones propuestas en los proyectos MDL están encaminadas a aprovechar las excretas animales de las granjas porcícolas, mediante la instalación de Biodigestores para la producción de biogás que puede ser utilizado en la generación de electricidad y/o energía calórica para dar cobertura a las necesidades de las granjas y al mismo tiempo reducir las emisiones de gases GEI, así como mejorar la calidad del agua y reducir los olores.

Además, contribuyen al mejoramiento ambiental en la medida que aumentan las condiciones sanitarias, anula los malos olores y reduce tanto la emisión de compuestos orgánicos volátiles (VOC, por sus siglas en inglés) como el impacto ambiental de la parte líquida de las excretas porcícolas.

Los resultados de la evaluación de la contribución al DS son presentados en un gráfico radial, en el cual se representan los valores de cada indicador a lo largo de un eje independiente que se inicia en el centro del gráfico con la calificación más baja de -1 y finaliza en el anillo exterior con la calificación más alta de +1.



Gráfica 6: Perfil típico de un proyecto AWMS

Esta representación permite visualizar el perfil de contribución a la sustentabilidad de los proyectos evaluados. Los indicadores sociales están representados en los gajos S1 al S4, y así sucesivamente los criterios Económicos, Ambientales e Institucionales.

La gráfica 6 sugiere el perfil típico de la evaluación de la contribución al Desarrollo Sustentable de los proyectos AWMS seleccionados; en ella se muestra un desempeño sobresaliente en los indicadores ambientales de Calidad de agua y Aire, no así en las condiciones del suelo. Los demás indicadores permanecen más bien neutrales.

CONCLUSIONES

La mayoría de las conclusiones encontradas en la revisión bibliográfica reconocen que el MDL está trabajando bastante bien en términos de su capacidad de generar Bonos de carbono, pero destacan problemas, como la desigual distribución geográfica de los proyectos y la falta de beneficios para el desarrollo sustentable de muchos de los proyectos. Una conclusión común es que la estructura mercantil del MDL y la atención a la reducción económica de las emisiones, son las principales causas de esta problemática.

La metodología propuesta para la evaluación de la contribución al DS de los proyectos del MDL, presenta utilidad práctica y posibilidad real de aplicación ya que se basa en características deseables para apoyar a nuestra sociedad en su transitar a un Desarrollo más Sustentable.

La evaluación de la contribución al DS de los proyectos MDL, a través de la metodología propuesta, puede considerarse una herramienta potencialmente útil para los decisores públicos encargados de diseñar y aplicar políticas en relación al cambio climático.

El cambio climático supone un mayor riesgo de cambios abruptos sobre la estrategia competitiva de las empresas, ya que los promotores potenciales del cambio -consumidores, empresas, ONG, gobiernos y medios de comunicación - son muy numerosos, diversos y globales. Como tal, el cambio climático puede afectar el contexto competitivo.

Si se acepta el concepto de DS como una construcción social, cambiante, en función de las demandas de la ciudadanía, es necesario introducir en este tipo de análisis las correspondientes preferencias sociales. Sólo así la evaluación tendrá en consideración las tasas de intercambio entre los objetivos económicos, sociales y ambientales que se consideran socialmente aceptables. En ese sentido, los procedimientos multicriterios de estimación de ponderaciones, así como los decisores responsables de concretarlos, siguen siendo temas abiertos a debate.

La propuesta realizada en este trabajo (pesos de las dimensiones de la sustentabilidad otorgados por el conjunto de actores invitados, en su mayoría académicos) debe considerarse tan sólo como un punto de partida para futuras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- 1). Landa, R., Ávila, B. y Hernández, M. *Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para América Latina y el Caribe. Conocer para Comunicar*. México: British Council, PNUD México, Cátedra UNESCO-IMTA, FLACSO México, 2010.
- 2). *Does climate policy promote development?* Michaelowa, A. y Michaelowa, K. 84, s.l.: Climatic Change, 2007, Climatic Change 84, págs. 1-4.
- 3). Bell, S. y Morse, S. *Sustainability indicators: measuring the immeasurable?* London: Earthscan Publications, 2008.
- 4). *The clean development mechanism's contribution to sustainable development: A review of the literature*. Olsen, K. H. 2007, Climatic Change, 84, págs. 59-73.
- 5). *Clean and sustainable? An evaluation of the contribution of the clean development mechanism to sustainable development in host countries*. Policy and Operations Evaluation Department. s.l.: Dutch Ministry of Foreign Affairs, 2008. Disponible en <http://www.minbuza.nl/binaries/en-pdf/iob-evaluatie/rapporten/39897_buza_iob310.pdf>.
- 6). *Market failure: Why the clean development mechanism won't promote clean development*. Pearson, B. 2007, Journal of Cleaner Production, 15, págs. 247-252.
- 7). *The clean development mechanism: History, status, and prospects*. Lecocq, F y Ambrosi, P. 2007, Review of Environmental Economics and Policy, 1, págs. 134-151.
- 8). Sutter, Christoph. *Sustainability check up for CDM projects*. Berlin: wvb, Wissenschaftlicher Verlag Berlin, 2003.
- 9). Winterfeld, D. y Edwards, W. *Decision Analysis and Behavioral Research*. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1986.
- 10). 2002. *Decision analysis framework for life-cycle impact assessment*. Seppälä, J., Basson, L. y Norris, G.A. 2002, Journal of Industrial Ecology 5(4), págs. 45-68.
- 11). *Technology transfer by CDM projects*. Haites, E, Duan, M.S y Seres, S. 2006, Climate Policy, 6, págs. 327-344.





LA COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA COMO POLÍTICA PÚBLICA: DECLARACIÓN DE MORELIA

EL PAÍS REQUIERE UN PROGRAMA NACIONAL DE DIVULGACION CIENTÍFICA

RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ

El país necesita un Programa de Divulgación Científica Tecnológica y el establecimiento de políticas públicas por parte de los tres sectores de gobierno para que el conocimiento científico impacte favorablemente a la educación, la cultura, el desarrollo científico y tecnológico, la innovación y competitividad. Abatir el analfabetismo científico es la meta prioritaria al planear y avanzar en un Estado basado en el conocimiento y lograr un verdadero desarrollo sustentable, en el que la sociedad sea el principal beneficiada.

ING. RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ
Coordinador del Programa de Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica
División de Ingeniería, Universidad de Sonora.
Correo: rpachecor2009@hotmail.com

XVIII Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia y la Técnica

2do. Congreso Estatal de Difusión y Divulgación de la Ciencia y la Tecnología



LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Con el nombre de Comunicación de la Ciencia como Política Pública, del 3 al 7 de octubre pasado, se realizó el XVIII Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia y la Técnica en Morelia Michoacán, organizado por la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICyT) y el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Michoacán.

En el evento se presentaron experiencias exitosas en divulgación, se plantearon inquietudes y reflexiones; no sólo de los divulgadores, educadores, investigadores y comunicadores de la ciencia de todo el país, sino también las autoridades e instancias gubernamentales como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y el representante de la Red Nacional de Consejos Estatales de Ciencia, Rectores de Instituciones de Educación Superior, Centros de Investigación, empresarios, estudiantes y medios de comunicación.

En total participaron 23 Estados de la república con 104 ponencias, tres mesas redondas, presentación de libros y conferencias magistrales. Al evento asistieron los países de Brasil, Colombia, Venezuela, España, Portugal, Costa Rica, Venezuela, Cuba, Estados Unidos, Inglaterra, España, entre otros.

ASPECTOS RELEVANTES DEL CONGRESO

En el congreso se elaboró la Declaración de Morelia como un esfuerzo para gestionar y promover; ante las autoridades gubernamentales de los tres niveles, las Instituciones de Educación Superior, Sectores productivos y sociedad en general; diferentes pronunciamientos como una preocupación de implementar políticas públicas a nivel nacional para que el conocimiento científico y tecnológico sea un común denominador, estratégico en el fortalecimiento de la economía y la innovación



tecnológica, la educación y la cultura de la sociedad para lograr un país igualitario, democrático y sustentable.

A continuación se anexa la declaración de Morelia en forma íntegra:

DECLARACIÓN DE MORELIA

Los divulgadores de la ciencia, científicos, maestros, profesionales, estudiantes, periodistas e interesados en la información y comunicación pública de la ciencia, participantes en el XVIII Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia y la Técnica y el II Congreso Estatal de Difusión y Divulgación de la Ciencia y Tecnología en Michoacán, organizado por la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICyT) y el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Michoacán (COECyT Michoacán), celebrado en la ciudad de Morelia, México, del 3 al 7 de octubre del presente año, bajo el tema central "La comunicación de la ciencia como política pública", reconocemos:

La importancia de divulgar la ciencia y comunicar los procesos de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación a diversos públicos, para elevar la calidad de vida de las sociedades contemporáneas, contribuir a la apropiación del conocimiento científico, consolidar una cultura científica en la sociedad y democratizar el conocimiento.

Que el conocimiento que generan las instituciones de educación superior y los centros de investigación científica y tecnológica puede contribuir a resolver problemas que van desde los personales y cotidianos hasta los económicos, sociales y culturales, y los de alcance colectivo. Así, la comunicación de la ciencia está llamada a cumplir una función social cada vez más definida y relevante.

La importancia de la participación ciudadana en el intercambio de saberes, que reconoce diferentes expresiones culturales y se enriquece con el conocimiento y los valores generados por la sociedad, para construir soluciones a necesidades reales y cotidianas.

COMPROMISOS

Por todo lo anterior, declaramos el compromiso de impulsar las acciones que a continuación se enuncian:

1. Solicitar a los tres niveles de gobierno la adopción y el desarrollo de políticas públicas orientadas al impulso de la divulgación de la ciencia.
2. Promover que las instituciones de educación superior, los centros de investigación, las academias, las asociaciones, el consejo nacional y los estatales de ciencia y tecnología se pronuncien y contribuyan al desarrollo de dichas políticas públicas.
3. Presentar ante legisladores propuestas para que la divulgación de la ciencia se considere una política de Estado.
4. Promover la elaboración de un Programa Nacional de Divulgación de la Ciencia la Tecnología, así como programas estatales basados en las necesidades y características de cada entidad, previo diagnóstico.
5. Impulsar ante las comisiones de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados federales y estatales, y de Senadores presupuestos para la realización de diversos programas de divulgación, con un plan estratégico y con metas a corto, mediano y largo plazo.
6. Contribuir al diseño de prácticas de divulgación de la ciencia, la tecnología e innovación adaptadas a todos los públicos, sin exclusión, promoviendo la participación ciudadana y el pensamiento racional y crítico.
7. Propiciar la profesionalización de la actividad de divulgador de la ciencia como parte de los programas de estudio de las carreras afines, reforzar los posgrados existentes y crear otros nuevos.
8. Impulsar la investigación en comunicación de la ciencia, así como la evaluación, como elementos clave para comprender y mejorar la proyección de la ciencia hacia la sociedad.
9. Apoyar una política editorial diversa con libros, periódicos, revistas, páginas electrónicas y otros medios.
10. Establecer nuevos marcos de colaboración con los medios masivos de comunicación, a fin de alcanzar espacios de interés común que permitan que el conocimiento científico generado en México llegue más y mejor al gran público.
11. Generar y difundir un directorio de agencias mexicanas y latinoamericanas de noticias científicas a través de las cuales se divulgue la creciente producción científica y tecnológica de las universidades y los centros de investigación de los países latinoamericanos.
12. Reforzar los vínculos entre asociaciones y redes nacionales y de Iberoamérica, cuyo objetivo principal sea la socialización del conocimiento.

Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICYT)
Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Michoacán (COECyT)

PRUPUESTAS PARA LOS ESTADOS

Lo que traemos a la agenda para el Estado de Sonora es impulsar la creación del Programa Estatal de Divulgación Científica y Tecnológica y para que la divulgación de la ciencia se considere como una política de Estado. Trabajar en coordinación con las entidades de gobierno: federales y estatales y municipales, con el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Sonora, con los legisladores, con la Asociación de Universidades e Instituciones de Educación Superior del País (ANUIES), con las Redes del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del CONACyT, Centros de Investigación, Asociaciones de Profesionistas, redes regionales de divulgación científica, medios de comunicación, entre otros.

Sugerimos que en los estados del país se retomen estos postulados, como parte de un programa a desarrollar y trabajemos en redes de comunicación y colaboración a través de enlaces electrónicos operativos en todo el país. La revista EPISTEMUS de la Universidad de Sonora se compromete a ser parte de esta iniciativa nacional.





INSECTICIDAS CASEROS: BENEFICIO A CORTO PLAZO... ¿DAÑO A LARGO PLAZO?

MARÍA LOURDES ALDANA MADRID,
MARGARITA FALCÓN-ETCHECHURY

Algo que no puede faltar en los hogares son los plaguicidas, productos que utilizamos para combatir a las plagas que se presentan en nuestras casas. Roedores e insectos (rastreros o voladores) son las principales que tenemos que combatir a diario o por temporadas; para su control tenemos disponibles una gran variedad de insecticidas y rodenticidas comerciales, ejemplos de ellos son Raid, Baygon, Okko, H24 (solo contra insectos) entre otros. Indiscutiblemente obtenemos un efecto casi inmediato sobre las plagas, pero debido principalmente al mal uso que hacemos de ellos (aplicaciones constantes y en exceso) podemos estar expuestos a daños como irritaciones en la piel y ojos, somnolencia, dolores de cabeza, daño en el sistema inmune, incluso pueden llegar a causar cáncer. Para fines del control de plagas, sólo especialistas deben aplicar los productos recomendados y autorizados para uso doméstico; y nunca usar productos que actúan como los señalados comercialmente, ya que también se contaminan alimentos y utensilios de cocina.

DRA. LOURDES ALDANA MADRID
Correo: laldana@guayacan.uson.mx
Q.B. MARGARITA FALCÓN-ETCHECHURY
Correo: mgy@hotmail.com
Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos
Universidad de Sonora

INTRODUCCIÓN

Sin duda, los organismos más difíciles de controlar son los insectos, por lo que existe una extensa variedad de productos comerciales, a los cuales se hacen resistentes. El número de insectos supera al número de mamíferos y están presentes casi en cualquier lugar de la tierra. Han sido descubiertas muchas especies de insectos, esto equivale a tres veces más que el resto del reino animal. Su población ha sido estimada en 200 millones de individuos por cada humano y cerca de 10 billones por kilómetro cuadrado de superficie terrestre (1). Podemos encontrar insectos benéficos para la actividad económica del hombre, pero también existen perjudiciales ya que son la causa de grandes pérdidas en los cultivos y productos almacenados, así como también, pueden causar o transmitir enfermedades al hombre y animales.

PLAGUICIDAS

Como mencionamos anteriormente, para combatir estos organismos hacemos uso de los plaguicidas, según la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) (2) un plaguicida es cualquier sustancia o mezcla de componentes que se destina a controlar cualquier plaga incluidos los transmisores de enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, por ejemplo, las que causan daño durante el almacenamiento o transporte de alimentos u otros bienes materiales, así como las que interfieran con el bienestar del hombre y de los animales.

Existen diferentes maneras de clasificar a los plaguicidas; por ejemplo, por su concentración, por su modo de acción, por el uso al que se destina, por su composición química u organismo que controla; dentro de esta última clasificación encontramos a los insecticidas, los más conocidos encontramos a los carbonatos, organofosforados, organoclorados y piretroides.

Actualmente los piretroides son los compuestos más utilizados en los productos comerciales, y están presentes como ingredientes activos de algunas de las marcas conocidas como Raid, H24, Baygon; algunos de los componentes de estos son: Imiprotina, ciflutrina, tetrametrina, aletrina, permetrina, esbiotrina, teflutrina, cipermetrina, fenvalerato, deltametrina (todos ellos piretroides), propoxur (carbamato). Respecto a esto podemos observar que sus nombres químicos son similares en su terminación se debe a que la gran mayoría pertenece a la familia de los piretroides. Pero ¿qué es un piretroide?

PIRETROIDES

Los piretroides son derivados sintéticos de las piretrinas



las cuales son el insecticida natural que producen ciertas especies de la flor del piretro (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) (3). Si se ingieren dosis elevadas causan vómito, cefalea, poca coordinación, temblor, salivación, diarrea e irritabilidad al sonido y al tacto. Algunos piretroides causan parestesia (sensación de hormigueo) en humanos. Cuando los materiales líquidos o volátiles se ponen en contacto con la piel se presenta picazón, ardor, comezón y hormigueo que avanza hasta entumecimiento y manifestaciones nerviosas moderadas (2).

Los piretroides comparten modos de acción similares a los del DDT, se les considera como venenos axónicos (aquellos que de alguna manera afectan la transmisión de impulsos eléctricos a lo largo de los axones, la larga extensión de los cuerpos celulares de las neuronas). Los piretroides afectan tanto el sistema nervioso central como el periferal del insecto. Tales secuelas son causadas por su acción sobre el canal de sodio, un diminuto hueco que permite a los iones sodio entrar al axón para causar excitación (12). Se clasifican en dos tipos de acuerdo a su toxicidad:

- Tipo I. Carentes del grupo α -ciano en su molécula. Los efectos tóxicos son a nivel periférico (nervios craneales y espinales y sus ganglios asociados) (13), que se manifiesta en temblor fino e incoordinación de las extremidades. En este tipo se encuentran: Aletrina, permetrina, tetrametrina, cismetrina y D-fenotrina.

- Tipo II. Poseen el grupo α -ciano en su molécula. Son tóxicos periféricos pero a nivel central (lo que significa que actúa a nivel en la médula espinal y en el encéfalo) (13). Puede presentar espasmos generalizados convulsiones. Se incluye: cipermetrina, deltametrina, fenvalerato, fenpropanate.

Generalmente todos son liposolubles. Pueden acumularse en diferentes órganos y tejidos. Son sustancias fotosensibles y se degradan con la luz (4). Los piretroides incluyen alrededor de 3,500 productos registrados de diversas clases. Están considerados como poderosos y de amplio espectro; clasificados como de persistencia moderada en el ambiente, baja volatilidad y pobre movilidad en suelos (5). Son generalmente mezclas compuestas por estereoisómeros o compuestos que tienen muy pequeñas diferencias químicas en sus estructuras, comparados con otros compuestos puros; esta es una razón por la cual se reportan variaciones en la toxicidad de estos compuestos (3).

El uso de piretrinas y piretroides se ha ido incrementando durante la última década con la disminución en el empleo de plaguicidas organofosforados, son más tóxicos para las aves y los mamíferos

que los piretroides (4). La utilización de los Piretroides; como cipermetrina, permetrina y deltametrina; se ha incrementado para el control de plagas en los hogares debido a su alta actividad insecticida y considerable baja toxicidad a mamíferos, comparado con otros plaguicidas (5). El uso de insecticidas menos tóxicos es, por lo general, benéfico pero también tiene sus desventajas; por ejemplo, el uso residencial puede conducir a su presencia en forma de escorrentía (describe el flujo del agua de lluvia, nieve, u otras fuentes, sobre la tierra y es un componente principal del ciclo del agua) generando consigo una poderosa fuente de exposición a la vida acuática (5); se sabe que los piretroides son extremadamente tóxicos a organismos acuáticos (3).

Después de los tratamientos que realizamos en el hogar, la persistencia en aire y/o en paredes y en muebles, el insecticida dura en promedio tres meses o más. A pesar de que estos insecticidas son moderadamente tóxicos, la prolongación de estos en tejidos de mamíferos puede ser peligrosa (6).

¿QUE PASA CON LOS INSECTICIDAS CASEROS?

Para conocer el tipo de productos que tenemos disponibles para el control de plagas en los hogares, tanto los destinados a la jardinería (uso en jardines y plantas de ornato), como los empleados en el interior del hogar (o domésticos), se realizó una búsqueda en los comercios de la localidad y con ello se elaboró el cuadro 1, donde se muestran los ingredientes químicos responsables de la actividad insecticida que contienen algunos de estos productos comerciales de uso común. En dicho cuadro podemos observar que de los 17 insecticidas presentados, el 18 % contiene solo un piretroide, mientras que el 41 % contienen de 2 o 3 de ellos (también contienen ingredientes como son: aroma, conservadores y solventes, entre otros). Los piretroides que se encuentran con mayor frecuencia en productos comerciales son la tetrametrina e imiprotina, los cuales pertenecen a la categoría toxicológica IV y III respectivamente. Esta clasificación se basa en el riesgo que presentan para la salud (IV es un producto que es ligeramente tóxico y III es un producto moderadamente tóxico).

Insecticida Comercial (tipo de presentación)	Componentes (g/kg)												
	Tet	Per	Ale	Cfe	Imi	Cip	Pra	Del	Cfl	Pro	Fen	Esb	Tra
Baygon casa y jardín (400 ml)	3.0	1.0	1.0										
Baygon cucarachas e insecticidas rastreros (400 ml)					1.0				0.5				
Baygon plaquitas (por cada 100mg)												200	
Baygon ultra cucarachas y escorpiones (400 ml)					1.0	1.0							
Baygon verde (400 ml)					1.0	1.0							
H24 acción doméstica (426 ml)	2.99			1.0									
H24 casa y jardín (426 ml)	2.99			1.0									
H24 mata cucarachas (429 ml)													
H24 poder fulminante ultra eficaz (429 ml)							0.093	0.315		1.507			
H24 verdugo (426 ml)							0.093	0.315		1.507			
Okko espirales cada espiral (150g)							0.44						
Raid casa y jardín (400ml)	2.5	1.0	1.0										
Raid espirales cada espiral (150g)													0.3
Raid laminitas (por cada 100mg)					0.5				0.15			200	
Raid mata cucarachas e insectos rastreros (400ml)					1.0	1.0							
Raid mata cucarachas moscas y mosquitos (400ml)					0.5				0.15				
Raid mata moscas y mosquitos (400ml)	3.5	1.0	1.0										

*g/L

Abreviaturas

Tetrametrina (Tet)

Imiprotina (Imi)

Propoxur (Pro)

Permetrina (Per)

Cipermetrina (Cip)

Fenvalerato (Fen)

Aletrina (Ale)

Praletrina (Pra)

Esbiotrina (Esb)

Ciflutrina (Cfe)

Deltametrina (Del)

Transflutrina (Tra)

Ciflutina (Cfl)





Estudios realizados han demostrado la presencia de residuos de tetrametrina en superficies sólidas (pisos) indicando que esto se debe a la posible redistribución en los hogares, así como también al uso para controlar pulgas y garrapatas en animales domésticos, moscas y termitas del hogar (7).

ESTUDIOS REALIZADOS EN INSECTICIDAS PIRETROIDES DESTINADOS AL HOGAR

Los estudios realizados en animales de experimentación son considerados como análisis previo a su comercialización para uso doméstico o agrícola. La exposición de animales de laboratorio a estos compuestos (piretroides), muestran un número variado de efectos que incluyen: disfunción hepática, fiebre, anomalías inmunológicas, cambios neuroquímicos y citotóxicos (8). Aldana y colaboradores en el 2001, demostraron que la cipermetrina puede causar efectos hepatotóxicos (9). El prolongado e indiscriminado uso de cipermetrina es reportado como causante de toxicidad aguda y crónica en animales, incluyendo el humano, ya que la mayoría de los tóxicos son metabolizados en el hígado y este proceso puede causar lesiones bioquímicas e histológicas (10).

Los insecticidas piretroides actúan a nivel de los canales de sodio en el sistema nervioso, algunos de los síntomas reversibles reportados en humanos podemos encontrar: sensaciones anormales de quemazón, hormigueo, picazón, aturdimiento, así como parestesias después de la aplicación a través de la piel, vía oral o por inhalación (11).

CONCLUSIONES

Es ya conocido el daño que causan o pueden causar los piretroides, ya que existen diversos estudios científicos realizados en torno al tema; el peligro de estos no radica simplemente en el grado de toxicidad de los mismos, si no en las aplicaciones constantes y prolongadas que realizamos en nuestros hogares y jardines. Las nuevas generaciones de insecticidas son cada vez menos dañinas para el ambiente, así como para el hombre; sin embargo se vuelve a caer en el error de utilizar estos productos indiscriminadamente y esto representa el verdadero

peligro para la salud. Seguir las instrucciones "al pie de la letra" es indispensable para reducir el riesgo que presenta la exposición prolongada a estos productos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) <http://www.infoagro.net/shared/docs/a3/2Insectos.pdf> Consultado el 13 de Febrero del 2011.
- 2) COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios), 2009 CICOPAFEST (Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas 2004). Catalogo Oficial de Plaguicidas , México, D.F. Pp. I-XI.
- 3) Mekebr, A., Crane, DB., Blondina, GJ., Oros DR., Rocca, JL. 2008. Extraction and analysis methods for determination of pyrethroid insecticides in surface water, sediments and biological tissues at environmentally relevant concentrations. Bull Environ Contam Toxicol. 80:455-460.
- 4) Aldana, ML. 2002. Revisión: Efecto toxicológico de los insecticidas piretroides. UBAMARI Revista Hispanoamericana de Ciencia y Tecnología. 49:46-59.
- 5) <http://www.epa.gov/opsrdd1/reevaluation/pyrethroids-pyrethrins.html> Consultado el 30 de mayo del 2011
- 6) Altug, Y., Ferah, S., Yigit U., Mehmet, T., Nefise, Y. 2006. The pyrethroid cypermethrin induced biochemical and histological alterations in rat liver. Journal of Health Science. 52 (6) 774-780.
- 7) Obendorf S., Lemley A., Hedge A., Kline A., Tan K., Dokuchayeva T. 2006. Distribution of pesticide residues within homes in central New York State. Arch. Environmental Contamination and Toxicology. (50) 31-44.
- 8) Salah S., Abdou H., Abdel - Rahim E. 2009. Modulatory effect of vitamins A, C and E mixtures against tefluthrin pesticide genotoxicity in rats. Journal of Agriculture and Biological Sciences. 5 (6): 1070 - 1078.
- 9) Aldana L., Tsutsumi V., Craigmill A., Silveira M., de Mejia E. 2001. -Tocoferol modulates liver toxicity of the pyrethroid cypermethrin. Toxicology Letters. 125: 17-116.
- 10) Yavasoglu A., Saym F., Uyanikgil Y., Turgut M., Karabay N. 2006. The pyrethroid cypermethrin induced biochemical and histological alterations in rat liver. Journal of Health Science. 52 (6):774 - 780.
- 11) <http://www.siicsalud.com/dato/editorial.php/22783> Consultado el 30 de mayo del 2011.
- 12) http://www.csr.servicios.es/LABORATORIO/DESCARGAS/LOS_INSECTICIDAS_LECTURA_AVANZADA.pdf Consultado el 14 de junio del 2011.
- 13) Snell R. 2007. Neuroanatomía clínica. 6ª ed. Editorial Panamericana. Impreso en España. ISBN 978-950-06-0089-7

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

BREVIARIOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Una batería, pila o acumulador es una fuente de energía eléctrica que ha hecho posible el desarrollo de una infinidad de dispositivos (automóviles de combustión interna, teléfonos celulares, radios portátiles, cámaras fotográficas, calculadoras, computadoras portátiles, automóviles eléctricos, etcétera) que han incidido en la vida de los humanos.

La miniaturización y la mayor eficiencia de las baterías han posibilitado también los diseños más compactos de los diferentes dispositivos. Para lograr ésto se ha requerido de un gran trabajo en la ciencia básica y aplicada, y en la tecnología.

La corriente eléctrica

Así como para mover agua de forma natural se requiere de un desnivel que produzca una diferencia de energía potencial gravitacional, y para que el calor fluya naturalmente debe de haber una diferencia de temperaturas; en el caso de una corriente eléctrica debe de establecerse una diferencia de potencial eléctrico.

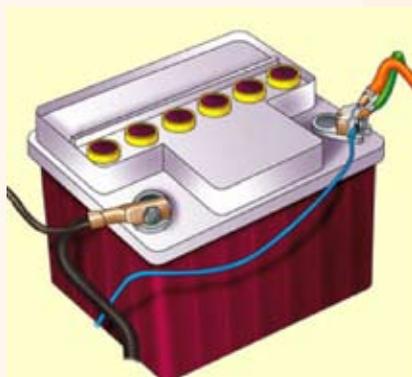
Con la conversión de otros tipos de energía, se obtiene la energía eléctrica al producirse una diferencia de potencial, la que suministra a las cargas eléctricas (electrones) una velocidad de deriva (velocidad promedio en una dirección). La velocidad de deriva es la resultante del movimiento preferente que se obtiene al aplicar un voltaje a un conductor eléctrico, sin el cual el movimiento de las cargas es al azar y por lo tanto no hay un flujo neto promedio de carga. En ese sentido, es erróneo hablar de un fluido eléctrico (como un fluido en una tubería), ya que las cargas no entran por un extremo del conductor y salen por el otro.

Las baterías

Las baterías son dispositivos que transforman y almacenan como energía química la energía eléctrica que reciben y efectúan el proceso inverso en el transcurso de la descarga.

Entre las más comunes están las baterías de plomo que se utilizan en los automóviles para cubrir los requerimientos de ignición, iluminación y arranque del motor de los mismos.

En la década de los 50's se desarrollaron las baterías de níquel-cadmio que suministran energía a artículos electrónicos de consumo como videocámaras, computadoras, teléfonos celulares y toda la gama de nuevos dispositivos que entran al mercado.



Baterías ion-litio

En la búsqueda de baterías más ligeras y de mayor densidad de energía (watt-hora/kilogramo) para el mercado de la electrónica de consumo y de la necesidad de desarrollar transporte no contaminante por medios eléctricos, se ha llegado a la tecnología del litio.

Una característica importante del litio es que de los metales es el más ligero (su número atómico es 3), así con un peso pequeño comparado con otras baterías se puede tener la misma energía disponible.

En un principio se usó un ánodo de litio metálico en combinación con cátodos de ciertos óxidos de metales de transición (zinc, cadmio, mercurio) y sales de litio como electrolito; obteniendo celdas electroquímicas reversibles con valores de voltaje superiores a los de otros sistemas, lo que dio como resultado una alta densidad de energía.

Sin embargo, debido a la gran reactividad del litio metálico, que podría representar problemas de seguridad, el uso del metal como ánodo se ha desechado y en su lugar se ha incorporado el grafito, un material más seguro y capaz de intercalar (insertar) o almacenar iones de litio en una forma menos reactiva que la del litio metálico, sin un notable detrimento de su densidad energética, además del uso de plásticos poliméricos como electrolitos.

Desde 1991 se comercializan las baterías ion-litio, como las llamadas baterías tipo botón que se utilizan principalmente para juguetes, teléfonos celulares, relojes, computadoras portátiles, etcétera; las cuales son llamadas pilas primarias y que son desechadas una vez que se ha agotado su energía.

Las baterías recargables o secundarias se basan en la inserción (o intercalación) y desinserción de iones de litio (Li+) entre los electrodos, donde los iones de litio se mueven desde el ánodo al cátodo durante los procesos de descarga y, a la inversa, desde el cátodo al ánodo en los procesos de carga. Estas son las que se usan en algunos dispositivos, listados arriba y en los automóviles híbridos (gasolina-eléctrico) actuales y que permitirán tener los automóviles puramente eléctricos.

Comparativo entre diferentes tipos de baterías.

Tipo	Energía/masa(Wh/kg)	Recargas
Plomo- ácido	30-40	500-800
Níquel-cadmio	40-60	2000
Ion-Li-polímero	100-130	2500

El propósito de este material es la divulgación de la ciencia y la tecnología: circúlalo, cópialo, intercámbialo, coleccionalo



NOTI-INGENIO

INAUGURAN EL CAMPO DE PRUEBAS DE HELIÓSTATOS EN SONORA

Como un hecho histórico para la Universidad de Sonora que le permitirá participar en un proyecto que representa un nicho de oportunidades, en donde los sonorenses podrán trascender y colaborar tecnológicamente con el país, calificó el rector Heriberto Grijalva Monteverde el Campo de Pruebas de Helióstatos. En la inauguración del de experimentación el pasado 30 de octubre de 2011, estuvieron presentes el Rector de la Universidad de Sonora, Dr. Heriberto Grijalva Monteverde, El Dr. José Narro Robles de la Universidad de Nacional Autónoma de México, el Lic. Guillermo Padres Elías Gobernador del Estado de Sonora, autoridades del CONACYT entre otros.

El campo de pruebas de Heliostatos (CPH) se suma a los esfuerzos para desarrollar fuentes de energías alternas y sustentables aprovechando la radiación solar y convertirla en energía eléctrica.

El CPH -instalado en los terrenos del Departamento

de Agricultura y Ganadería- es un proyecto general del Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar, apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Esta unidad es un campo experimental de energía de torre central con fluidos radioactivos concentrados, dicha estructura tiene una altura de 40 metros y funciona con 15 heliostatos.

En la primera etapa se invirtieron 44 millones de pesos, entre el Conacyt, UNAM y Universidad de Sonora, mientras que la segunda etapa a tres años- que inicia este año y termina el 2014 -, tendrá una inversión de 24 millones de pesos, de los cuales la dependencia federal aportará la mitad, una cuarta parte serán recursos del alma mater y el resto de la Autónoma de México.



OTORGAN PREMIO NACIONAL EN EDUCACIÓN A VICTOR M. CALLES MONTIJO



En el marco de la Convención Internacional de Minería se entregó el Premio Nacional en Educación en Ciencias de la Tierra al maestro Víctor Manuel Calles Montijo, académico de la Universidad de Sonora. El reconocimiento es otorgado por la Asociación Nacional de Ingeniería de Minas Metalurgistas y Geólogos de México A.C (AIMMGM AC), la cual cada dos años distingue la labor de los, aproximadamente 2000 socios del

país en las áreas de educación, medio ambiente, minería y metalurgia.

El Ing. Víctor Calles está adscrito al Departamento de Ingeniería Civil y Minas con más de 34 años de antigüedad como docente, tiempo en el cual ha formado recursos humanos en minería, impulsado proyectos de vinculación entre la universidad y el sector productivo.

La entrega del premio estuvo a cargo del Presidente de la República, Felipe Calderón Hinojoza y de Sergio Trelles Montijo, Presidente de la Asociación, el pasado 25 de octubre en el Centro de Convenciones de Acapulco, Gro. En

dónde cerca de 10,000 personas se dieron cita a ell evento más importante del país.

El galardonado considera que este reconocimiento no sólo representa un estímulo personal sino un reconocimiento a los programas de estudio de la Universidad de Sonora de la que se siente orgulloso. Por su parte el Dr. Jesús Leobardo Valenzuela García, Director de la División de Ingeniería, considera que el premio da fe de la calidad de los programas académicos y la calidad de la planta docente. La UNISON es competitiva en las áreas de minería y metalurgia.

En hora buena para el Ingeniero Víctor M. Calles.

EL LEGADO DEL FÍSICO GUSTAVO ADOLFO VÁZQUEZ POLO



Profundo pesar causó en la comunidad universitaria el inesperado deceso el pasado 8 de octubre del año en curso, del doctor en ciencias, físico Gustavo Adolfo Vázquez Polo en un accidente vial.

A fines del mes en septiembre, junto con el académico Salvador Cruz Jiménez, había recibido un testimonio de reconocimiento por su permanente contribución académica y científica, además de haber sido uno de los fundadores del Departamento de Investigación en Física de la Universidad de Sonora (DIFUS).

En esa ocasión, en acto realizado en el auditorio del Departamento de Física, se le entregó una placa por su invaluable aportación y asesoría en el proyecto precursor del departamento y apoyo a las áreas de investigación y promoción de personal de alto nivel académico.

Gustavo Adolfo Vázquez Polo realizaba en el semestre 2011-2 una estancia sabática con relevantes trabajos dentro de la Academia de Estado Sólido, en las mesas eléctricas y variadas con radiación gamma y el diseño terminado sobre gabinete de irradiación ultravioleta para desinfectar muestras biológicas.

Vázquez Polo, nacido en el Distrito Federal, era investigador del Departamento de Física Aplicada y Tecnología del Instituto de Física, dentro del área de Física del Estado Sólido.

Con doctorado en ciencias por la UNAM, formaba parte de la Academia Mexicana de Ciencias por su Trayectoria.

Sus principales líneas de investigación estuvieron relacionadas con estado sólido, conductividad iónica, cálculo de energía de cohesión, estudio de propiedades ópticas y la conductividad iónica y, la energía de cohesión en novedosos cristales ternarios y cuaternarios de halogenuros alcalinos, además de la interacción radiación-materia en sólidos cristalinos y radiación por medio de electrones acelerados.

Entre sus publicaciones en la Revista Mexicana de Física, destacan: "Un criterio óptico para obtener miscible cristales mixtos en los haluros alcalinos"; "Almacenamiento óptico de un cristal dieléctrico ternario dopado con europio Materiales, Óptica", "La figura de mérito de un tipo de europio 1: 2: 3 compuesto superconductor"; "Nanoestructuras observación con el microscopio de Böhr, Heisenberg: Un tema para los cursos de Física Moderna", entre otras.

El ameritado académico, deja en profundo dolor y tristeza a su esposa Silvia Tostado, a sus tres hijos y a sus colegas del área de la física de la Universidad de Sonora.

Fuente: Portal de la Universidad de Sonora

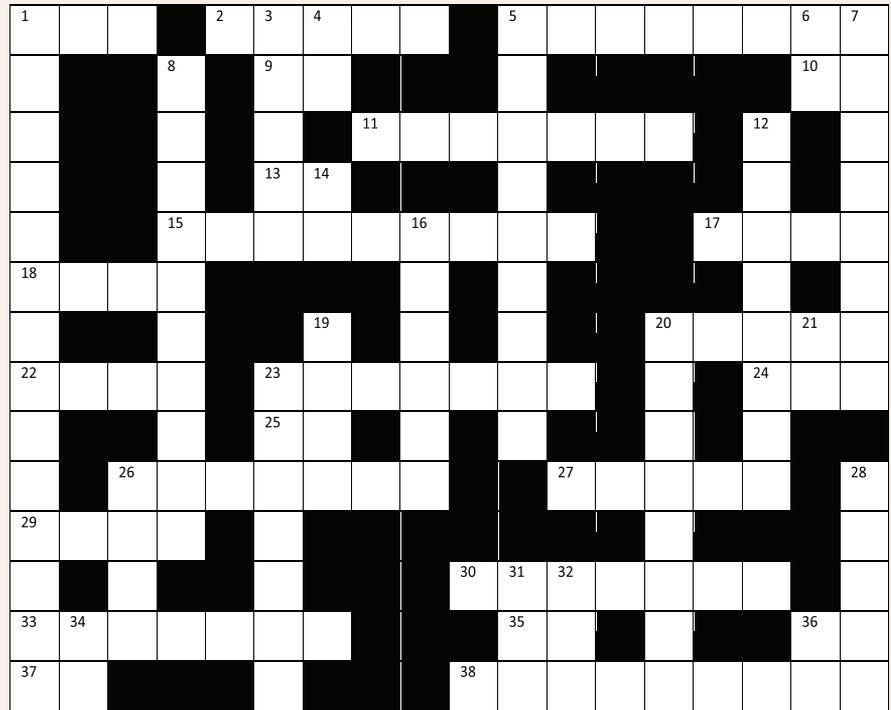
CIENTIGRAMA

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

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

HORIZONTALES

- 1) Tomografía Axial Computarizada, iniciales, invertido.
- 2) Perteneciente o relativo al excremento estomacal.
- 5) Inflamación de una vena.
- 9) Niels Ryberg, Premio Nobel (1903) por su empleo de la luz en el tratamiento del lupus vulgaris, iniciales.
- 10) Símbolo químico del Litio.
- 11) Protrusión de un órgano o parte del mismo a través de la pared de la cavidad que normalmente lo contiene.
- 13) Max Theiler, Premio Nobel (1951) por el desarrollo de las vacunas efectivas contra la fiebre amarilla, iniciales.
- 15) Pérdida de la continuidad de un hueso.
- 17) Secreción laxa y fluida producida por las mucosas.
- 18) Defeco.
- 20) Retención de líquido en exceso en los tejidos.
- 22) Mezcla de gases que respiramos los seres vivos.
- 23) En los pulmones de los vertebrados, cada uno de los sacos en que terminan las últimas ramificaciones de los bronquiolos.
- 24) Señal internacional de socorro.
- 25) Coágulo de sangre que viaja en el aparato circulatorio, letras inicial y final.
- 26) Expulsión de heces acuosas e informes.
- 27) Vaso sanguíneo por donde la sangre regresa al corazón, plural.
- 29) Revestimiento córneo del extremo de los dedos.
- 30) BO
- 31) Cúmulo circunscrito de pus.
- 34) Ausencia de microorganismos patógenos.
- 36) Hans Adolf Krebs, Premio Nobel (1953) por su descubrimiento del ciclo del ácido cítrico, iniciales.
- 37) Símbolo químico del cobalto.
- 38) Símbolo químico del radio.
- 39) Examinar por tacto o presión con las palmas de las manos o los dedos.



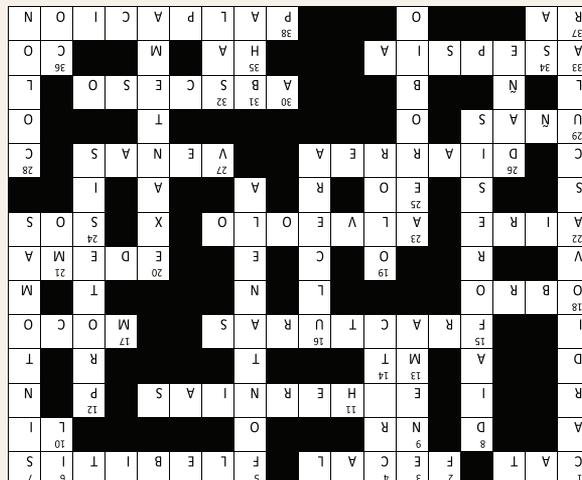
- 14) Símbolo químico del tecnecio.
- 16) Pérdida de la sustancia de un órgano o tejido con tendencia a persistir y cuando cura deja cicatriz.
- 19) Impresión que los efluvios de los cuerpos producen en el olfato.
- 20) Erupción de la piel.
- 21) Símbolo químico del molibdeno.
- 23) Microorganismo que necesita oxígeno libre para vivir.
- 26) Provoque dolor o sufrimiento.

- 28) Segunda porción del intestino grueso, entre el ciego y el recto.
- 32) Bernardo Houssay Alberto, Premio Nobel (1947) por su trabajo sobre la influencia del lóbulo anterior de la hipófisis en la distribución de la glucosa, iniciales.
- 33) Nombre común del cloruro de sodio.
- 35) Símbolo químico del arsénico, invertido.
- 37) Símbolo químico del cobalto.

VERTICALES

- 1) Relativo al corazón y a los vasos sanguíneos.
- 3) Introducción de una solución en la zona inferior del aparato intestinal.
- 4) Charles Richet, Premio Nobel (1914) por sus investigaciones sobre la anflaxia, iniciales.
- 5) Zona blanda entre huesos del cráneo del feto, el neonato y el lactante.
- 6) Símbolo químico del litio, invertido.
- 7) Manifestación subjetiva de enfermedad que percibe y describe el paciente.
- 8) Transpiración excesiva.
- 12) Aparato para mejorar la función de un órgano o zona.

SOLUCIÓN CIENTIGRAMA



DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

OFERTA DE POSGRADOS

POSGRADO EN BIOCIENCIAS: MAESTRÍA Y DOCTORADO

Maestría

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

Doctorado

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

Coordinador: Dr. Luis Ángel Medina Juárez

E-mail: amedina@guayacan.uson.mx

Departamento: Investigaciones Científicas y Tecnológicas

División: Ciencias Biológicas y de la Salud

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



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

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

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

Coordinadora: Dra. Rosario Maribel Robles Sánchez

E-mail: rsanchez@guayacan.uson.mx

Departamento: Investigación y Posgrado en Alimentos

División: Ciencias Biológicas y de la Salud

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

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD

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

ESPECIALIZACIÓN EN INMUNOHEMATOLOGÍA DIAGNÓSTICA

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

Coordinador: Dr. Eduardo Ruiz Bustos

Email: erbustos@guayacan.uson.mx

Departamento: Ciencias Químico Biológicas.

División: Ciencias Biológicas y de la Salud.

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

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

TODOS LOS POSGRADOS ESTÁN CONSIDERADOS DENTRO DEL PADRÓN DE EXCELENCIA DE CONACYT

LAS CONVOCATORIAS SE PUBLICARÁN EN EL CICLO ESCOLAR 2012-1



DIVISIÓN DE INGENIERÍA

UNIDAD REGIONAL CENTRO

PROYECTOS DE SOCIALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO
CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

RADIO Y REVISTA

"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

MEDIOS ELECTRÓNICOS

INGENIO: La manera inteligente de transformar

Objetivo: Dar a conocer los avances del conocimiento científico y tecnológico a través de los medios electrónicos, para promover la cultura científica de la sociedad y analizar el impacto que éste tiene en el desarrollo de país y del estado de Sonora.

Secciones: Ciencia y tecnología en el mundo, desarrollo de la ciencia en México y en el estado de Sonora, proyectos de investigación y vinculación en la Universidad de Sonora.

Ejes temáticos: Recursos hídricos, energía, medio ambiente, minería, metalurgia, tecnología de alimentos, industria, construcción, materiales, sistemas de información, entre otros.

Escúchalo en: Radio Universidad: 107.4 F.M., o por internet: www.radio.uson.mx. Todos los miércoles de 9:00 a 9:30 horas.

Informes: Radio Universidad: (662)2592280, el (662) 2592157, Correo: radio.ingenio@correom.uson.mx



MEDIOS ESCRITOS

REVISTA EPISTEMUS: Ciencia, tecnología y salud

Objetivo: Difundir el conocimiento científico y tecnológico que se crea, enseña y se genera en la Universidad de Sonora con la finalidad de abatir el analfabetismo científico y fortalecer la educación y cultura científica de la sociedad, con énfasis en el sector educativo y productivo.

Ejes temáticos: Energía y medio ambiente, salud, alimentación, física, matemáticas, geología, sistemas de información, recursos hídricos, recursos minerales, metalurgia, nuevos materiales, construcción, entre otros.

Edición y distribución: Es un proyecto editorial de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud. Es semestral y se editan 1,000 ejemplares, los cuales se distribuyen en todo el país. Puede consultarse su versión electrónica: www.ingenierias.uson.mx y LATINDEX.

Informes y colaboraciones:

Correo: revista.epistemus@correom.uson.mx
Tel. 01662 2592157.

