

ÓRGANO DE DIVULGACIÓN DE LAS DIVISIONES DE INGENIERÍA, CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES Y CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

# EPISTEMUS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD

UNIVERSIDAD DE SONORA, NOVIEMBRE 2009, NÚMERO 7



El saber de mis hijos  
hará mi grandeza

## DESASTRES NATURALES: ¿CÓMO ENFRENTARLOS?

Terremotos

Huracán Jimena

Sequías

## SOCIEDAD DEL RIESGO

¿Es el riesgo el precio del progreso?

Gestión de riesgos

Uso de materiales en edificios

## CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Redes neuronales

Página web de la Unison

Radiografía digital

## ALIMENTACIÓN Y SALUD

Indexada en:

Sistema Nacional de Información  
en línea para Revistas Científicas  
de América Latina, el Caribe, España y Portugal

latindex

ÍNDICE DE REVISTAS LATINOAMERICANAS EN CIENCIAS PERIÓDICA



"El sabor de mis hijos  
hará mi grandeza"

# Universidad de Sonora

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

**LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS E**

**INVESTIGACIÓN**



El laboratorio clínico es la herramienta primordial para el área médica ya que por medio de este se diagnostican las diferentes enfermedades, además ayuda a establecer el tipo de tratamiento que se debe de administrar al paciente al igual que el seguimiento del mismo.

El personal que labora en nuestro laboratorio tiene una formación integral basada en los principios científicos y humanísticos de acuerdo al avance tecnológico capacitado con alta calidad y participamos colaborando en la ayuda del diagnóstico de enfermedades mediante los diferentes exámenes de laboratorio brindando resultados de alta calidad importante.



## ¿CUÁL ES NUESTRO OBJETIVO?

Brindar un servicio profesional de calidad a bajo costo a la comunidad en general, especialmente a los de escasos recursos en materias de diagnóstico clínico, es decir, que carezcan de algún servicio médico institucional.

## MECANICA DEL SERVICIO

Para hacer uso de los servicios del LACIUS requerimos que se presente en la sala de recepción del laboratorio el paciente con su solicitud de análisis expedida por un médico autorizado y el encargado indicará las condiciones en que se deba presentar y las muestras solicitadas.

## ¿QUE SERVICIOS SE OFRECEN?

Ofrecemos el servicio de Análisis Clínicos tales como:

**Exámenes Hematológicos:** Biometría Hemática Completa con diferencial y plaquetas, Reticulocitos, Tipo Sanguíneo, Células LE, Velocidad de Sedimentación Globular, Pruebas de Coagulación.

**Enzimología:** Transaminasas, Fosfatasas, LDH, GGTP.

**Inmunología:** VDRL, HIV, Prueba Inmunológica de Embarazo, Factor Reumatoide, Proteína C Reactiva, AEL-O, Reacciones Febriles, Hemoglobina Glicada.

**Química Sanguínea:** Glucosa, Urea, Creatinina, Acido Úrico, Colesterol, Triglicéridos, HDL y LDL Colesterol. Examen General de Orina

**Exámenes de Heces:** Coproparasitoscópicos, Coprológicos y Coprocultivos.

**Exámenes diversos:** Proteínas Totales y Albúmina, Cultivos Faringeos, Cultivos Uretrales, Cultivos Vaginales, Bilirrubinas, TP y TPT, entre otros.

**Exámenes Especiales:** Perfil Tiroideo Completo (T3 Total, T3 Captación, T4 Total, T4 Libre, TSH, ITL). Perfil

Ginecológico y Perfil Androgénico. Perfil de Hierro, Perfil Metabólico (Cortisol, Insulina y Péptido C),

Marcadores Tumorales (Antígeno Prostático Específico, CA 19-9, CA-125, 27 y 29,  $\alpha$  Feto Proteína (AFP),

Antígeno Carcinoembrionario (ACE), HGC Cuantitativa, IgE,  $\beta$ -2 Microglobulina, entre otros.

## UBICACIÓN DEL LABORATORIO

Universidad de Sonora, Calle Luis Donaldo Colosio entre Reforma y Rosales. Edificio 5 N planta baja. Teléfonos: 01(662)2592163 y 64 extensión24.

E-mail: jrrosamos@guayacan.uson.mx

## HORARIOS

Entrega de resultados, toma y recepción de muestras: 7:00 a 10:00 am de lunes a viernes

## RESPONSABLES

M. en C. JOSÉ ROGELIO RAMOS ENRÍQUEZ  
M. en C. MOISÉS NAVARRO NAVARRO

# CONTENIDO

DIRECTORIO	2
EDITORIAL	3
BASES	4

## INVESTIGACIÓN

<b>RADIOGRAFÍA DIGITAL: NUEVA TECNOLOGÍA EN IMÁGENES DE RAYOS X .</b> Raúl Aceves Torres.	5
<b>CONTENIDO DE FIBRA DIETARIA EN PRODUCTOS EXTRUIDOS A BASE DE SALVADO DE TRIGO Y TRIGO ENTERO.</b> María del Refugio Falcón Villa, Jesús Manuel Barrón Hoyos, Ana Lourdes Romero Baranzini, María Guadalupe Salazar García.	9
<b>MICROZONACIÓN DE PERIODOS DOMINANTES DEL SUELO DE LA CIUDAD DE TIJUANA, BAJA CALIFORNIA.</b> Gema Karina Ibarra Torúa, Francisco Miguel Oliver Ocaño, José Guadalupe Acosta Chang.	13
<b>EFFECTO DE LA FIBRA DIETÉTICA PRESENTE EN PULPA DE NARANJA SOBRE EL PERFIL DE LÍPIDOS EN RATA WISTAR CON HIPERCOLESTEROLEMIA INDUCIDA.</b> Lizbeth A. Burgoa Rodríguez, Francisca Manzanares López, Rafael Canett Romero, Ana Irene Ledesma Osuna, Robles Sánchez Rosario Maribel, Juan M. Vargas López	18
<b>INSEGURIDAD ALIMENTARIA EN FAMILIAS DEL NOROESTE DE MÉXICO: CAUSAS, ESTRATEGIAS Y CONSECUENCIAS SOCIALES Y NUTRICIONALES.</b> Trinidad Quizán-Plata, Mónica Castro-Acosta, Alma D Contreras-Paniagua, Socorro Saucedo, María I. Ortega	23

## DESDE LA ACADEMIA

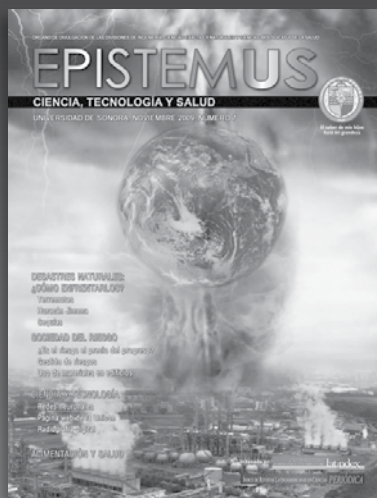
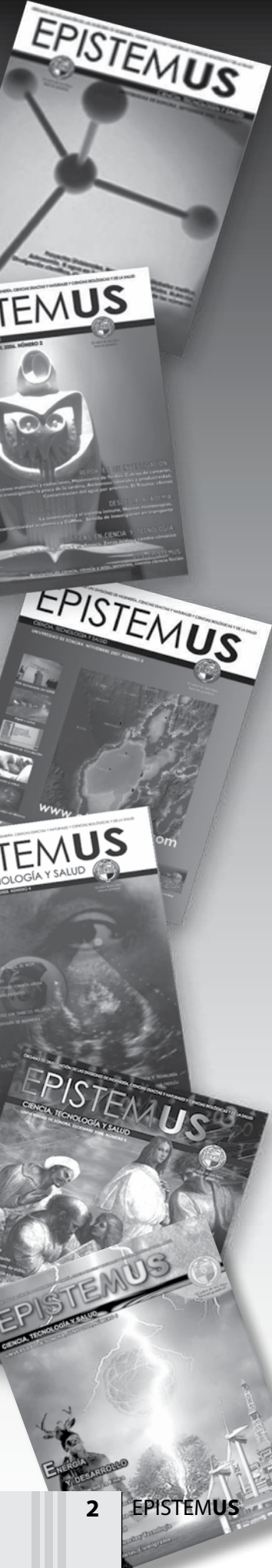
<b>AJUSTE DE CURVAS: PERFIL DE CLOROFILA a.</b> Dora Julia Borbón González, José A. Montoya Laos, J. Eduardo Valdez Holguín.	29
<b>EVALUACIÓN DE LA PÁGINA WEB DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA.</b> José Lozano Taylor, Gilberto Ortiz Suárez, Ricardo Rodríguez Carvajal.	33
<b>DISEÑO DE SECUENCIAS DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DEL TEMA DE ENERGÍA.</b> Francisco Javier Parra Bermúdez.	39
<b>PRODUCTOS NATURALES CON ACTIVIDAD ANTICANCERÍGENA OBTENIDOS DE PLANTAS MEDICINALES.</b> Ramón Enrique Robles Zepeda, Carlos A. Velázquez Contreras, Denia Abril Montes.	43
<b>REDES NEURONALES: UNA PROPUESTA PARA EL CONTROL DE UN ROBOT INDUSTRIAL.</b> Jesús Horacio Pacheco Ramirez, Nun Pitalúa Díaz.	49

## POLÍTICAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

<b>LOS DESASTRES NATURALES: LO QUE LA SOCIEDAD DEBE DE SABER PARA ENFRENTARLOS.</b> José F. Longoria Treviño.	53
<b>LOS NUEVOS MATERIALES, EL RIESGO MEDIOAMBIENTAL Y LA SOCIEDAD.</b> Rafael Jordán Hernández.	65
<b>¿ES EL RIESGO EL PRECIO DEL PROGRESO?</b> Extracto del artículo de José A. López Cerezo. <i>Compilación.</i>	66
<b>LOS RIESGOS DE LA SEQUÍA.</b> Síntesis del artículo de Rafael Velazco. <i>Compilación.</i>	68
<b>SEGURIDAD EN EL USO DE AISLANTES TÉRMICOS POLIMÉRICOS: LA GUARDERÍA ABC Y LA TORMENTA PERFECTA.</b> Rafael E. Cabanillas López.	70
<b>GESTIÓN DE RIESGOS UNA MEDIDA PARA LA PREVENCIÓN DE PÉRDIDAS.</b> Jesús Fernando García Arvizu, Fernando Rodríguez López, Gonzalo Fernández Sánchez.	73
<b>EL HURACÁN "JIMENA". "UN EVENTO QUE DEJÓ EVIDENCIAS PELIGROSAS".</b> Manuel de Jesús Sortillón Valenzuela.	77

## CTS-EPISTEMUS

<b>RECOMENDACIONES ALIMENTARIAS PARA LA PREVENCIÓN DE LAS COMPLICACIONES RENALES DE LA DIABETES MELLITUS.</b> María del Carmen Candia Plata, Gerardo Álvarez Hernández, Armida Espinoza López, Lucía Guadalupe Castillón Campaña, Samuel Galaviz Moreno	80
<b>VOTO ELECTRÓNICO: ¿LA TECNOLOGÍA EN JAQUE?</b> Horacio Munguía Aguilar	85
<b>HABLEMOS DE AGUA.</b> Luigi Radelli	89
<b>EL TRONO DE LAS CIENCIAS EXACTAS.</b> Ricardo Rodríguez Mijangos	92
<b>GALILEO GALILEI Y LA CIENCIA MODERNA.</b> Miguel Arturo Cervantes M.	94
<b>NOTI-INGENIO</b>	97
<b>BREVIARIOS DE CIENCIA.</b> Emiliano Salinas Covarrubias.	99
<b>CIENTIGRAMA.</b> Emiliano Salinas Covarrubias.	100



# EPISTEMUS



El saber de mis hijos  
hará mi grandeza

## 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. Díaz de León Peñuñurí  
Vicerrectora Unidad Regional Centro

M.D.O. Manuel Ignacio Guerra  
Director de Vinculación y Difusión

## DIRECCIÓN GENERAL

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

## DIRECCIÓN EJECUTIVA

Ing. Rafael Pacheco Rodríguez

## DIRECCIÓN EDITORIAL

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

## COMITÉ EDITORIAL (En este número)

Dr. Luis Felipe Romero Dessens  
Dr. Raul Pérez Enriquez  
Dr. Sergio Alán Moreno Zazueta  
M.C. Sandra M. Gómez Cuadras  
Dr. Gerardo Álvarez Hernández  
Dra. Ofelia Rouzaud Sánderz  
Dr. Benjamín Ramírez Wong  
Dr. Mauro Valencia Juillierat  
Dr. Arnulfo Castellanos Moreno  
Dra. Laura Lorenia Yeomans Reyna  
Dr. Carlos Antonio Calcáneo Roldán  
Dr. Raúl Pérez Enriquez  
Dr. Eduardo Verdín López  
Dr. Miguel Ángel Valdés Covarrubias  
Dr. Javier Esquer Peralta

## CORRECCIÓN DE ESTILO

Área de publicaciones Unison.

## DISEÑO Y FORMACIÓN

Maristel G. Pacheco J., Eduardo Tamayo Marimoto,  
María Candelaria Guerrero B. y Brenda R. Guerrero Zerón.

## IMPRESIÓN

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

El mundo actual atraviesa por una de las mayores crisis económicas y financieras, situación que ha repercutido en todos los ámbitos de desarrollo social, educativo y cultural de todos los países. México no ha sido la excepción, la crisis ha provocado el detrimento de la calidad de vida de la población, aumento de la pobreza, un mayor desempleo, reducción del gasto en educación, sobre todo en las universidades. Un aspecto preocupante es la reducción del gasto en el rubro de ciencia y tecnología, que es la que fomenta la innovación y la competitividad de las empresas lo que repercutirá en el agrandamiento de la brecha que separa a los países desarrollados y México. Si bien la crisis ha sido mundial, los países que han creado estructuras para el desarrollo en la ciencia y la tecnología y proyectos estratégicos, han logrado abatir sus efectos como es el caso de Brasil, Chile, Argentina, por citar solo algunos países de América Latina. Ante esta situación, vale la pena hacer las siguientes reflexiones: Es necesario que nuestro país finque su desarrollo en el conocimiento, en la educación; que invierta en ciencia la tecnología para promover la innovación y la competitividad de las empresas; que defina las áreas estratégicas potenciales; impulsar una nueva alianza entre el gobierno, empresarios y las universidades, las tres motores fundamentales del desarrollo de un país.

En noviembre pasado, más de 100 universidades del país realizaron la 2ª Reunión de la Red Nacional de Vinculación de las instituciones afiliadas a la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), con la finalidad de fortalecer la vinculación con los diversos sectores de la sociedad. Lo más sobresaliente de la reunión es la definición de estrategias para fortalecer las relaciones con los diversos sectores del país, impulsar el diálogo y convenios de colaboración para el impulso de proyectos que detonen el desarrollo regional basados en la sustentabilidad. Las universidades se han agrupado en 6 Redes Regionales, de Vinculación, distribuidas en todo el país, cada una de ellas está elaborando un programa estratégico para el impulso de proyectos que impulsen la innovación y la competitividad de las empresas en las áreas de energía, agua, medio ambiente, alimentación, industria, entre otros. En la región noroeste, la Universidad de Sonora refuerza su compromiso social, por lo que actualmente encabeza el programa regional de vinculación con los sectores productivos, para integrar esfuerzos institucionales y desarrollar proyectos inter y multidisciplinarios, que conlleven a un desarrollo sustentable de la región y del país a través de la Red Nacional de Vinculación.

## CONTENIDO DE LA REVISTA

Como en otras ocasiones, la Revista Epistemos desarrolla un eje central, en esta ocasión se seleccionó el tema de La sociedad del riesgo, con la finalidad promover una cultura de riesgo de la sociedad, atendiendo al principio precautorio: conocer para prevenir, para evitarnos la remediación, la pérdida de vidas humanas, daño a la infraestructura física y al medio ambiente. Por citar un ejemplo, un huracán puede tener efectos devastadores en un país o región e insignificantes en otro, a veces una calle es la frontera entre los efectos leves y los catastróficos. Los terremotos y los huracanes

son fenómenos naturales, pero tendemos a pensar que los efectos sobre la vida de las personas, son, por lo menos en parte, producto de las acciones humanas que pueden tener que ver, por ejemplo, con la regulación de la construcción y con la previsión del riesgo. Los daños de las lluvias torrenciales y avenidas de los ríos se deben a la construcción de las viviendas en los lechos y a la deficiente planeación urbana. Una parte de los riesgos que preocupan en la actualidad están directamente relacionados con procesos productivos y con la aplicación de tecnologías como las emisiones de productos químicos, radiaciones y los debates en torno a la biotecnología como en alimentos transgénicos. Algunas veces las aplicaciones de las tecnologías son consideradas amenazas a la salud y el medio ambiente. Destaca el artículo de actualidad, el accidente de la Guardería ABC, incendio que causó la muerte de decenas de niños por el uso inadecuado de materiales de construcción. En esta sección invitamos a diversos autores, para que, con diferentes temas, nos comentaran un poco sobre riesgos, desastres naturales, uso de tecnologías, entre otros. Agradecemos muy especialmente al Dr. José F. Longoria, experto en desastres naturales por su colaboración.

Como siempre, Epistemos se divide en cuatro secciones: Investigación, Desde la academia, Políticas en ciencia y tecnología y CTS Epistemos (Ciencia, tecnología y sociedad). Sobresalen algunos artículos dedicados a la salud que seguramente serán de utilidad para el lector: la importancia de la alimentación en diabéticos, los beneficios de incluir fibra en la dieta, un estudio sobre inseguridad alimentaria en el noroeste y productos naturales anticancerígenos. En otro giro temático, se expone un estudio sobre la evaluación de la página web de la universidad para reforzar este medio de comunicación. También se explica el funcionamiento de los robots industriales y las redes neuronales, la radiografía digital, nuevas tecnologías en imágenes de rayos x, así como la enseñanza de la física a través del tema de energía.

Por último, en CTS Epistemos, se incluye un artículo sobre Galileo Galilei y sus aportaciones a la ciencia, en el marco del año internacional de la astronomía. El área de matemáticas incluye el tema de actualidad: comentario del voto electrónico, tecnología en jaque; desde luego se mencionan las notas más relevantes de los últimos meses, las gustadas secciones para medir tu conocimiento en ciencia y tecnología (Cientigramas), y para los estudiantes de nivel bachillerato la cápsula de Breviarios de ciencia.

Para los que deseen profundizar en un tema específico, se incluyen en cada artículo los correos electrónicos de los autores. La Revista puede ser consultada en forma gratuita por internet en la página: [www.ingenierias.uson.mx](http://www.ingenierias.uson.mx), o bien en [www.uson.mx](http://www.uson.mx). También se encuentra indexada en las Redes Electrónicas Latindex y Periodica.

Nuestro agradecimiento al personal académico pues son los que hacen posible la edición de la revista, con la esperanza de que este esfuerzo le sea de utilidad. Agradeceremos sus comentarios y observaciones.

La ciencia y la tecnología son consideradas pilares fundamentales sobre los que se sustenta el desarrollo de un país por lo que es importante fortalecer el enlace entre los que generan el conocimiento y los beneficiados de ello: la sociedad. Uno de los aspectos que distinguen a la Universidad de Sonora es la generación de conocimiento nuevo sin embargo, muy poco conoce la sociedad sus los logros y avances. Es así como las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud crean el proyecto editorial Epistemus el cual, constituye un medio de información y comunicación para dar a conocer, en forma comprensible, las investigaciones realizadas o en proceso, programas docentes, reflexiones en torno a la ciencia, la investigación, proyectos de vinculación y extensión de la cultura y los servicios de las tres divisiones.

### OBJETIVO

- Promover una cultura científica, tecnológica y de la salud y fortalecer la vinculación entre la Universidad de Sonora con 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.

- Ciencias biológicas y de la salud: investigación en alimentos, desarrollo regional, acuicultura, medicina, biología, agricultura, enfermería entre otras.

### DIRIGIDA A

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

### CONTENIDO DE LA REVISTA

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

### ENFOQUE DE LOS ARTÍCULOS

- Los artículos reflejarán lo más trascendente de la producción académica, los proyectos de ciencia, tecnología y sociedad que se realizan en la universidad y en particular de las tres divisiones.

- Los artículos deberán de hacer mención de la trascendencia de lo expuesto, su impacto en la solución de problemáticas específicas de la sociedad, del sector industrial, de la educación, la cultura, entre otras.

- Se incluirán artículos que integren y reflexionen en torno a la ciencia, tecnología y sociedad, que aporten elementos precisos que permitan profundizar en el análisis y proponer esquemas de colaboración entre los que producen el conocimiento y los beneficiarios o usuarios potenciales.

- El lenguaje escrito debe ser de divulgación, comprensible para un público no especializado de nivel bachillerato aproximadamente, empresarios y profesionistas de otras especialidades.

### ARBITRAJE

Comprende dos aspectos:

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

2. De divulgación: Se procurará que el lenguaje y el significado de lo expuesto no pierda la idea original al tratarlos como artículos de divulgación, para ello se contará con el apoyo en el arbitraje de académicos expertos en divulgación científica.

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

### CARACTERÍSTICAS DE LOS ARTÍCULOS:

- La extensión de los artículos será máximo de 15 cuartillas, con figuras y fotos.

- Incluir fotos y gráficos de buena calidad en jpg o tiff de máxima resolución.

- Utilizar tipo de letra arial de 12 puntos con doble espacio.

- Incluir los datos curriculares de los autores, especificando el nombre de adscripción, perfil profesional y correo electrónico.

- Las referencias bibliográficas deberán aparecer citadas en el texto con un número entre paréntesis y no ser mayores de 3 por párrafo.

- Al inicio del texto deberá hacerse una descripción breve del contenido del artículo (que de una idea clara y que logre interesar al lector). Que no sea mayor a 10 renglones.

- Respecto a los autores y coautores, el primero que aparezca será el líder, los cuales en el caso del ensayo podrán ser un máximo de 3 y para el caso de los resultados de investigaciones podrán ser hasta 5.

- Cuando la colaboración sea en la modalidad de ensayo, hacer uso de subtítulos que faciliten la lectura del texto.

- Para la presentación del artículo deberá de ser en dos versiones: electrónica e impresa en papel, las cuales deberán enviarse al director de la revista, al correo: pacheco@correom.uson.mx.

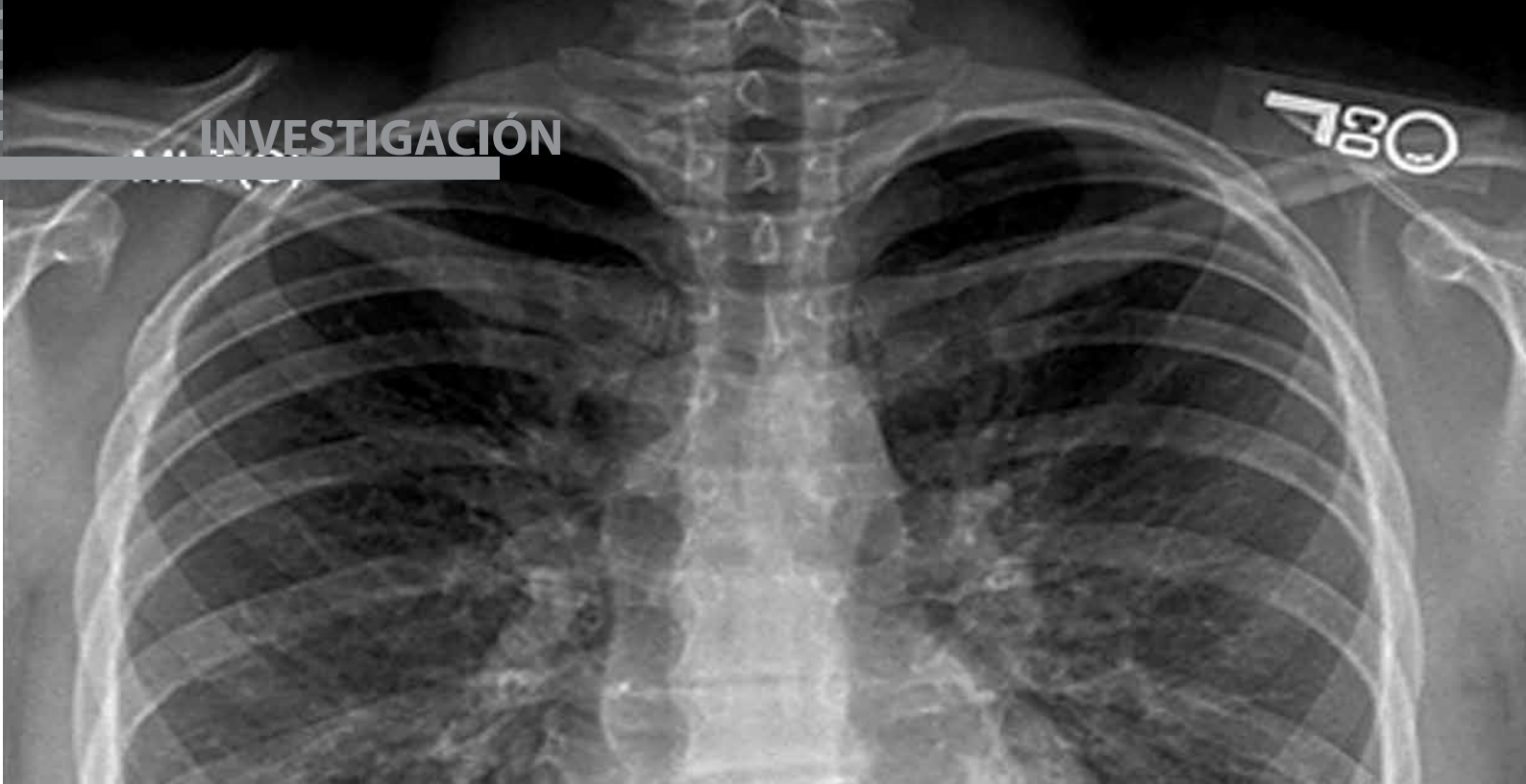
- De publicarse el artículo, el autor deberá firmar carta de sesión de derechos de autor, la cual se enviará al director de la revista una vez aprobada por el comité editorial su publicación.

### FECHAS PARA LA RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS

Fecha límite de recepción de artículos: 25 de marzo de 2010.

Diseño e impresión: 10 de junio de 2010.

Mayores informes: Con el responsable de la División correspondiente.



## **RADIOGRAFÍA DIGITAL: NUEVA TECNOLOGÍA EN IMÁGENES DE RAYOS X**

RAÚL ACEVES TORRES

Radiografía digital se refiere a una técnica para la obtención de imágenes de rayos X, donde se pretende sustituir la técnica tradicional de revelado químico de imágenes por una tecnología computacional basada en un proceso físico de formación de defectos, donde placas especialmente diseñadas actúan como detectores de rayos X.

DR. RAÚL ACEVES TORRES  
Doctor en física. Departamento  
de Investigación en Física  
Universidad de Sonora  
Correo: raceves@cajeme.cifus.uson.mx

## LA RADIOGRAFÍA DIGITAL

En el transcurso de los últimos años, grandes empresas de la fotografía digital han invertido gran cantidad de recursos para convertir la forma química convencional de obtención de imágenes de rayos X, a una tecnología moderna donde las imágenes de rayos X (rayos gamma o haz de electrones) se adquieren digitalmente. El esfuerzo ha sido enorme y el éxito se basa en el conocimiento adquirido en el desarrollo de actividades de investigación en ciencia y desarrollo tecnológico. Actualmente, todos los instrumentos de radiografía digital se pueden agrupar en tres tipos independientes, los cuales se diferencian por la respuesta microscópica del detector de la radiación de rayos X utilizado (normalmente un material sensible a la radiación), lo cual a su vez determina el procedimiento de lectura de la imagen grabada.

En este artículo, pretendo dar una vista muy general de las partes que componen estos equipos digitales, así como las estrategias de grabado y lectura para la obtención de las imágenes digitales de rayos X. En particular, brevemente se explica el proceso físico del detector de la radiación en el cual se basa el funcionamiento de uno de esos equipos digitales. Se elige este proceso, considerando que las actividades de investigación que he realizado y actualmente realizo, están muy cercanamente relacionadas con el estudio de los mecanismos responsables de formación de las imágenes de rayos X.

## ANTECEDENTES DE LA OBTENCIÓN DE IMÁGENES

Así como las cámaras digitales han transformado la forma de adquisición y obtención de imágenes en la industria fotográfica, de la misma forma la radiografía digital está transformando la tecnología para la obtención de imágenes de rayos X para su aplicación en áreas tan diversas como en diagnóstico médico, (cardiología, ortopedia, etcétera) e inspección en la industria metal-mecánica (detección de fracturas en materiales y soldaduras). Kodak, Fuji, Canyon y Kónica, entre otras, son grandes empresas en la industria de la fotografía que han invertido una gran cantidad de recursos, tanto humanos como económicos, para el desarrollo de una nueva tecnología que sustituya la forma convencional de adquisición de imágenes de rayos X como tradicionalmente lo conocemos.

Hasta hace unos quince años, la única alternativa para la obtención de imágenes radiográficas era el tradicional proceso de revelado químico de películas fotográficas preparadas con cristales diminutos (microcristales) de mezclas y compuestos de bromuro o yoduro de plata (AgBr y AgBr-Agl). Actualmente, hay equipos totalmente digitalizados que producen imágenes de calidad superior y mejor aún, sin los elaborados procesos químicos que se requerían en el pasado. En ambas tecnologías, el método estándar para obtener la imagen de rayos X es colocar entre la película y la fuente de rayos X el objeto del cual se desea obtener la imagen, usualmente una parte del cuerpo humano. En ambos casos la imagen de rayos X se imprime sobre la película sensible a la radiación por lo que la diferencia entre ambas tecnologías radica en la forma en la que se "lee" la imagen de rayos X. Como se mencionó, la radiografía convencional se basa en un proceso químico de revelado mientras que en radiografía digital esta imagen se obtiene a través de un proceso físico apoyado con sistemas electrónicos y desarrollo computacional. Este último proceso conlleva a que las películas sensibles (también llamadas detectores de radiación) a los rayos X, son esencialmente diferentes a las películas basadas en AgBr y/o AgBr-Agl. En radiografía digital, las películas sensibles son placas bidimensionales re-utilizables formadas por microcristales de materiales que actúan como detectores de la radiación de rayos X.

## TIPOS DE DETECTORES DE IMÁGENES DIGITALES

Hay dos tipos de detectores a través de los cuales se obtienen imágenes digitales de rayos X. El primer tipo utiliza las propiedades

que muestran ciertos materiales para convertir los fotones de rayos X directamente en carga eléctrica en combinación con un dispositivo amplificador de carga que directamente recoge esta señal eléctrica, la que posteriormente se procesa digitalmente. Hay una variedad importante de materiales que muestran esta propiedad de fotoconducción, siendo teluro de cadmio-Zinc (CdZnTe) y selenio (Se) amorfo de los semiconductores más utilizados. El uso de este tipo de sensores de radiación permite generar una imagen de rayos X en un monitor de computadora inmediatamente después de la exposición a la radiación. La tecnología que basa su operación en este tipo de sistemas se conoce como sistemas digitales de radiografía directa (DR). Un diagrama esquemático de estos sensores de radiación se muestra en la figura 1.

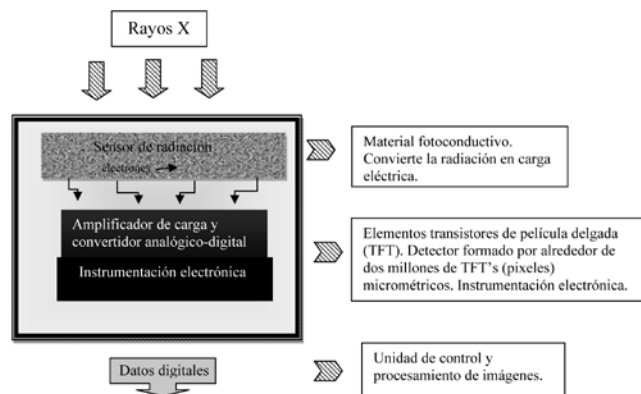


Figura 1. Diagrama esquemático de un sistema de radiografía digital de tipo DR también conocido como DR directo.

El segundo tipo de detectores, en lugar de convertir directamente los rayos X en carga, utiliza un proceso intermedio que convierte los fotones de rayos X en fotones de luz visible la cual es detectada con dispositivos electrónicos del tipo utilizados en fotografía digital que convierten imágenes ópticas a señales eléctricas (sensores de imagen) y son conocidos como dispositivos acoplados de carga (CCD, por sus siglas en inglés). De aquí, la corriente eléctrica es amplificada y procesada digitalmente para generar la imagen de rayos X. La tecnología basada en este procedimiento se conoce como radiografía computacional (CR). Hay dos procesos físicos diferentes relacionados con la tecnología CR cada uno de los cuales produce a su vez una técnica particular para la formación de imágenes digitales. El primero de ellos se basa en las propiedades de los materiales conocidos como centelladores (convertidor de fotones de rayos X en fotones de luz visible) y el segundo proceso opera con una placa de imágenes (PI) que consiste de un fósforo fotoestimulable que actúa como el detector de la radiación. En este caso, la imagen de rayos X se almacena en el fósforo como una imagen latente la cual posteriormente se recupera mediante estimulación láser. El fenómeno físico que sustenta esta tecnología se basa en un proceso de luminiscencia ópticamente estimulada (OSL). Las figuras 2 y 3 muestran un diagrama esquemático de tales procesos.

Un instrumento típico de radiografía digital, sea CR o DR, involucra tres partes principales; el detector de radiación (esencialmente un material sensible a los rayos X), la instrumentación electrónica, y el sistema de cómputo para control y procesamiento de imágenes. En las figuras 1, 2 y 3 estas secciones son claramente diferenciadas.

El desarrollo de la tecnología de radiografía digital no es único y depende de los intereses particulares de cada empresa. Así, si se elige un detector de radiación del tipo de conversión directa o fotoconductor (selenio (Se) amorfo o Si cristalino ó CdZnTe) la instrumentación electrónica y el procesamiento de imágenes opera como DR. Por su



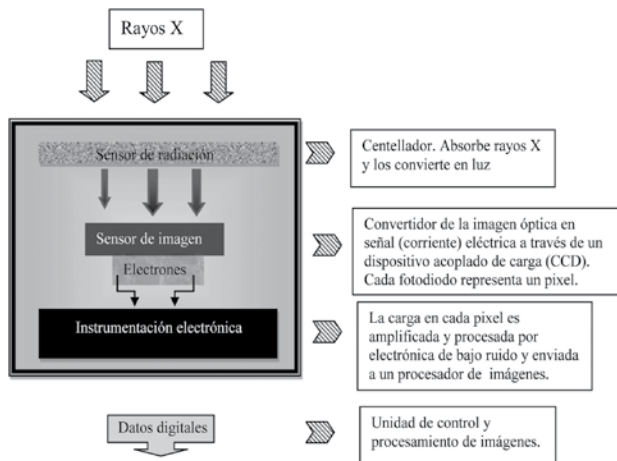


Figura 2. Diagrama esquemático de un sistema de radiografía digital tipo CR, con sensor de radiación del tipo centellador también conocido como DR indirecto.

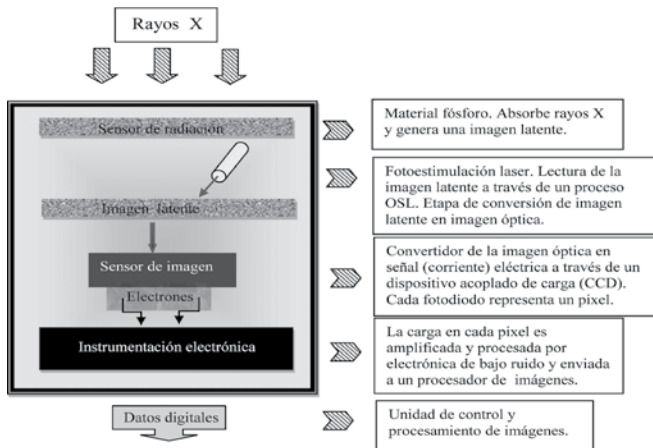


Figura 3. Diagrama esquemático de un sistema de radiografía digital de tipo CR con sensor de fósforo fotoestimulante.

parte, si éste consiste de un material centellador (GdO<sub>2</sub>S o CsI) o fósforo (BaFBr:Eu<sup>2+</sup> ó agujas de CsBr:Eu<sup>2+</sup>), entonces el equipo de radiografía opera como un sistema CR. Como se puede observar, la elección del detector de radiación define el ambiente completo de la tecnología digital. Debido a que la operación de los sistemas DR y CR dependen de tres procesos físicos diferentes cuya discusión requiere ser considerada por separado, el presente artículo se enfocará sólo a los sistemas CR, en particular a materiales fósforos fotoestimulables y procesos físicos OSL.

Por último, es importante señalar una clasificación alternativa de la radiografía digital la cual es mencionada por algunos autores y se basa en el hecho de que la imagen se obtiene en algunos sistemas mediante un proceso de barrido-lectura del sensor de radiación. Así, en esta clasificación los sistemas CR se refieren a procesos con sensores de radiación del tipo de fósforos fotoestimulables, mientras que el sistema DR se subdivide en directos e indirectos. Los indirectos haciendo referencia a materiales centelladores y los directos a sensores fotoconductoros.(2)

## FÓSFOROS Y DETECTORES DE RAYOS X

No todos los materiales luminiscentes muestran las características requeridas para su potencial uso en PI fotoestimulables. La alta eficiencia luminiscente, facilidad de blanqueo de imágenes grabadas, resolución y facilidad de lectura mostrada por la familia de los fluorohalógenos de bario dopados con impurezas de europio divalente [BaF<sub>2</sub>:Eu<sup>2+</sup> (X=Cl,Br)] permitió que Fuji Photo Film Co. desarrollara placas de imágenes durante la primera mitad de los 80's. Actualmente, los sistemas comerciales de CR usan pantallas de imágenes en base a fósforos microcristalinos de BaFBr<sub>1-X</sub>IX:Eu<sup>2+</sup> (0 ≤ X ≤ 1). Muy recientemente un nuevo material luminiscente ha mostrado una alta sensibilidad y definición que lo posibilita como un nuevo material fósforo basado en microcristales en forma de aguja de CsBr:Eu<sup>2+</sup>. Además de estas características, destacan de este material su mayor eficiencia de repuesta fotoestimulable, la menor potencia de borrado requerida en comparación de los lectores de CR actuales y su mejor nitidez de imagen. Estas propiedades como consecuencia de la forma de aguja de los microcristales los cuales actúan como guías de onda de la radiación.

## PROCESOS OSL<sup>3</sup>

Cuando los fotones de rayos X inciden sobre un material fotoestimulable, el efecto de la radiación es la ionización de los átomos del material y posteriormente la formación de pares electrón hueco (e-h) que pueden desplazarse libremente. Los electrones por la banda de conducción y los huecos por la banda de valencia. Después de un tiempo muy corto (<< ms), hay diferentes procesos que pueden ocurrir con el par e-h. (a) Una recombinación banda-banda donde el par se destruye, generalmente con la emisión de radiación y (b) un proceso de relajación que culmina en centros de atrapamiento donde los electrones y hoyos permanecen en equilibrio durante un tiempo considerable (que pueden ser horas e incluso días). En la figura 4 se muestra un diagrama esquemático de estos mecanismos de recombinación. Para este caso, la transición (1) corresponde al proceso de ionización después del cual el proceso que ocurre se indica en el diagrama con los procesos (2a y 2b) y consiste en el atrapamiento y localización de electrones y huecos en defectos intrínsecos y/o por impurezas en el material. Esencialmente este es el proceso de grabado de la imagen en la placa fotoestimulable. Esto es así porque dependiendo de la densidad de la parte del cuerpo expuesta a la radiación X, hay un mayor o menor número de fotones de rayos X que alcanzan la PI que permite formar los pares e-h y que posteriormente son atrapados. Así, esta diferencia en el número de fotones de rayos X permite generar regiones con mayor o menor número

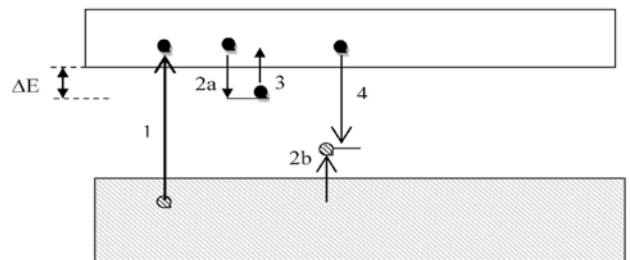


Figura 4. Representación esquemática de los procesos de recombinación y atrapamiento en un proceso grabado-lectura de una imagen de rayos X mediante un proceso OSL: (1) ionización, (2a y 2b) atrapamiento de electrones y hoyos, (3) fotoestimulación de electrones y (4) recombinación de pares e-h y emisión de fotones. DE se refiere a la energía de la trampa de electrón relativa a la banda de conducción.



de electrones y huecos atrapados en la PI lo cual forma una "imagen" del cuerpo que es atravesado por los rayos X. La recuperación de la imagen se hace por un proceso posterior que consiste en liberar los electrones atrapados (3) estimulando con una fuente de luz diferente a los rayos X (fotoestimulación), para que éstos se recombinen con los huecos (4) emitiendo un fotón de luz que se registra con un medidor apropiado de tal forma que la suma de todos estos fotones mediante un proceso de digitalización permite la construcción de la imagen de RX digital. En un material fósforo, generalmente la liberación de los electrones se hace con un laser de longitud de onda apropiada.

### ¿QUÉ SE HACE EN INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD?

En el curso de los últimos años los miembros de la Academia de Estado Sólido del Departamento de Investigación en Física (DIFUS) hemos realizado investigación relacionada con los procesos de formación, estabilización y recombinación de defectos inducidos por radiación en materiales aislantes, principalmente en cristales halogenuros alcalinos (HA). El conocimiento adquirido nos permite explorar la posibilidad de su aplicación en diversos dispositivos que utilicen materiales fósforos como detectores de radiación. Materiales como  $KCl:Eu^{2+}$  y  $KBr:Eu^{2+}$  y otros HA luminiscentes han mostrado algunas características relevantes a los procesos de OSL, desafortunadamente muy inferiores a las mostradas particularmente por agujas de  $CsBr:Eu^{2+}$ . A pesar de esto, en colaboración con un investigador del área de electrónica del DIFUS, recientemente hemos realizado medidas preliminares con el objetivo de aprovechar el conocimiento adquirido y tratar de poner en perspectiva el potencial desarrollo de un instrumento para la obtención de imágenes de rayos X usando las propiedades OSL de materiales fósforos. Desafortunadamente, esas medidas no han aportado resultados exitosos por lo que creemos que aún falta un largo camino por recorrer, principalmente cuando los esfuerzos realizados no se enmarcan en una línea específica de investigación más relacionada con áreas de investigación y desarrollo y no sólo de investigación básica como es nuestro caso.



Finalmente, es importante mencionar que el desarrollo de un instrumento como el discutido en el presente trabajo, requiere la integración de conocimiento multidisciplinario donde se involucren un conjunto de especialistas en diferentes áreas de investigación, que para el caso que nos ocupa se trata de electrónicos, físicos, químicos, así como investigadores en diseño mecánico y en sistemas computacionales.

### BIBLIOGRAFÍA

- 1) M. Sonoda, M. Takano, J. Miyahara, and H. Kato, Computed radiography utilizing scanning laser stimulated luminescence, *Radiology* 148 (1983) 833.
- 2) Tracy Herman, Computed Radiography and Digital radiography: A Comparison of Technology, Functionality, Patient Dose and Image Quality. Disponible en: <http://eradimaging.com/site/article.cfm?ID=535&mode=ce>. Consulta en Mayo 25 de 2009
- 3) L. Bløtter-Jensen, S.W.S. McKeever, and A.G. Wintle, *Optically Stimulated Luminescence Dosimetry*. Elsevier Science 2003.

## CONTENIDO DE FIBRA DIETARIA EN PRODUCTOS EXTRUIDOS A BASE DE SALVADO DE TRIGO Y HARINA DE TRIGO INTEGRAL

MARÍA DEL REFUGIO FALCÓN VILLA, JESÚS MANUEL BARRÓN HOYOS,  
ANA LOURDES ROMERO BARANZINI, MARÍA GUADALUPE SALAZAR GARCÍA,  
MILAGROS FRANCISCA DOMINGUEZ SALAZAR

El consumir alimentos con un alto contenido de fibra como son los cereales y sus subproductos, pueden contribuir a prevenir y controlar enfermedades tan importantes como es el caso de diabetes, obesidad, colitis, arterioesclerosis y enfermedades intestinales.

La industria ha mostrado interés por desarrollar productos con alto contenido de fibra dietaria, entre éstos destacan los cereales para desayuno elaborados por extrusión. En el presente estudio se desarrollaron productos extruidos a partir de salvado de trigo y harina de trigo integral con la finalidad de cuantificar el efecto del proceso de extrusión en el contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble y B-glucanos. Se utilizó salvado de trigo (ST) y harina de trigo integral (HTI) y de ello se obtuvo tres mezclas en una proporción de 90%ST:10%HTI, 70%ST:30%HTI y 50%ST:50%HTI, con las cuales se elaboraron los productos extruidos (PE). Se cuantificó la composición química, contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble y B-glucanos en salvado de trigo, harina de trigo integral, mezclas y productos extruidos.

M.C. MARÍA DEL REFUGIO FALCÓN VILLA  
Correo: rfalcon@guayacan.uson.mx  
DR. JESÚS MANUEL BARRÓN HOYOS  
Correo: jbarron@guaymas.uson.mx  
ANA LOURDES ROMERO BARANZINI  
Correo: aromero@guayacan.uson.mx  
MARÍA GUADALUPE SALAZAR GARCÍA  
Correo: gsalazar@guayacan.uson.mx  
Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos.  
Universidad de Sonora  
MILAGROS FRANCISCA DOMINGUEZ SALAZAR  
Químico Biólogo. Egresada de la Universidad de Sonora

## LA IMPORTANCIA DE LOS CEREALES EN LA ALIMENTACIÓN

Los cereales han sido considerados la fuente de nutrientes más importante de la humanidad. 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. Los cereales más utilizados en la alimentación humana son el trigo, arroz y el maíz, aunque también son importantes la cebada, centeno, avena y el mijo (1,2). El trigo es muy importante en la dieta alimentaria del pueblo mexicano, pues es la base para la elaboración de productos que se consumen en grandes volúmenes tales como el pan, tortillas, pastas, galletas, pasteles, cereales para desayuno, entre otros. El trigo contiene nutrientes y valor energético en mayor cantidad que el resto de los cereales y nutricionalmente sólo es comparable con la avena (3). Según el Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2006), México es considerado el principal productor de trigo de América Central y el Caribe (4). La forma de consumo humano del grano de trigo no se realiza directamente, sino que es sometido a un proceso de molienda con la finalidad de obtener harina y algunos subproductos como son el salvado y semilla, los cuales son de gran importancia por ser una de las mejores fuentes de fibra dietaria (5).

## ¿QUE ES LA FIBRA DIETARIA?

La fibra dietaria no es una sustancia simple, es una mezcla compleja la cual incluye una variedad de polisacáridos, insolubles y solubles en agua. La importancia de la fibra dietaria radica en su consumo relacionado con la prevención de muchas enfermedades entre las que se encuentran: constipación, diverticulosis, cáncer de colon, diabetes, obesidad, hipercolesterolemia e hipertensión. Dentro de los principales constituyentes de la fibra dietaria que han sido estudiados en sus características y propiedades se encuentran: celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina y ceras, gomas,  $\beta$ -glucanos, pectinas y mucílagos (6).

Los componentes de la fibra se encuentran concentrados en la envoltura de la cariósida o pericarpio, pero en los últimos 100 años las personas han consumido productos de granos refinados, ocasionando una disminución dramática en el consumo de estos compuestos, dado que son removidos en el proceso de molienda. Sin embargo, la industria procesadora de alimentos extruidos, está desarrollando alimentos suplementados con subproductos de molienda, con el objeto de producir alimentos con alta cantidad de fibra dietaria, debido a que la gente cada día se hace más consciente de la relación entre alimentos y salud. Una de las formas de consumo más comunes de los cereales son los productos extruidos, y debido a la gran versatilidad del proceso, la extrusión ha sido aplicada extensivamente para producir una gran cantidad de productos entre los que se encuentran: cereales para desayuno, botanas, alimentos precocidos y alimentos para animales (7). Estudios realizados muestran que la estructura de la fibra y los efectos fisiológicos de cereales son modificados por diferentes tratamientos. El extruido de harina de trigo o de grano de trigo integral tiene muy poco efecto sobre el contenido dietético total de la fibra, pero un aumento de la fracción soluble fue observado por algunos autores (8,9).

Por lo anteriormente mencionado, es necesario realizar un estudio analítico que permita determinar el efecto del proceso de extrusión sobre el contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble y B-glucanos, ya que estos componentes son importantes para tener una buena nutrición y muestran un efecto significativo en la regulación de ciertos compuestos y en la prevención de enfermedades tan importantes como la diabetes, hipertensión e hipercolesterolemia.

## METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL ESTUDIO

La materia prima empleada en este estudio fue salvado de trigo y harina de trigo integral, las cuales se obtuvieron del molino "La Fama" S.A. de C.V. Se elaboraron tres mezclas utilizando salvado de trigo con un tamaño de partícula de 57 mesh (ST) y harina de trigo integral con un tamaño de partícula de 120 mesh (HTI) en una proporción de

90%ST:10%HTI, 70%ST:30%HTI y 50%ST:50%HTI.

Proceso de Extrusión. El salvado de trigo, la harina de trigo integral y las tres mezclas fueron acondicionadas para obtener la consistencia y características deseadas para ser extruidas. Éstas se homogenizaron en una mezcladora (marca Hobart, modelo AS200T, USA) a baja velocidad (60 rpm) por 20 min, empleando agua destilada por aspersión hasta obtener un contenido humedad promedio de 23 % (base seca) (6). Las materias primas y las mezclas acondicionadas se colocaron en bolsas de polietileno y se refrigeraron por 12 horas para asegurar el equilibrio de la humedad (reposo I), y posteriormente se llevaron a temperatura ambiente (reposo II) antes de ser extruidas. 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. Las condiciones de operación del extrusor fueron: Velocidad del tornillo 100 rpm, velocidad del cortador 122 rpm, velocidad de alimentación 50 rpm, temperaturas de Z1, Z2, Z3 = 60°C y Z4 = 140°C. La relación de compresión del tornillo fue de 1:1, y la abertura del dado de restricción fue de 3 mm. Los extruidos se colectaron en charolas de aluminio perforadas y subsecuentemente el material fue secado en un horno eléctrico a 270°C por 3 min.

Composición Química. El análisis proximal se realizó en las materias primas y mezclas sin extruir, así como en todos los productos extruidos, siguiendo los métodos oficiales de la AACC (10). Humedad (método 44-40); cenizas (método 08-02); proteína (método 46-13) y grasa cruda (método 30-25). Contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble, empleando una combinación de enzimas y métodos gravimétricos, procedimiento basado en el método 985.29 publicado en la AOAC, (11). Para la determinación de B-glucanos se empleó el método enzimático (McClearly Method) descrito por la AACC (32-23), AOAC (995.16), EBC (3.11.1, 4.16.1 y 8.11.1), ICC (No. 168) (12).

Diseño Experimental y Análisis Estadístico. Se planteó un diseño bloques al azar. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza, y para establecer las diferencias en el contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble y B-glucanos de las materias primas y mezclas sin extruir con respecto a los productos extruidos, se empleó un análisis de comparación de medias por la prueba de Tukey, usando el programa JMP (versión 5.0.1) de SAS (13), con un nivel de significancia del 95%.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### a) Composición Química

La tabla 1 presenta la composición química de las materias primas, mezclas sin extruir y productos extruidos. Los valores más altos de las mezclas corresponde al producto extruido de 90%ST:10%HTI con 18.9% en proteína, 3.5% en grasa y 4.3% en cenizas. De manera general se puede decir que a medida que aumenta el contenido de harina de trigo integral en cada uno de los productos extruidos, disminuye el contenido de estos macro nutrientes. Los resultados obtenidos en la composición química de los productos extruidos de salvado de trigo, harina de trigo integral y las mezclas, son comparables y superiores a cereales comerciales altos en fibra, basados en salvado de trigo, trigo y salvado de maíz, que se encuentran en un rango de 10.2 a 15.7% de proteína y de 0.7 a 2.2% de grasa (13).

### b) Fibra Dietaria Insoluble

La figura 1 muestra el contenido de fibra dietaria insoluble de las materias primas, mezclas sin extruir y productos extruidos. El contenido de fibra dietaria insoluble aumentó en la mayoría de los productos extruidos, dando valores significativamente diferentes con respecto a las materias primas y a las mezclas. El extruido de salvado de trigo presentó un aumento de 6.05%, seguido del extruido 70%ST:30%HTI con 4.77%, extruido 90%ST:10%HTI con 4.15% y extruido 50%ST:50%HTI con 1.29%. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Kahlon (15), quienes obtuvieron aumentos en la fibra dietaria insoluble en un rango de 3.0 a 3.7%, al someter salvado de trigo al proceso de extrusión. De manera general se puede decir que a medida que aumenta el contenido de harina de trigo integral en cada uno de los productos extruidos, disminuye el contenido de fibra dietaria insoluble. En lo que respecta al extruido de harina de trigo integral, éste presentó un comportamiento distinto, se observó un decremento en el contenido de fibra dietaria insoluble de 2.82%. Resultados similares fueron obtenidos en estudios realizados por Wang y col. (8) quienes trabajaron con extrusión de harina de trigo y obtuvieron un decremento de 1.6% en el contenido de fibra dietaria insoluble.

### c) Fibra Dietaria Soluble

La figura 2 muestra los resultados obtenidos de la fibra dietaria soluble en las materias primas, mezclas sin extruir y productos extruidos. De acuerdo al análisis estadístico no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los valores de las mezclas sin extruir y extruidos. El valor más alto obtenido en esta determinación corresponde al extruido de salvado de trigo con 4.6%. Por otra parte, el valor más bajo correspondió al extruido de harina de trigo integral con 3.4%. Wang y col. (8) mostraron resultados similares al obtener extruidos de salvado de trigo y de trigo integral con 4.25 y 2.19 % de fibra dietaria soluble respectivamente.

### d) Fibra Dietaria Total

La figura 3 muestra el contenido de fibra dietaria total en las materias primas, mezclas sin extruir y productos extruidos. El contenido de fibra dietaria total aumentó en la mayoría de los extruidos, dando valores significativamente diferentes con respecto a las materias primas y a las mezclas, a excepción del extruido 50%ST:50%HTI, el cual no presentó diferencia significativa. El extruido de salvado de trigo presentó un aumento de 6.28% con respecto al salvado de trigo sin extruir, seguido del extruido 70%ST:30%HTI con 4.89%, extruido 90%ST:10%HTI con 4.36% y por último el extruido 50%ST:50%HTI con 1.58%. Kahlon y col. (15), encontraron comportamientos similares en el aumento del contenido de fibra dietaria total en un rango de 3.0 a 4.4%, al realizar un estudio sobre el proceso de extrusión con salvado de trigo.

El extruido de harina de trigo integral mostró un comportamiento diferente, ya que el contenido de fibra dietaria total disminuyó en un 2.2%, siendo este resultado el doble del que obtuvieron Wang y col. (8), quienes reportaron un decremento de 1% de fibra dietaria total en trigo integral.

Tabla 1. Análisis proximal de salvado de trigo (ST), harina de trigo integral (HTI) y mezclas sin extruir y extruidas (E)1,2.

Muestras	PROTEÍNA	GRASA	CENIZAS	FIBRA TOTAL	CHTOS <sup>4</sup>
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
ST	18.2 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	41.9 <sup>a</sup>	31.9 <sup>a</sup>
E-ST	19.1 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>b</sup>	48.1 <sup>b</sup>	24.2 <sup>b</sup>
90%ST-10%HTI	17.9 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	41.1 <sup>a</sup>	33.3 <sup>a</sup>
E-90%ST-10%HTI	18.9 <sup>b</sup>	3.5 <sup>a</sup>	4.3 <sup>b</sup>	45.4 <sup>b</sup>	27.8 <sup>b</sup>
70%ST-30%HTI	17.1 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	36.4 <sup>a</sup>	40.0 <sup>a</sup>
E-70%ST-30%HTI	18.7 <sup>b</sup>	3.4 <sup>a</sup>	3.9 <sup>b</sup>	41.5 <sup>b</sup>	32.5 <sup>b</sup>
50%ST-50%HTI	16.3 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	30.0 <sup>a</sup>	47.6 <sup>a</sup>
E-50%ST-50%HTI	16.8 <sup>a</sup>	2.6 <sup>b</sup>	3.1 <sup>b</sup>	31.6 <sup>a</sup>	45.9 <sup>b</sup>
HTI	13.9 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	1.6 <sup>a</sup>	17.8 <sup>a</sup>	65.1 <sup>a</sup>
E-HTI	14.4 <sup>a</sup>	1.1 <sup>b</sup>	2.1 <sup>b</sup>	15.6 <sup>b</sup>	66.9 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> % base seca, los valores son promedio de triplicado

<sup>2</sup> Valores con diferente letra son significativamente diferentes

<sup>3</sup> Proteína total (N x 6.25)

<sup>4</sup> Calculado por diferencia

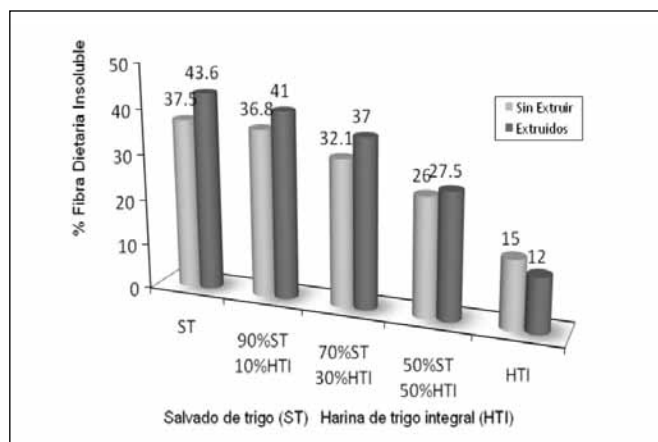


Figura 1. Contenido de fibra dietaria insoluble en salvado de trigo, harina de trigo integral y mezclas sin extruir y extruidas.

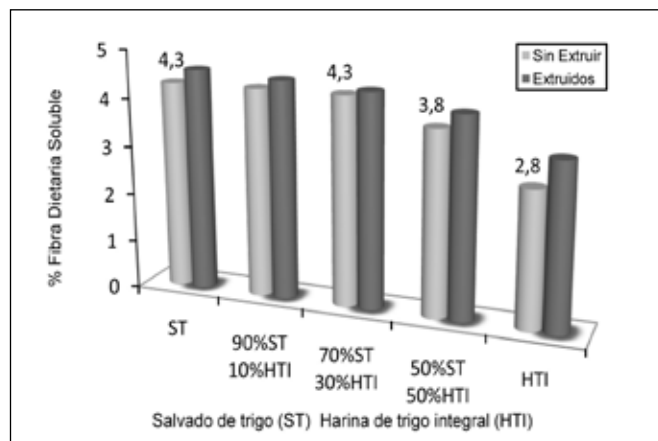


Figura 2. Contenido de fibra dietaria soluble en salvado de trigo, harina de trigo integral y mezclas sin extruir y extruidas.

### e) B-glucanos

La figura 4 muestra los resultados de B-glucanos encontrados en las materias primas, mezclas sin extruir y productos extruidos, en donde se observan valores en un rango de 0.7 a 1.9 en los productos extruidos. El contenido de B-glucanos aumentó en los productos extruidos, dando valores significativamente diferentes únicamente en los extruidos 90%ST:10%HTI y 70%ST:30%HTI con respecto a las mezclas sin extruir. Los valores más altos en esta determinación corresponden al salvado de trigo con 1.9% en el producto extruido, y el valor más bajo corresponde al producto extruido de harina de trigo integral con 0.7%. La tendencia general de estos resultados es que a medida que aumenta el porcentaje de harina de trigo integral en las mezclas, disminuye el contenido de B-glucanos, comportamiento esperado debido al bajo porcentaje de B-glucanos en el grano de trigo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos con Plaami and Kumpulainen (9), quienes determinaron contenido de B-glucanos en varios cereales comerciales, obteniendo valores de 0.68 a 2.19% para cereales elaborados a base de trigo entero y salvado de trigo.

### CONCLUSIONES: CONSUMIR ALIMENTOS CON FIBRA

Incorporar salvado de trigo con harina de trigo integral en productos extruidos, incrementa su contenido en el porcentaje de fibra dietaria insoluble y fibra dietaria total. El producto extruido 70%ST:30%HTI resultó con mayor incremento en fibra dietaria insoluble de 4.8% y fibra dietaria total de 4.9%. El contenido de B-glucanos aumentó en los productos extruidos, dando valores significativamente diferentes únicamente en los extruidos 90%ST:10%HTI y 70%ST:30%HTI con respecto a las mezclas sin extruir.

El consumir alimentos con un alto contenido de fibra como son los cereales y sus subproductos, pueden contribuir a prevenir y controlar enfermedades tan importantes como es el caso de diabetes, obesidad, colitis, arterioesclerosis y enfermedades intestinales.

### BIBLIOGRAFÍA

- 1) Hemery, Y., Rouau, X., Lullien-Pellerin, V., Barron, C. and Abecassis, J. Dry process to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *J. Cereal Science*. 2007. 46:327-347.
- 2.) Brennan, Ch..S. and Cleary, L.J. The potential use of cereal (1→ 3, 1 → 4)-β-D-glucans as functional food ingredients. *J. Cereal Science*. 2005. 42:1-13.
- 3) Serna, S.S.R. "Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales". Ed. A.G.T. Editor, S.A. México. 1996. 288-292, 439-443.
- 4) SIAP. Web site en [http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/SP\\_AG/Trigo/Descripción.pdf](http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/SP_AG/Trigo/Descripción.pdf). estadísticas. 2006.
- 5) Jamin, F.F. and Flores, R.A. Effect of separation and grinding of corn dry-milled streams on physical properties of single-screw low-speed extruded products. *Cereal Chem*. 1998. 75(6):775-779.
- 6) Dust, J.M., Gajda, A.M., Flickinger, E.A., Burkhalter, T.M., Merchen, N.R. and Fahey, G.C. Extrusion conditions affect chemical composition and in Vitro digestion of select food ingredients. *J. of Agricultural and Food Chemistry*. 2004. 52:2989-2996.
- 7) Onwulata, C.I. and Konstance, R. P. Extruded corn meal and whey protein concentrate: Effect of particle size. *J. Food Processing and Preservation*. 2006. 30:475-487.
- 8) Wang, W.M., Klopfenstein, C. F. and Ponte, Jr. J.G. 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*. 1993: 70(6) 707-711.
- 9) Plaami, S. and Kumpulainen, J. Soluble and insoluble dietary fiber and B-glucan contents in domestic and imported breakfast cereals consumed in Finland. *J. of Food Composition and Analysis*. 1993: (6) 307-315.

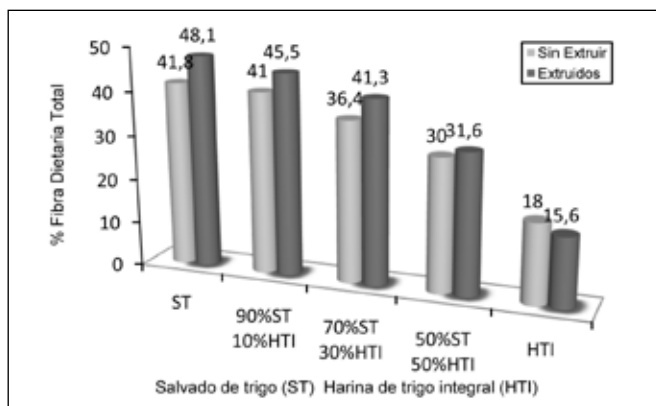


Figura 3. Contenido de fibra dietaria total en salvado de trigo, harina de trigo integral y mezclas sin extruir y extruidas.

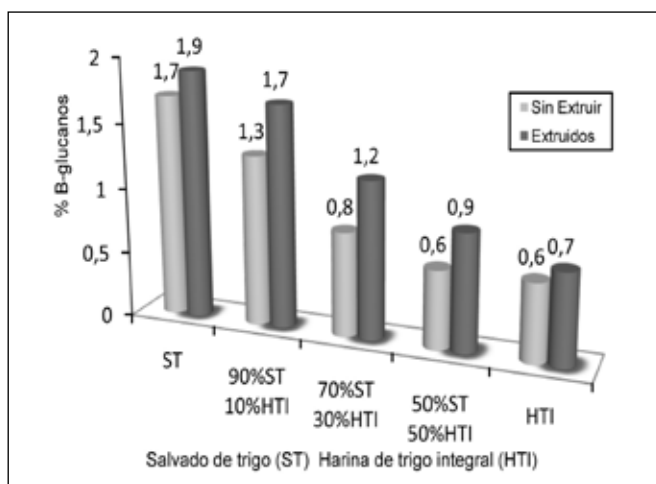
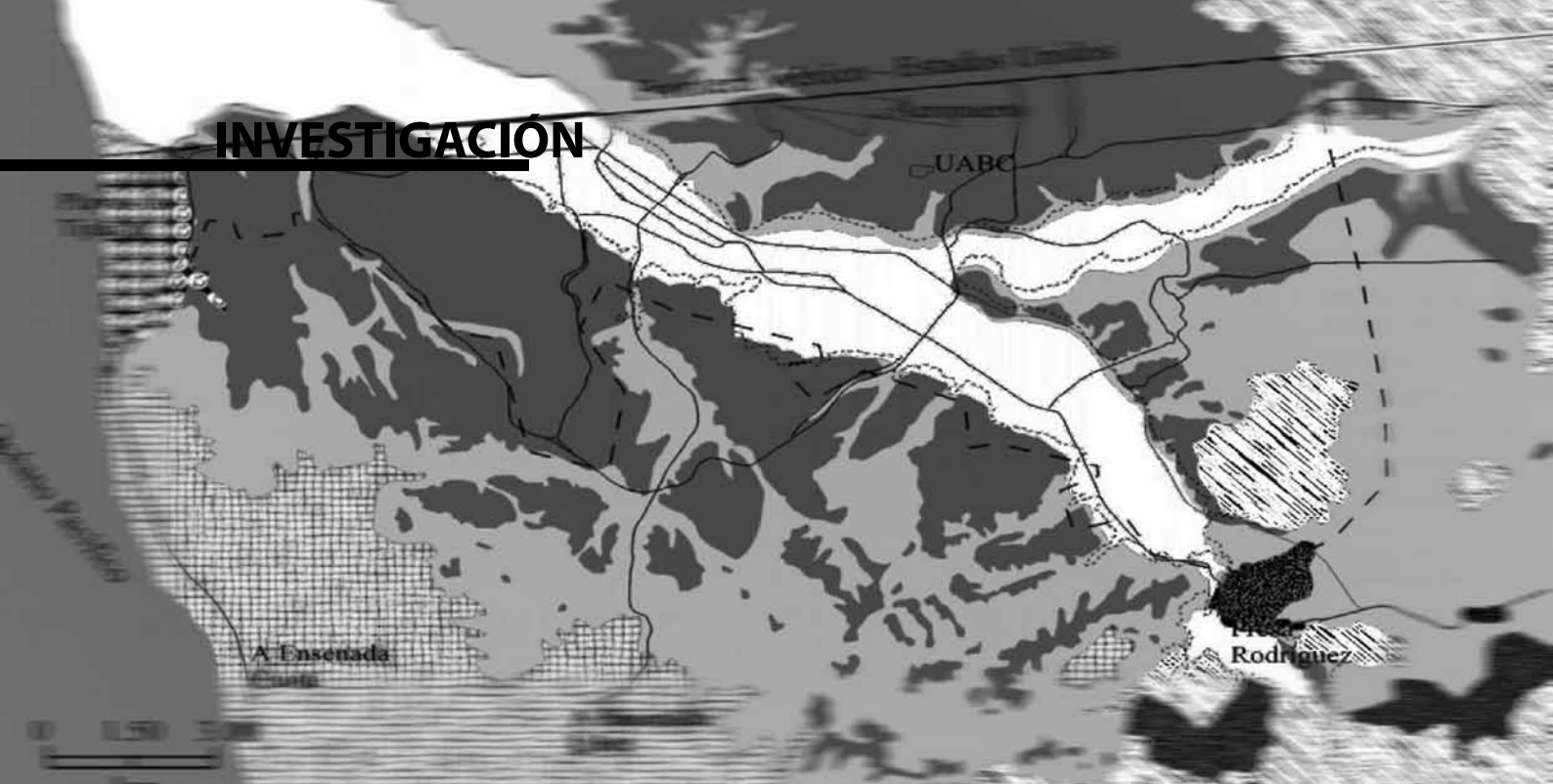


Figura 4. Contenido de B-glucanos en salvado de trigo, harina integral y mezclas sin extruir y extruidas

- 10) AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists". 10th ed. St. Paul, MN. 2001.
- 11) AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC". 16th ed., Vol. I, Sec. 12.1.07, Method 960.52. 1997.
- 12) Megazyme. Mixed Linkage B-glucan assay Procedure (McCleary Method). Megazyme International Ireland Limited. 2004.
- 13) SAS Institute Inc. JMP. A Business Unit of SAS. Version 5.0.1 by Statistical Analysis System, Institute Inc. Cary, NC, USA. 2002.
- 14) Falcon-Villa, M.R., Romero-Baranzini, A.L., Yañez-Farías, G.A., Nuñez-Orozco, V. y Barrón-Hoyos, J.M. Contenido de beta-glucanos en cereales comerciales para desayuno altos en fibra. *Revista Biotecnia*. 2007. 9(3):35-41.
- 15) Kahlon, T.S., Berrios, J.J., Smith, G.E. and J. L. Pan, J.L. Extrusion conditions modify hypocholesterolemic properties of wheat bran fed to hamsters". *Cereal Chem*. 2006: 83(2) 152-156.



## MICROZONACIÓN DE PERIODOS DOMINANTES DEL SUELO LA CIUDAD DE TIJUANA, BAJA CALIFORNIA

GEMA KARINA IBARRA TORÚA, FRANCISCO MIGUEL OLIVER OCAÑO  
JOSÉ GUADALUPE ACOSTA CHANG

Las estructuras civiles son dañadas en mayor medida por los movimientos sísmicos cuando el período fundamental del edificio o la estructura es similar o igual al período dominante del movimiento del suelo donde se encuentra desplantada. Para incrementar la seguridad de los diseños antisísmicos de estructuras nuevas o de los reforzamientos de estructuras ya existentes, resulta primordial la elaboración de mapas de microzonación del período dominante, tanto dentro de las manchas urbanas, como en aquellas áreas con- altas posibilidades de desarrollo urbano futuro.

GEMA KARINA IBARRA TORÚA  
Correo: gkibarra@dicym.uson.mx  
FRANCISCO MIGUEL OLIVER OCAÑO  
Correo: moliver@dicym.uson.mx  
Departamento de Ingeniería Civil y Minas  
Universidad de Sonora  
JOSÉ GUADALUPE ACOSTA CHANG  
Centro de Investigación Científica y Educación  
Superior de Ensenada (CICESE)  
Correo: jchang@cicese.mx

## MOVIMIENTOS DEL SUELO

Los terremotos que más han quedado en la memoria de los individuos, son sin duda, los que han arrojado más pérdidas humanas y materiales. Entre las experiencias recientes de las décadas de los ochentas y noventas, se encuentran: Michoacán 1985, Loma Prieta 1990 y Kobe 1995. En estos y otros eventos, se confirma la importancia que tiene el efecto de sitio en la producción de daños trágicos asociados a los terremotos. El movimiento en la superficie del terreno en un sitio dado, con suelos blandos o intemperizados, puede diferir radicalmente del que se tiene en el basamento rocoso, por alteraciones de las ondas sísmicas debidas a efectos geológicos, topográficos y de rigidez del subsuelo.

El efecto de sitio es el resultado de los procesos de depositación, intemperismo, erosiones y otros procesos geológicos, los cuales generan fuertes diferencias en las propiedades físicas de las estructuras relativamente pequeñas y superficiales (Aki, 1988)(3); por ésto, los últimos metros del recorrido del tren de ondas sísmicas adquieren gran importancia en la conformación del movimiento del suelo. La respuesta del suelo al arribo de una onda sísmica está determinada por el tipo de ondas incidentes, la dirección en que éstas llegan a la superficie, así como de la coherencia del campo donde actúen.

Uno de los componentes del efecto de sitio es el conocido como periodo dominante del movimiento del suelo (PD), que puede ser definido como el periodo (segundos) de la armónica con mayor amplitud del movimiento del suelo. Su valor depende de las características físicas y geométricas de la estratigrafía somera. Éste es un parámetro derivado del contenido espectral de los registros sísmicos.

## LOS MOVIMIENTOS SISMICOS

Las estructuras civiles son dañadas en mayor medida por los movimientos sísmicos cuando el período fundamental de vibración de la estructura es similar al período dominante del movimiento del suelo donde se encuentra desplazada. Las características esenciales de la respuesta de una estructura sencilla se llegan a estimar, con aceptable precisión, al modelar la estructura mediante un sistema de un grado de libertad, con periodo igual al fundamental de la estructura. Si se someten varios sistemas de un grado de libertad, con diferentes periodos, a una cierta historia de movimiento del terreno, cada uno responde de manera muy diferente; la amplitud de su respuesta depende esencialmente de la relación entre el periodo del sistema (TE), y el periodo dominante del movimiento del suelo (TS); (TE /TS). Como se ilustra en la figura 1, mientras más cercana a la unidad sea esta relación, mayor es la amplitud de la respuesta (Bazán y Meli, 2002). (4)

Para incrementar la seguridad de los diseños antisísmicos de estructuras civiles nuevas o de los reforzamientos de estructuras ya existentes, resulta primordial la elaboración de mapas de microzonación que describan las distribuciones geográficas de los parámetros cuantitativos que caracterizan la respuesta sísmica de los suelos, tales como el factor de amplificación relativa, la aceleración máxima esperada y el PD del movimiento de los suelos.

## MICROZONACIÓN SÍSMICA

El objetivo a largo plazo de la microzonación sísmica de una zona urbana implica la creación de varios tipos de mapas, con las distribuciones de los diferentes parámetros de interés a la ingeniería de terremotos, como son aceleraciones y velocidades máximas del suelo, mapas de intensidades sísmicas, valores máximos de los espectros de respuesta y periodos dominantes del movimiento del suelo.

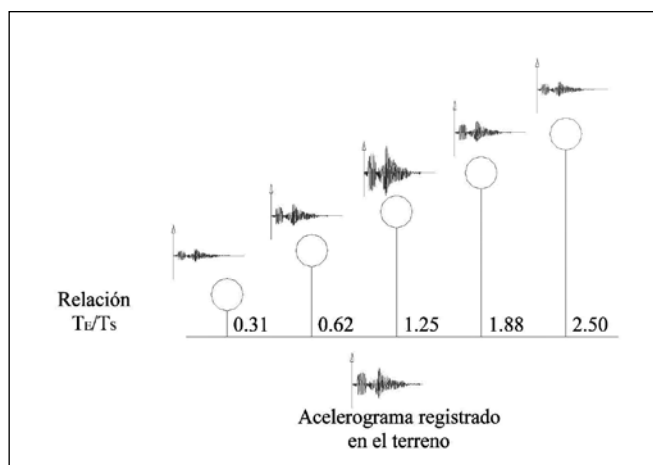


Figura 1. Amplificación el movimiento del terreno en sistemas con distinto periodo fundamental de vibración. Modificada de Bazán y Meli, 2002.

Acosta et al. (1994) (2), iniciaron un estudio de microzonación sísmica en el área de Tijuana, con base a la distribución de periodos dominantes; ellos utilizan el método de Nakamura (1989)(9) que relaciona las componentes horizontal y vertical del movimiento del suelo.

## MARCO SISMOTECTÓNICO.

La figura 2 presenta el marco tectónico de la región norte de Baja California, en la cual se muestran las principales fallas activas. La actividad tectónica en esta región está correlacionada con tres grupos de fallas. El primer grupo se encuentra en el este de la región formando parte del sistema de fallas San Andrés, que puede ser considerado como el más activo (Raines et al., 1991) (11), ubicado a lo largo del valle



Figura 2. Marco Sismotectónico. Los principales sistemas de fallas asociadas a la interacción de las Placas Pacífico y Norteamericana. Modificada de Kahle et al., 1984.



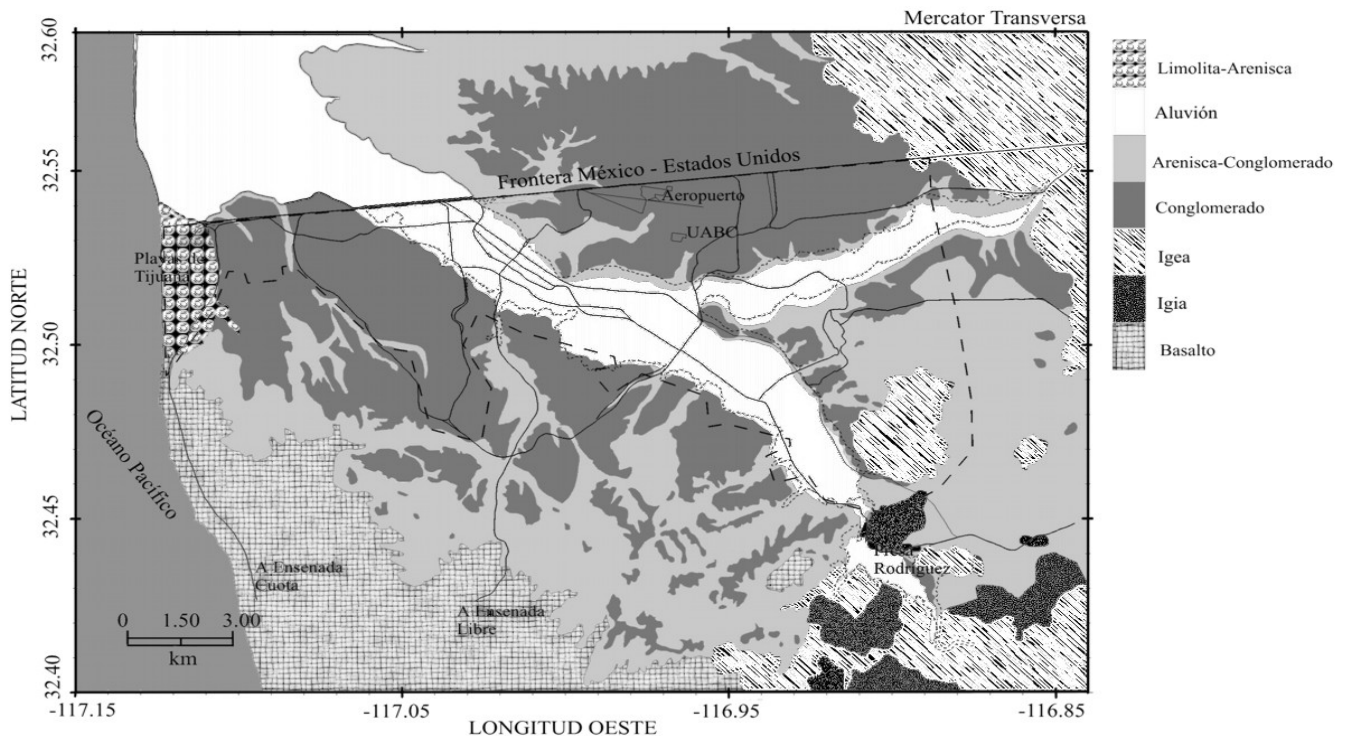


Figura 3. Geología superficial de la ciudad de Tijuana, con algunos sitios de interés. La línea gruesa discontinua indica el límite de la zona urbana, las líneas continuas delgadas los principales ejes viales y las líneas punteadas, en los límites de aluvión, los cauces fluviales. Modificada de la carta de geología superficial de INEGI 1:50000.

Imperial-Mexicali, incluye las fallas activas: Imperial, Cerro Prieto, Cucapá, Elsinore, Brawley y Laguna Salada. El segundo grupo incluye las fallas relacionadas con el escarpe principal del golfo: San Pedro Mártir, San Felipe y la zona de falla Sierra Juárez. El sistema de fallas Sierra Juárez es particularmente activo en su segmento central con dos cúmulos localizados en los extremos de este segmento (Frez y Frías, 1998) (5). En el tercer grupo se sitúan, al oeste: los sistemas oceánicos de fallas como Coronado Banks, las depresiones de San Diego y la falla San Clemente (Stock et al., 1991) (12), las dos primeras extienden su trazo hasta las costas de Ensenada y luego continúan tierra adentro al sur de la ciudad, como la falla Agua Blanca (Gastil et al., 1975.) (6). Al norte de Tijuana, se encuentran las fallas La Nación, Rose Canyon, y Silver Strand que atraviesa la Bahía de San Diego, y continúa frente a la costa de Tijuana. Al sur de esta ciudad, el sistema de fallas San Miguel-Vallecitos-Calabazas; éste pierde su trazo bajo el sur de la ciudad, pero trabajos anteriores suponen que se unen a la falla Rose Canyon (Kennedy et al., 1975) (8).

### GEOLOGÍA SUPERFICIAL

El aspecto más importante del marco geológico local es la distribución superficial de las diversas litologías en la región. Las ubicaciones de los sitios de estudio dentro de la ciudad de Tijuana fueron seleccionadas de acuerdo a las características geológicas de los suelos, con base en los mapas geológicos del INEGI con escala 1:50000, del trabajo de Gastil et al. (1975) (6) e inspección visual de sitios para corroborar los datos, se clasificaron los suelos en siete tipos principales (figura 3).

### MÉTODO PARA LA ESTIMACIÓN DEL EFECTO DE SITIO

La estimación del efecto de sitio a partir del análisis de datos empíricos obtenidos sobre la superficie del terreno, se sustenta en la eliminación de los efectos de la fuente y la trayectoria y el aislamiento de los efectos producidos por la litología somera en el sitio de registro. En la literatura se establece que se puede emplear el movimiento del suelo inducido por microsismicidad (ruido sísmico ambiental) para la estimación adecuada del periodo dominante de un sitio sobre la superficie, siempre que se eliminen adecuadamente los efectos de fuentes y trayectoria.

Kanai (1957) (7) propone utilizar mediciones de vibración ambiental, la cual es una combinación de microsismos y microtremores. Los microsismos son vibraciones inducidas por las actividades oceánicas y atmosféricas a nivel global, con periodos mayores a 4 segundos; mientras que los microtremores son movimientos inducidos por el ruido urbano de naturaleza local, de periodos cortos. Kanai propone esta opción, mencionando que los suelos responden de manera equivalente a las fuentes de ruido como a las fuentes de terremotos.

Una técnica común para estimar el efecto de sitio a partir de mediciones de microtremores es el cálculo de razones espectrales de las componentes horizontal y vertical del movimiento del suelo (Nakamura, 1989) (9).

El planteamiento analítico de la técnica de Nakamura (1989) (9) se basa en considerar espectros en la superficie y en la base de la capa sedimentaria, utiliza cuatro espectros: un espectro horizontal (HS) y otro vertical (VS) en la superficie; y dos más en la base de la

capa sedimentaria: un espectro horizontal (HB) y uno vertical (VB). Estos últimos dos espectros en profundidad, aunque aparecen en el desarrollo analítico, realmente no son necesarios para la aplicación del método, como se verá a continuación.

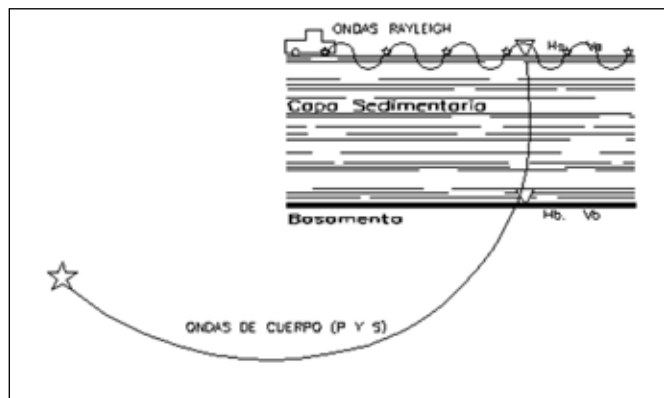


Figura 4. Gráfica del recorrido de las ondas de cuerpo (P y S) y ondas superficiales.

Una medición de ruido sísmico de la componente horizontal, grabada en la superficie de la capa sedimentaria, contiene efectos de fuentes naturales lejanas que se propagan como ondas de cuerpo (P y S) y fuentes locales propagándose como ondas Rayleigh.

Los efectos generados por la trayectoria se anulan al momento de realizar el cociente espectral, ya que todos los registros que se obtienen pertenecen al mismo sitio.

Nakamura (1989)(9) supone que la componente vertical de los registros de ruido no contiene los efectos producidos por la capa sedimentaria, justifica esto haciendo el siguiente análisis: se puede considerar que la componente horizontal de un registro de ruido sísmico es amplificada por la capa sedimentaria mediante reflexiones múltiples de ondas S, y que la componente vertical se amplifica por reflexiones múltiples de ondas P.

Si se utiliza la fórmula presentada por Aki (1988) (3) que relaciona el espesor de una capa con la longitud de la onda multireflejada y la velocidad de propagación de dicha onda:

$$E = \beta T / 4,$$

donde:

E = Espesor de la capa

$\beta$  = Velocidad de propagación de la onda

T = Periodo dominante del movimiento del suelo

se pueden conocer los espesores de las capas que pueden ser observadas por las ondas de cuerpo de microtemores que se propagan verticalmente.

El espesor de la capa que pudiera afectar el movimiento vertical, varía de 250 a 1250 metros, tomando en cuenta que los periodos de interés a la ingeniería son entre 1 y 5 segundos, y que la velocidad de ondas P generalmente es mayor a 1000 m/s. Como los efectos de sitio son producidos sobre las ondas en los últimos 30 m antes de arribar a la superficie, entonces se considera que el efecto de sitio no afecta la componente vertical de los registros de ruido sísmico.

Una estimación del efecto de sitio está dada por el cociente espectral entre las componentes horizontal y vertical del movimiento en la superficie.

## CAPTURA DE DATOS

Se tomaron registros de velocidad del movimiento del suelo, por medio de ruido sísmico ambiental, en varias decenas de sitios dentro de la ciudad de Tijuana, tratando de abarcar los diferentes tipos de geología superficial.

Los sensores utilizados en la captura de los registros son sismómetros marca Kinematics de periodo intermedio, verticales y horizontales, modelos SV-1 y SH-1, las grabadoras son Kinematics SSR-1.

## PROCESAMIENTO DE DATOS

Una vez obtenida la base de datos, consistente en sismogramas digitales del ruido sísmico ambiental, es necesario aplicar una serie de procesos para obtener resultados que puedan ser de interés y de fácil empleo para los profesionales de la ingeniería antisísmica. Los procesos son siguientes:

- La primera parte consiste en la aplicación de una serie de procesos numéricos para transformar las series de tiempo, hasta conseguir una representación estadísticamente estable de los espectros de Fourier del ruido sísmico ambiental; esto se consigue mediante métodos de suavizamiento y promediación de las amplitudes espectrales. Se aplican los procesos definidos en el Paquete de Procesamiento Estándar de Acelerogramas (Acosta, 1991) (1).
- La segunda parte del procesamiento tiene como finalidad aislar, o al menos resaltar, las características locales del movimiento del suelo, ya que entre éstas se encuentra el periodo dominante del suelo. Para ello, se aplicará un procedimiento de cocientes espectrales y suavizamiento.
- Visualmente se estima el valor del periodo dominante del movimiento de suelo, a partir de las gráficas de los cocientes espectrales.
- Se elabora un mapa de microzonación de periodos dominantes del movimiento del suelo para cada área de estudio, por medio de la distribución de los valores obtenidos en los puntos de medición.

## RESULTADOS OBTENIDOS

En la figura 5 se muestra un mapa de la ciudad de Tijuana con los sitios de registro y el valor del periodo dominante obtenido en cada uno de ellos. Se observa que el valor del periodo aumenta en los depósitos sedimentarios, mientras que los periodos pequeños se encuentran en los afloramientos rocosos, como lo es el área de la presa Abelardo L. Rodríguez.

Los valores de periodos más pequeños fluctúan entre 0.30 y 0.76 segundos, se ubican al este de la ciudad, principalmente en los alrededores de la cortina de la

de presa Rodríguez, donde el mapa con la geología superficial (figura 5) muestra que se encuentran afloramientos de roca ígnea intrusiva (ígia). Los periodos más grandes los ubicamos en el centro de Tijuana, asociados a los cauces del río Tijuana y arroyo Alamar que cruzan esa zona, es decir, sobre aluvión, con valores que varían de 2.15 a 3.30 segundos.

En la costa de la ciudad, en Playas de Tijuana, se obtuvieron valores de 2.00 a 2.73 segundos sobre limolita-arenisca, mientras que en el límite este de Playas de Tijuana, los valores disminuyen en un rango de 1.20 a 1.78 segundos, ubicados geológicamente sobre arenisca-conglomerado, en los márgenes del río Tijuana. Al sur de la ciudad, hacia la carretera libre Tijuana – Ensenada, se encontraron valores similares a la región anterior, entre 1.50 a 1.80 segundos, y el tipo de material en el que se ubican es el mismo, arenisca-conglomerado, al igual que en los puntos de medición realizados cercanos al aeropuerto, estos oscilan entre 1.57 y 1.88 segundos.

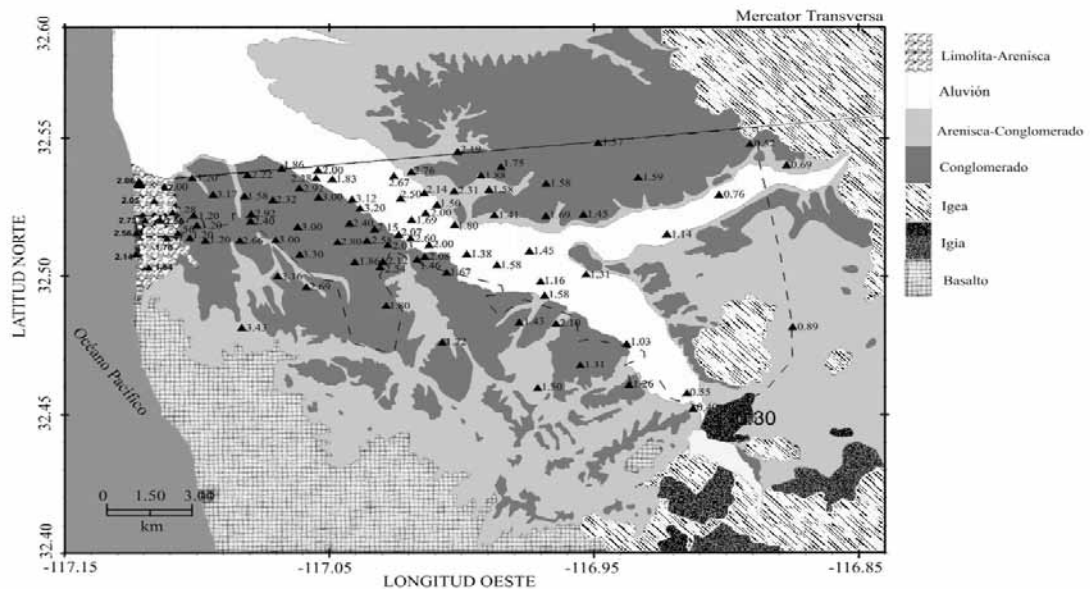


Figura 5. Geología superficial de la ciudad de Tijuana. Con triángulos se indican los sitios donde se tomaron registros de ruido sísmico ambiental y a su lado el valor del periodo dominante del movimiento del suelo. La línea discontinua marca el límite de la zona urbana.

En general, los valores obtenidos en este estudio de periodos dominantes del movimiento del suelo, medidos a partir de vibración ambiental, para la ciudad de Tijuana oscilan entre 0.30 y 3.43 segundos.

## CONCLUSIONES

Se logró el mapa de microzonación de los periodos dominantes (PD) del movimiento del suelo, en Tijuana, Baja California. Para ello se ha aplicado la técnica de cocientes espectrales de Nakamura, sobre registros triaxiales de ruido sísmico ambiental. Las distribuciones geográficas de los valores de PD muestran una gran concordancia con la geología superficial en las ciudades donde existe variación lateral de ésta, además se aprecia un incremento en los valores del PD al aproximarse a la costa, este comportamiento es posible asociarlo al aumento en el espesor de los sedimentos de este a oeste.

Utilizar ruido sísmico ambiental para la determinación del periodo dominante del movimiento del suelo resulta un método seguro y conveniente, ya que no es necesario contar con una base de registros de terremotos.

El mapa de microzonación de periodos dominantes del movimiento del suelo logrado en este trabajo es sólo una pequeña parte de un número de trabajos de caracterización del efecto sísmico en las principales ciudades de Baja California que se han efectuado, y que están por realizarse a mediano y largo plazo en la región. Sin embargo, el resultado plasmado en el mapa de Tijuana, auxilia en gran medida a especialistas en diseño de estructuras civiles para la realización de sus cálculos, de manera tan directa que radica en observar el valor de periodo dominante en el área que se planea construir su estructura y alejar el periodo fundamental de la misma del que se muestra en los mapas.

Es importante señalar que en las Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo (2001)(10) de la Ciudad de México, aparecen ecuaciones que conforman el espectro de diseño en función de los periodos dominantes más largos esperados del suelo.

El mapa presentado tiene como limitación que los puntos de medición realizados fueron dentro de la mancha urbana existente en este tiempo, por lo que en un futuro será necesario elaborar estudios

de periodos dominantes de la vibración del terreno en aquellas zonas donde exista un nuevo desarrollo urbano que quede fuera del área cubierta en este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Acosta, J. G. 1991. Manual de aplicación del paquete de Procesamiento Estándar de Acelerogramas (Versión 5.0). CICESE.
- 2) Acosta, J., Álvarez S., Mendoza L. y Arellano G. 1994. "Microzonación del área de Tijuana, B. C., con base en la distribución de periodos dominantes del movimiento del suelo". Comunicaciones Académicas. CICESE. CTSIT9402.
- 3) Aki, K. 1988. "Local site effects on strong ground motion". Earthquake engineering and soil dynamics II. Recent advances in ground-motion evaluation. Von Thun Ed. ASCE Geotech. Special Publication. 20: 103-155 p.
- 4) Bazán, E. y Meli R. 2002. Diseño sísmico de Edificios". Editorial Limusa, S.A. y Noriega Editores. Primera edición. México D.F. 317 pp.
- 5) Frez, J. y Frías-Camacho V. M. 1998. Mapas anuales de sismicidad para la región fronteriza de ambas Californias. GEOS. 18(2):112-130.
- 6) Gastil, R. G., Phillips R. P. y Allison E. C. 1975. Reconnaissance geology of the state of Baja California, Mexico. Geol. Soc. Am. Memoir 140, 170 p.
- 7) Kanai, K. 1957. The requisite conditions for predominant vibration of ground". Bull. Earthq. Res. Inst. Tokio Univ. 31: 457 pp.
- 8) Kennedy, M. P., Tan S. S., Chapman R. H. y Chase G. W. 1975. Character and recency of faulting, San Diego metropolitan area, California. Division of Mines and Geology, special report 123: 33p
- 9) Nakamura, Y. 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. Quarterly Rept. Railway Tech. Res. Inst. Jap. 30: 25-33.
- 10) Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo: adiciones. 2001.
- 11) Raines, G. L., Hatch M.E. y Haley S. 1991. Liquefaction Potential in the San Diego-Tijuana Metropolitan region. En: Environmental perils San Diego region. Woodward-Clyde Consultants ed. San Diego, Ca. 109-118 pp.
- 12) Stock, J. M., Martín A., Suárez F., y Miller M. 1991. Miocene to Holocene Extensional Tectonics and Volcanic Stratigraphy of NE Baja California, Mexico. En: Walawender M. J. and Hanan B. (Eds.). "Geological excursions in Southern California and Mexico". 1991 Annual Meeting Geological Society of America San Diego, California. 44-67.

## **EFFECTO DE LA FIBRA DIETÉTICA PRESENTE EN PULPA DE NARANJA SOBRE EL PERFIL DE LÍPIDOS EN RATA WISTAR CON HIPERCOLESTEROLEMIA INDUCIDA**

LIZBETH A. BURGOA RODRÍGUEZ, FRANCISCA MANZANARES LÓPEZ, RAFAEL CANETT ROMERO, ANA IRENE LEDESMA OSUNA, ROBLES SÁNCHEZ ROSARIO MARIBEL, JUAN M. VARGAS LÓPEZ

El objetivo de este trabajo fue el de evaluar el efecto de la fibra dietaria contenida en la pulpa de naranja sobre el perfil lipídico en ratas con hipercolesterolemia inducida, se evaluaron algunos indicadores bioquímicos. Como materia prima se utilizó pulpa de naranja deshidratada y salvado de trigo. A las muestras se les hizo un análisis químico proximal y se les determinó el contenido de fibra dietaria total, así como sus fracciones soluble e insoluble. Se realizó un ensayo biológico con ratas macho tipo Wistar adultas con un peso inicial de 180 g. Se elaboraron dietas de prueba a base del 5% de pulpa de naranja y 5% de salvado de trigo, además, se elaboró una dieta de inducción de colesterol y otra de caseína como controles. Las dietas a base de pulpa de naranja y salvado de trigo lograron disminuir de manera significativa los niveles de colesterol total, mientras que los niveles de HDL colesterol, LDL colesterol y triglicéridos disminuyeron pero no significativamente, esto pudo deberse al corto tiempo de experimentación (3 semanas). Los efectos benéficos obtenidos en ambos subproductos pudieron deberse a la presencia de fibra y a otros componentes presentes en la pulpa de naranja deshidratada

QB. LIZBETH ALEJANDRA BURGOA RODRÍGUEZ. QB. MANZANARES LÓPEZ FRANCISCA. Egresadas de la carrera de Químico Biólogo. Departamento de Ciencias Químico Biológicas.

MC. RAFAEL CANETT ROMERO. Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Correo: rcanett@guayacan.uson.mx

MC. ANA IRENE LEDESMA OSUNA. Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Correo: iledezma@guayacan.uson.mx

DRA. ROSARIO MARIBEL ROBLES SÁNCHEZ. Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Correo: rsanchez@guayacan.uson.mx

DR. VARGAS LÓPEZ JUAN MANUEL. Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Correo: jmvargas@capomo.uson.mx

## LA IMPORTANCIA DE LA FIBRA DIETÉTICA

Las enfermedades asociadas a la ingesta o consumo de grasas en exceso se ha incrementado en los últimos años, como resultado de un cambio en el estilo de vida, ya que las personas invierten mayor tiempo en sus actividades laborales y al consumo de alimentos procesados,(8) descuidando sus hábitos alimenticios, teniendo como resultado una serie de enfermedades que anteriormente no se presentaban, esto debido al patrón de consumo alimentario, donde se ha incrementado la ingesta de alimentos ricos en grasa y carbohidratos, y la disminución de los alimentos ricos en fibra (frutas y verduras), teniendo algunas consecuencias como el desarrollo de enfermedades relacionadas con el sistema digestivo, así como el surgimiento y progreso de enfermedades cardiovasculares (4).

La fibra, un componente de la dieta del hombre desde tiempos antiguos, ha venido adquiriendo en las últimas décadas un papel importante en la prevención de enfermedades. La fibra dietética es un grupo de materiales de diversas estructuras químicas y morfológicas, resistentes a la acción de enzimas digestivas humanas. Los efectos fisiológicos de la fibra son relevantes, tanto en la patología y función gastrointestinal, como en el metabolismo de lípidos, de glucosa, entre otros(4).

Se ha demostrado que la fibra no sólo ayuda a la digestión, sino que contribuye a disminuir la incidencia de problemas en la salud muy comunes en zonas urbanas, tales como obesidad y cáncer de colon (13). La fibra disminuye la absorción del colesterol y grasa en general, a la vez que retarda la absorción de azúcares y es un importante auxiliar para prevenir enfermedades como las del corazón y para controlar otras como la diabetes, además de que ocasiona sensación de saciedad, se ha visto que influye en el sistema inmunológico, si se considera que el 80% de éste se encuentra en el colon, razón por la cual se debe aumentar el consumo de fibra.(6)

## LOS EFECTOS DE LA FIBRA EN EL ORGANISMO

Los efectos fisiológicos de la fibra dietética dependen de la dosis de fibra, también dependen de la composición del resto del alimento o dieta y de la fisiología del individuo(17). La fibra dietética tiene una variedad de acciones sobre el tracto gastrointestinal dependiendo de sus propiedades físicas y características de fermentación. Tal es el caso de los fructooligosacaridos que puede multiplicar por 10 el número de bifidobacterias, importantes por sus efectos prebióticos.(17)

Durante el procesamiento algunos alimentos pueden sufrir la eliminación total o parte de su contenido de fibra(8), tal es el caso del bagazo de naranja, el cual es un subproducto de la industria de jugos cítricos. Está constituido por la piel, las semillas, la pulpa y frutos de desecho. Frecuentemente, es deshidratada para la elaboración de alimento para ganado, sin embargo una gran cantidad se desecha en los basureros(9). También puede utilizarse en forma fresca para dar lugar a una fermentación en la producción de ácido láctico(18). La superficie cosechada en el país con naranja es de aproximadamente 330 765 Ha.(12), en el estado de Sonora, es de 8 241 Ha, siendo el sexto estado productor a nivel nacional, de esta manera se especuló que para el pasado 2008 se tendría una producción de 4.3 millones de toneladas. Asimismo, durante el 2007 se exportaron 600 mil toneladas de jugos concentrados a Estados Unidos y Japón, por tal motivo la naranja mexicana tiene demanda internacional, entre los que destaca el jugo de naranja, como uno de los productos de mayor interés de exportación.

Asimismo existen otras posibles fuentes de fibra de la naranja proveniente de la extracción de jugos, como la pulpa, la cual es incorporada en el alimento para ganado y también utilizada en la industria cosmética(2). Además, la fibra de la pulpa de naranja, como tal, se puede incorporar en una dieta para consumo humano y medir el efecto que tiene sobre el metabolismo de lípidos.

## OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente estudio tuvo como objetivo principal establecer si la fibra dietética proveniente de la pulpa de naranja incorporada en una dieta basal disminuye los niveles de colesterol en sangre de ratas con hipercolesterolemia inducida.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se expone el método de trabajo de investigación así como los materiales utilizados:

### a) Obtención y manejo de la materia prima

La pulpa de naranja se recolectó de la empresa CITRISON ubicada en la Costa de Hermosillo aproximadamente en el km 55. La muestra se empaco en bolsas de polietileno y se almacenó a temperatura de congelación (-22°C). Posteriormente la pulpa se secó, utilizando un secador tipo túnel. Una vez seca la muestra se molió utilizando un molino experimental modelo 1100, Thomas-Wiley Laboratory Mill, Thomas Scientific. TM., hasta obtener un tamaño de partícula de 40-60 mesh.

### b) Análisis químico proximal y fibra dietética

Para comparar pulpa de naranja con otra fuente de fibra natural se utilizó una muestra ya conocida, en este caso salvado de trigo. El análisis químico proximal y la determinación de fibra dietética en ambas muestras, se utilizó para el diseño y formulación de las dietas. El análisis proximal incluyó los métodos propuestos por la AOAC1, como proteína, grasa cruda, cenizas y humedad. Mientras que para la determinación de fibra dietética se utilizó la técnica propuesta por Prosky(11), que comprendió fibra dietética total y las fracciones soluble e insoluble.

### c) Ensayo biológico

Para el bioensayo se utilizaron ratas Wistar macho, con un peso promedio inicial de 180g. Los animales se alojaron en jaulas individuales de acero inoxidable, bajo condiciones controladas de temperatura, humedad, ciclos de luz-oscuridad y constante recirculación de aire. Un total de 28 sujetos de experimentación distribuidos en cuatro grupos, cada uno correspondió a un tratamiento con siete ratas. Tres de los grupos de experimentación se les indujo hipercolesterolemia utilizando una dieta con 10% grasa vegetal y 1% colesterol (Tabla 1), por 6 semanas. Una vez inducidos, los animales se alimentaron con cada dieta a evaluar: dos grupos de ratas hipercolesterolémicas, fueron asignadas las dietas formuladas con fibra de pulpa de naranja y salvado de trigo. Los otros dos grupos fueron sujetos control (con y sin inducción). Las dietas solo se diferenciaron en su fuente de fibra (5%), correspondiente al requerimiento10 (Tabla 1). Agua y alimento se proporcionaron *ad libitum*(14), cada sujeto de experimentación se pesó una vez por semana. El bioensayo se realizó apegado a la NORMA oficial mexicana.(5)

### d) Toma y análisis de las muestras

La toma de muestra y el análisis estadístico fue en un período de cuatro semanas, tomando la muestra al 0, 7, 15 y 30 días. Pasado este tiempo, los animales fueron anestesiados con cloroformo, con un ayuno de 12 horas para la extracción de sangre por punción cardiaca, el procedimiento fue el siguiente: se tomó al animal y se colocó en una cámara conteniendo cloroformo en un algodón, después se obtuvieron entre 3 y 4 mL de sangre proveniente del corazón del roedor y fueron colocados en tubos de ensayo y posteriormente se realizó la separación del suero del paquete globular mediante centrifugación (3000 rpm durante 10 minutos). Para este procedimiento se tomaron las medidas de higiene necesarias.

En el suero de experimentación se cuantificó el contenido de colesterol total utilizando el método multienzimático colorimétrico colesterol CHOD-PAP Monotest MR, el colesterol HDL fue por el método de precipitación con ácido fosfotúngstico, el colesterol LDL por el método de precipitación con heparina y los triglicéridos utilizando la prueba enzimática colorimétrica TC triglicéridos GPO-PAP Test-Combinación, estos métodos son de monotest RANDOX y siguen la metodología de la Federación Internacional de Química Clínica<sup>7</sup> (IFCC, 1986). Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis Clínicos y de Investigación de la Universidad de Sonora (LACIUS) empleando el equipo automatizado para la cuantificación.

#### e) Análisis del perfil de lípidos

Las determinaciones correspondientes al perfil de lípidos consistió en los contenidos de colesterol total, colesterol HDL, colesterol LDL y triglicéridos, en el suero de sangre. Las técnicas utilizadas para estas determinaciones siguen la metodología de la Federación Internacional de Química Clínica<sup>7</sup>. Estas determinaciones fueron procesadas bajo un control de calidad utilizando un suero control humano, liofilizado de alta calidad para 70 parámetros clínicos, con un rango promedio de +/- 2SD en dos concentraciones normal y elevada. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis Clínicos y de Investigación de la Universidad de Sonora (LACIUS). A los resultados se les realizó un análisis de varianza.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### a) Análisis químico proximal y fibra dietética

El análisis químico que se llevó a cabo para conocer la composición de la pulpa de naranja y del salvado de trigo se realizó por triplicado (Tabla 2), dichos resultados coinciden con los reportados por Sotelo<sup>16</sup>. Asimismo, los valores de fibra dietética (tabla 2), muestran que tanto la fibra dietética total (FDT), como sus fracciones solubles (FDS) e insolubles (FGI), fueron mayores para pulpa de naranja.

#### b) Ensayo biológico

En la tabla 3 se pueden observar los resultados obtenidos bajo inducción, así como los valores normales del perfil de lípidos, que incluye colesterol total, LDL colesterol y triglicéridos. Una vez obtenida la inducción los sujetos de experimentación se les proporcionó a cada grupo una de las dietas elaboradas con distinta fuente de fibra a analizar en este experimento. Una vez asignada cada dieta, se alimentó a cada grupo por un periodo de 4 semanas. Al final de la cuarta semana se evaluó el perfil de lípidos. Los valores obtenidos de triglicéridos se presenta en la tabla 4, indicando que no hubo diferencias significativas entre los promedios obtenidos de cada grupo. Sin embargo, los animales que consumieron la dieta con caseína presentaron los valores más altos, probablemente debido a la formulación de la dieta con aceite de soja, ya que según investigaciones promueve los niveles de triglicéridos en este modelo biológico<sup>3</sup>. Por lo que respecta a la disminución de triglicéridos en el resto de los animales dietados, se atribuye el efecto a la fibra presente en cada una de las dietas. Asimismo, en la tabla 4 se pueden observar los valores obtenidos de colesterol en los animales alimentados con las dietas de salvado de trigo y pulpa de naranja, los cuales disminuyeron los niveles de colesterol sérico significativamente con respecto a la dieta inducción.

Tabla 1. Composición de dietas

Ingredientes	Control Caseína	Hipercolesterolémicas	Pulpa de Naranja	Salvado de Trigo
	%	%	%	%
Caseína	18.86	18.86	15.00	15.00
Almidón	60.94	55.00	59.00	59.00
Sacarosa	5.00	5.00	5.00	5.00
Aceite de soja	5.20	-	-	-
Grasa Vegetal	-	10.00	10.00	10.00
Celulosa	5.00	5.00	-	-
Vitaminas	1.00	1.00	1.00	1.00
Minerales	3.50	3.50	3.50	3.50
Bitartrato de colina	0.20	0.20	0.20	0.20
Metionina	0.30	0.30	0.30	0.30
Colesterol	1.00	1.00	1.00	1.00
Pulpa de naranja	-	-	-	-
Salvado de trigo	-	-	5.00	5.00

\*Corresponde al 5% de fibra contenida en el bagazo de naranja.

\*\*Corresponde al 5% de fibra contenida en el salvado de trigo.

Tabla 2. Análisis químico proximal y contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble realizado a pulpa de naranja deshidratada y salvado de trigo.

Análisis	Pulpa de Naranja Contenido (%) <sup>1</sup>	Salvado de Trigo Contenido (%) <sup>1</sup>
Humedad	8.45	11.40
Proteína <sup>2</sup>	10.32	19.00
Cenizas <sup>2</sup>	4.55	2.76
Grasa <sup>2</sup>	2.06	3.60
Carbohidratos <sup>3</sup>	74.62	63.24
Fibra dietaria insoluble	33.35	30.41
Fibra dietaria soluble	6.93	4.93
Fibra dietaria total	40.28	35.34

<sup>1</sup> Promedio de tres repeticiones

<sup>2</sup> resultado en base seca

<sup>3</sup> Resultado obtenido por diferencia

Tabla 3. Valores de triglicéridos, colesterol total, HDL y LDL colesterol, al inicio del experimento, durante la inducción y los valores normales reportados bibliográficamente

Parámetro	Valor inicial mg/dl	Valor inducido mg/dl	Valor normal <sup>1</sup> mg/dl
Triglicéridos	49	148	39-87
Colesterol Total	65	151	44-78
HDL Colesterol	62	33	51-83
LDL Colesterol	68	145	33-68

<sup>1</sup> Valores normales para ratas Wistar en condiciones normales

FUENTE: Carrol and Feldman, 1989<sup>3</sup>.

Tabla 4. Valores promedio de triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad (LDL) observados en los grupos de animales alimentados con las diferentes dietas experimentales.

Dieta	Colesterol <sup>1</sup>	Triglicéridos <sup>1</sup>	LDL <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>
Caseína	120.29 AB	185.86 A	107.86 A	7
Inducción	145.71A	104.29 B	105.00 A	7
Pulpa de naranja	103.86B	96.29 B	97.14 A	7
Salvado de trigo	98.43B	108.43 B	91.43 A	7

1 Promedios con distinta letra son significativamente diferentes  $p < 0.05$ .

2 Número de repeticiones

Por otra parte, la figura 1 muestra una gráfica sobre el comportamiento de los niveles de colesterol para cada uno de los grupos. Aunque el valor promedio de colesterol en el grupo que consumió la dieta de salvado de trigo fue menor al del grupo que consumió la dieta con pulpa de naranja, estadísticamente no fue significativo. Además, en la gráfica se aprecia que la tendencia de los niveles de colesterol, en la última semana del ensayo, presentada por el grupo alimentado con la fórmula a base de fibra de pulpa de naranja mostró una disminución sobre los valores de colesterol. Este comportamiento también fue observado por Solá(15), atribuyendo este efecto a la presencia de fibra en las dietas.

En la figura 2, se pueden apreciar que los valores de las LDL con respecto al tiempo. Aunque no hubo diferencia significativa entre los grupos, si se observaron niveles más altos de LDL para los animales que consumieron la dieta de inducción y caseína, mientras que los grupos alimentados con las dietas con fibra de pulpa de naranja y salvado de trigo mostraron valores promedio más bajos (tabla 4). Resultados similares ha reportado Solá(15), quienes afirman que la fibra modifica favorablemente el perfil lipídico.

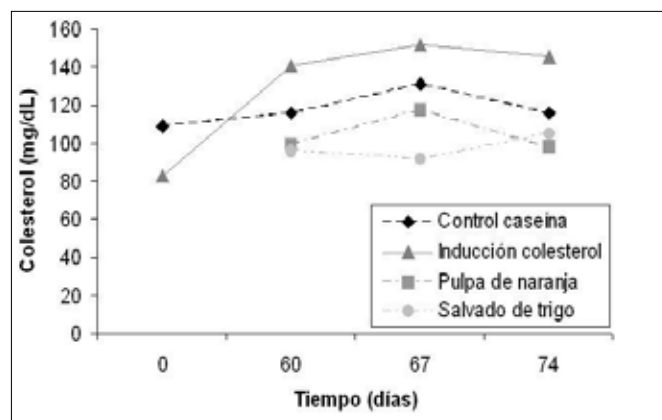


Figura 1. Comportamiento de los niveles de colesterol con respecto al tiempo en los diferentes grupos de animales alimentados con las dietas experimentales.

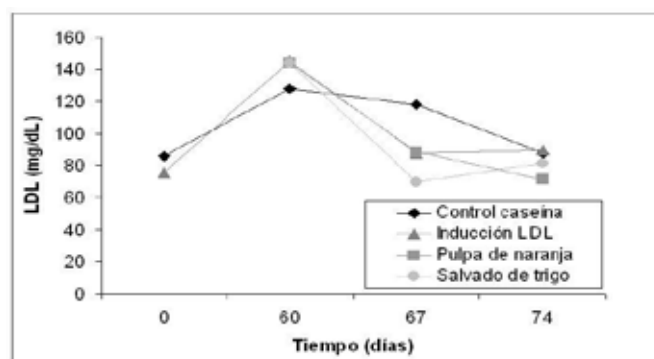


Figura 2. Comportamiento de los niveles de LDL con respecto al tiempo en los diferentes grupos de animales alimentados con las dietas experimentales.



### c) Ganancia en Peso

Al inicio del experimento el peso promedio de los animales fue de 180 g. Una vez lograda la inducción el peso de éstos se mantuvo en un rango entre 450 a 470 g, al mismo tiempo se llevó un registro del alimento consumido y del peso de cada animal por semana. El peso final de los animales no presentó diferencia significativa y son comparables a los estándares de crecimiento de la rata Wistar.<sup>10</sup>

### CONCLUSIONES

En esta investigación, se logró observar en cuanto al contenido de fibra, que ambas muestras presentaron mayores niveles en la fracción insoluble sin embargo, los valores más altos de fibra dietética total fue en pulpa de naranja. Si bien el contenido de fibra soluble obtenida en pulpa de naranja fué menor al que se esperaba, fracción que posiblemente se afectó debido al manejo de la muestra, los resultados obtenidos con la dieta que contenía pulpa de naranja mostró efectos favorables en la disminución de los niveles de colesterol en sangre de ratas con inducción. Aunque no hubo diferencias significativas el análisis en sangre demostró una disminución en los niveles de HDL-colesterol, LDL-colesterol y triglicéridos en los animales inducidos, esto debido a la presencia y tipo de fibra en las dietas. Las HDL-colesterol disminuyeron, pero permanecieron en el rango normal para ratas Wistar, lo cual pudo deberse a causas genéticas o ambientales. Asimismo, las diferentes fuentes de fibra presentaron un efecto significativo sobre la concentración de colesterol total y triglicéridos, posiblemente debió a la fibra soluble presente. En relación a ganancia en peso, no hubo diferencia significativa una vez lograda la inducción de colesterol, ya que el peso en los diferentes grupos dietados se mantuvo constante.



### BIBLIOGRAFIA

- 1) AOAC., 1991. Oficial Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 14 Edition Washington, D.C.
- 2) Bustamante, Z. y col. 2000. Obtención de bioproteína a partir de bagazo de naranja (*Citrus Sinensis*) con *Aspergillus niger*. Profac. Universidad Mayor de San Simón.
- 3) Carroll R.M. and Feldman E.B. 1989. Lipids and Lipoproteins. In: The Clinical Chemistry of Laboratory Animals. Printed in Great Britain by A. Wheaton and Co. Ltd. Exeter.
- 4) Casanueva, E. y col., 1995. Nutriología Médica. Ed. Médica Panamericana. México, DF; pp. 543.
- 5) NORMA Oficial Mexicana de las especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. NOM-062-ZOO-1999. Diario Oficial de la Federación, 06 de diciembre de 1999.
- 6) Escudero A. E. y González S. P. 2006. La Fibra Dietética. Nutrición Hospitalaria. 21(2): 61-72.
- 7) Asociación Mexicana de Bioquímica Clínica-IFCC. El proyecto mexicano de química clínica. Bioquímica 1986; 8: 107-108.
- 8) González-Castell, D., González-Cossío, T., Barquera, S. y Rivera, J. A. 2007. Alimentos industrializados en la dieta de los preescolares mexicanos. salud pública de México. 49(5): 345-356.
- 9) Kuvera, J. C. y col. 2004. Utilización de la pulpa deshidratada de cítricos en la alimentación de los rumiantes. Biotam. 5 (3):1-6.
- 10) National Research Council. 1978. Nutrient requirements of rat third revised edition. Washington, D.C. National Academy Press
- 11) Prosky, I. A. S. P., Nils-George, Schweizer, Furda T. F and Devries, J. 1988. tudy. J. Assoc. Off. Anal. Determination of insoluble, and total dietary fiber in foods and foods products. Interlaboratory Study. J. Assoc. Off. Anal Chem, 67:104-1052.
- 12) SAGARPA. SIAP, 2003 en INEGI. 2004. El Sector Alimentario en México. Series de Estadísticas Sectoriales. México, DF; pp. 51.
- 13) Silveira, R. M. y col. 2003. Alimentos Funcionales y Nutrición Óptima. S. P. 3 (77): 317-330.
- 14) Snyder D.L. and B.S. Wostman. 1987. Growth rate of male germfree wistar rats fed ad libitum or restricted ingredient. Laboratory Animal Science. 37(3): 320-325.
- 15) Solá, R. Y col. 2001. Efectos de la fibra soluble (Ispaghula husk) sobre los lípidos plasmáticos, lipoproteínas y apolipoproteínas en hombres con cardiopatía isquémica. Atherosclerosis. Vol. 3(2):P169.
- 16) Sotelo, A y col. 2002. Contenido de ácido fólico en algunos alimentos crudos y procesados. Validación de un método colorimétrico. Journal of the Mexican Chemical Society, octubre-diciembre. Vol. 46, no. 004. Sociedad Química de México. pp. 301-306.
- 17) Southgate, D. A. 1986. The relation between composition and properties of dietary fiber and physiological effects in Dietary Fiber. Edited by Vahouny, G. V. y Kritchevsky, D. Ed. Plenum Press, New York; pp. 566.
- 18) Chacón A. Perspectivas Actuales de la proteína unicelular (SCP) en la agricultura y en la industria. Agronomía Mesoamericana 15(01): 93-106.







## INSEGURIDAD ALIMENTARIA EN FAMILIAS DEL NOROESTE DE MÉXICO: CAUSAS, ESTRATEGIAS Y CONSECUENCIAS SOCIALES Y NUTRICIONALES

TRINIDAD QUIZÁN PLATA<sup>1</sup>, MÓNICA CASTRO ACOSTA<sup>2</sup>,  
ALMA D CONTRERAS PANIAGUA<sup>3</sup>, SOCORRO SAUCEDO<sup>3</sup>,  
MARÍA I. ORTEGA<sup>3</sup>

El presente artículo aborda las causas, consecuencias y estrategias de la inseguridad alimentaria (IA) y nutricional en familias de diferentes regiones del noroeste de México. Se incluyeron 204 mujeres representantes de familias de Sonora y Sinaloa. Se aplicó una escala para evaluar IA, 2 recordatorios de 24 h, antropometría y una encuesta sociodemográfica. El 48% de los hogares presentó IA severa, 34% moderada, 7% leve y 11% seguridad alimentaria. Las familias rurales y costeras fueron las más afectadas, con IA severa (54% y 57% respectivamente). Las causas que propiciaron la inseguridad IA fueron: alto costo de los alimentos (70%), ingreso destinado a educación y servicios básicos (60%). La principal estrategia de manejo que utilizaron las familias fue pedir prestado dinero (40% rurales, 29% costeros, 23% urbanos y 7% fronterizos). Los hogares rurales, costeros y urbanos tuvieron un riesgo de 5.4, 3.4 y 3.9 veces de consumir una variedad limitada de alimentos por varios días, cuando se compararon con familias fronterizas ( $p < 0.05$ ). Existe IA en hogares de diferentes regiones. La información aquí mostrada puede contribuir al desarrollo de políticas públicas regionales que incidan directamente en la inseguridad alimentaria de cada contexto regional.

1 Dra. En Ciencias. Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Universidad de Sonora.  
Correo: tquizan@guayacan.uson.mx

2 M.C. Adscrita a la Licenciatura en Nutrición. Universidad Autónoma de Sinaloa.  
Correo: monicacastro@hotmail.com

3 Departamento de Nutrición Pública. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, AC), Correo: acontreras@ciad.mx, coco@ciad.mx, iortega@ciad.mx

## ¿QUE ES LA INSEGURIDAD ALIMENTARIA?

Inseguridad alimentaria (IA) significa ausencia de acceso físico, económico y social a alimentos suficientes para llevar una vida activa, productiva y saludable y es una de las prioridades de los gobiernos en el ámbito mundial, nacional y local. Durante la cumbre mundial de alimentación llevada a cabo en Roma en 1996 se propuso reducir el hambre y la inseguridad alimentaria en un 50% (400 millones) antes del fin del año 2015(1). Sin embargo, a 13 años de la propuesta, la IA y el hambre siguen siendo temas preocupantes. Actualmente son 963 millones los afectados, cifra cada vez más alejada de los objetivos establecidos durante la Cumbre. (2)

Los factores que se han asociado con la IA principalmente se encuentran dentro de los sistemas y estructuras ecológicas, económicas y socioculturales del país, región o comunidad(3). La pobreza es la principal causa ya que además de limitar el acceso a las familias a una alimentación suficiente, sana y adecuada, impide que disfruten de otros factores complementarios y relacionados con la alimentación, como el aprovechamiento biológico de los alimentos, el acceso a la salud, educación y otros bienes y servicios(3). Es así que al hablar de IA se hace alusión a limitaciones que surgen de problemas de diversa índole y que afectan a comunidades, familias e individuos en cuanto a su capacidad para acceder a una alimentación suficiente.

La medición de la IA por la FAO se basa en la estimación de la disponibilidad *per cápita* de energía de cada país y del indicador desmedro1 de niños menores de 5 años(4). Si bien estas cifras son útiles para evaluar la suficiencia alimentaria nacional, su información es insuficiente para estimar con precisión la distribución de los alimentos y el acceso a los mismos, sobre todo temporal, de las familias o personas.

Diversos estudios han discutido que dichos indicadores pueden subestimar la prevalencia de IA, ya que no incluyen aquéllos que indican la temporalidad del acceso a alimentos o el impacto emocional de la escasez de los mismos(5,6,7). Se menciona además lo difícil que resulta estimar cómo la IA impacta en cada familia o en cada individuo y se pueden ignorar las estrategias que las familias e individuos realizan para enfrentarla o las consecuencias psicológicas subyacentes a ella.(8)

Así, considerando contar con indicadores más sensibles, recientemente se han elaborado estudios de carácter cualitativo para identificar la presencia de inseguridad alimentaria desde la perspectiva de las personas y familias afectadas. Para ello se han elaborado cuestionarios tipo escala que pueden diferenciar a las familias con seguridad alimentaria de las que presentan algún nivel de IA(8). Desde esta perspectiva se han reportado diversas versiones de escalas de medición de IA en distintos contextos(9,10,11,12,13). En México se han reportado dos escalas para evaluar IA en población mexicana basadas en las propuestas anteriores.(14,15)

Las consecuencias de algunos constructos de la IA, como es la cantidad y calidad de la dieta, se han documentado ampliamente(9,10; por otro lado, recientemente se conocen también las consecuencias para la salud de los efectos emocionales de la IA y las consecuencias sociales que significa la adquisición de alimentos por medios no socialmente aceptables(10). Así, la IA merece atención en todos y cada uno de los contextos no sólo nacionales sino regionales. El conocimiento de las experiencias, causas y consecuencias de la inseguridad alimentaria en las familias de diferentes contextos ambientales, puede aportar información valiosa para contribuir al desarrollo de políticas públicas regionales que incidan directamente en la IA de las familias. Para contribuir a ello, el objetivo general de este estudio fue analizar las causas, estrategias y consecuencias de la inseguridad alimentaria en familias de áreas urbanas, rurales fronterizas y costeras del Noroeste de México.

## SUJETOS Y MÉTODOS

Para analizar la IA de familias del Noroeste de México se estudiaron localidades con un alto índice de marginación entre las cuales se seleccionaron: rurales (Baviácora, Cosalá y Sinaloa de Leyva), urbanas (Hermosillo y Culiacán), Costeras (Guaymas y Mazatlán) y de la frontera (Nogales) en los estados de Sonora y Sinaloa.

En la selección de las familias participantes se contó con el apoyo de instituciones gubernamentales como la Secretaría de Salud (SS), el Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF), Asuntos de la Mujer (AM) e Instituto Sinaloense de la Mujer (ISM), a través de sus centros comunitarios. Únicamente en Culiacán se solicitó además apoyo de líderes de colonias marginadas para el contacto con los hogares. Las mujeres responsables del hogar representaron a cada familia; a ellas se informó sobre el estudio y sus procedimientos. Se subrayó que la información proporcionada sería confidencial y solamente con fines de investigación. El consentimiento fue sustentado de manera verbal.

En total 204 mujeres fueron seleccionadas de manera no probabilística e intencional para la entrevista sobre IA de los hogares(14). Se contó con una escala que estima el nivel de IA de las familias del Noroeste de México y está constituida por 15 preguntas que de acuerdo con las respuestas afirmativas, los hogares se clasifican como: 1) familias con seguridad alimentaria, 2) familias con IA leve, 3) familias con IA moderada y 4) familias con IA severa. Como parte del análisis de calidad de la información, se solicitó a cada una de las participantes información adicional acerca de su situación socioeconómica, demográfica, antropométrica y dietaria.(16)

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó el análisis descriptivo para las características socioeconómicas y demográficas de los hogares. Se realizó un análisis de regresión múltiple ajustado para examinar las consecuencias nutricionales entre los hogares de las distintas regiones; además un análisis de regresión logística y probabilidad de riesgo mediante razón de momios para asociar las estrategias y consecuencias abordadas por las familias entre las regiones. Se usó el paquete estadístico "Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS) versión 15.0

## RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO

### a) Características generales

La mayoría de las mujeres que participaron en este estudio eran adultas con un promedio de 39 años, con excepción de una madre de familia de 15 años de edad. El 59% estaban casadas y alrededor del 75% reportaron no tener un trabajo remunerado, es decir, se dedicaban principalmente a las labores del hogar. En 42% de las participantes tenía primaria completa o incompleta. El número de miembros de familia promedio fue de 5 y, el número de hijos de 4.

En general, el ingreso de las participantes fue bajo. La mayoría (74.3%) tenía un ingreso mensual medio de 3,895 pesos, del cual hasta un 60% se destinaba exclusivamente a la alimentación. Más de la mitad de las familias (54%) reportaron ser beneficiarias de algún programa de asistencia alimentaria. (Tabla 1).

Tabla I. Características antropométricas, sociodemográficas y económicas de mujeres representantes de familias en cuatro regiones del Noroeste de México.

Variables antropométricas	n	Media	±	ds	Rango min-max
Edad (años)	203	36.5	±	9.1	15 – 60
Estatura (cm)	202	156.9	±	6.2	142 – 172
Peso (kg)	202	72.2	±	15.6	44.9 – 121.2
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	202	29.3	±	6.1	17.9 – 49.5
Socio-demográficas y económicas					
Tamaño de familia	204	5	±	2	1 – 12
Hijos	204	4	±	2	0 – 11
	<b>n</b>	<b>%</b>			
Nivel educativo de la mujer (primaria completa o menos)	202	42			
Casadas	203	59			
Empleadas	203	30			
Ingreso Familiar mensual (media= 3,895.00)	194	74.3			
Ayuda gubernamental	204	54			

Entre las familias participantes, 89% presentaba algún grado de IA; 48% de ellos severa, 34% moderada, 7% leve y sólo el 11% manifestó tener seguridad alimentaria. Cuando los datos se desglosaron por región, las más afectadas fueron las familias que habitaban las regiones costeras y rurales, con hasta 58% y 54% de familias con IA severa respectivamente. Como se observa en la figura I, las familias de la región fronteriza tuvieron menor IA severa (15%).

#### b) Inseguridad alimentaria (IA): Causas, estrategias y consecuencias

En seguimiento a lo planteado anteriormente, las participantes mencionaron que el alto costo de los alimentos (70%), el desempleo

y el ingreso destinado a educación, servicios básicos (60%) son causas principales del acceso insuficiente a alimentos adecuados para sus familias.

En la tabla II se pueden ver las estrategias más comunes que las familias utilizaron para hacer frente a la IA y en ellas estaba pedir prestado alimentos o dinero; los porcentajes de familias que la utilizaron fueron: 40% rurales, 29% costeras, 23% urbanas y 7% fronterizas. El análisis de regresión logística mostró que la frecuencia de uso de esta estrategia fue significativamente más frecuente en el medio rural que en las otras regiones.

Tabla II. Prevalencia de estrategias y consecuencias reportadas por las familias de diferentes regiones del Noroeste de México

1Estrategias y Consecuencias	% Familias Rurales	% Familias costeras	% Familias urbanas	% Familias frontera	Nivel de P
Pedir prestado dinero.	40	29	23	7	0.057
Consumir escasa variedad de alimentos por varios días.	42	28	24	6	0.009
Limitar una de las comidas del día.	39	36	21	4	0.043
Frustración por la falta de alimentos en el hogar.	16	15	13	7	0.035
Dolor de cabeza ante la falta de alimentos en el hogar.	11	11	10	2	0.155

1 Análisis de regresión logística ajustando por ingreso familiar, tamaño familiar y gasto en alimentación. Las estrategias y consecuencias aquí mostradas son parte de las preguntas incluidas en la escala para evaluar inseguridad alimentaria (IA) y, por lo tanto el cuadro muestra las prevalencias de respuestas afirmativas de 5 preguntas en la escala.

Otras estrategias de manejo de la IA son tener una dieta poco variada o monótona y limitar el número de comidas en el día. Las familias rurales y costeras reportaron las prevalencias más altas (42% y 39% respectivamente). Las tendencias fueron similares cuando se abordaron las consecuencias emocionales de la IA. Es decir, las familias confirmaron sentir "frustración cuando los alimentos están limitados". De nuevo las frecuencias de respuesta resultaron diferentes ( $P = 0.035$ ) entre regiones, con 16%, 15%, 13% y 7% en familias rurales, costeras, urbanas y de la frontera, respectivamente.

Si bien en todas las regiones las mujeres manifestaron la presencia de "dolor de cabeza ante la ausencia de alimentos para sus familias", no se observaron diferencias significativas por regiones

Cuando se analizó la variedad en la dieta, estrechamente asociada con la calidad de la alimentación, se encontró una probabilidad de 5.4 veces más de riesgo de consumir los mismos alimentos durante varios días para las familias rurales, 3.4 y 3.9 para las costeras y urbanas respectivamente, cuando se compararon con las de frontera (Tabla III).

Tabla III. Probabilidad de riesgo de consumir los mismos alimentos durante varios días en familias de cuatro regiones del Noroeste de México (n= 204).

Familias	Razón de momios	Intervalo de confianza al 95%	<sup>1</sup> Valor de P
Frontera	1.0	1.0	
Rurales	5.4	2.08-16.53	0.001
Costeras	3.4	1.21-9.80	0.020
Urbanas	3.9	1.34-11.53	0.012

<sup>1</sup> Variables incluidas en el análisis: tamaño del hogar, ingreso familiar, gasto en alimentación.

Las tendencias fueron similares cuando se analizó la probabilidad de pedir prestado para comprar alimentos. Los resultados del análisis mostraron que las familias rurales y costeras tienen un riesgo de 3.3 y 2.4 veces mayor de utilizar esta estrategia en comparación con las familias de la frontera (Tabla IV).

Tabla IV. Probabilidad de riesgo de pedir prestado para la adquisición de alimentos en familias de cuatro regiones del Noroeste de México (n= 204).

Familias	Razón de momios	Intervalo de confianza al 95%	<sup>1</sup> Valor de P
Frontera	1.0	1.0	
Rurales	3.3	1.23-9.03	0.017
Costeras	2.4	0.90-6.83	0.078
Urbanas	2.3	0.83-6.69	0.105

<sup>1</sup> Variables incluidas en el análisis: tamaño del hogar, ingreso familiar, gasto en alimentación.

Con respecto a la estrategia de limitar una de las tres comidas del día, se observaron razones de momios de 4.5 para familias rurales y 5.4 para familias de la costa, en comparación con las fronterizas (Tabla V).

Tabla V. Probabilidad de riesgo de limitar una de las tres comidas del día en familias de cuatro regiones del Noroeste de México (n= 204).

Familias	Razón de momios	Intervalo de confianza al 95%	<sup>1</sup> Valor de P
Frontera	1.0	1.0	
Rurales	4.4	1.19-16.70	0.026
Costeras	5.4	1.45-20.69	0.012
Urbanas	3.1	0.79-12.12	0.103

<sup>1</sup> Variables incluidas en el análisis: tamaño del hogar, ingreso familiar, gasto en alimentación.

### c) Consecuencias nutricias

Se compararon los consumos de energía, grasa saturada, calcio, hierro, sodio, vitaminas A y C de las representantes del hogar en cada región en estudio, Tabla VI. Para ello se utilizó un análisis de regresión múltiple con ajuste por variables confusoras. El análisis muestra diferencias significativas en el consumo de todos los componentes dietarios entre las representantes de cada región. El promedio de consumo más bajo para energía, grasa saturada, calcio y vitamina A, fue para las mujeres representantes de los hogares del área rural.

Tabla VI. Consumo promedio de energía y nutrientes de familias en distintas regiones del Noroeste de México (n=204).

<sup>1</sup> Componentes dietarios	ÁREAS				P ajustada
	Rural	Costa	Urbana	Frontera	
Energía (Kcal)	1430 ± 5	1618 ± 5	1577 ± 6	1602 ± 4	0.024*
Proteína (g)	48 ± 18	58 ± 2	49 ± 2	53 ± 2	0.03*
Grasa saturada (g)	13 ± 6	17 ± 8	15.0 ± 7	17 ± 6	0.01**
Calcio (mg)	558 ± 2	748 ± 3	678 ± 3	612 ± 2	0.01**
Hierro (mg)	13 ± 7	11 ± 5	11 ± 5	10 ± 4	0.02*
Sodio (g)	1576 ± 9	1,558 ± 6	1735 ± 9	1821 ± 8	0.01**
Vitamina A (ER)	428 ± 3	904 ± 9	593 ± 6	300 ± 2	0.00
Vitamina C (mg)	50 ± 3	64 ± 5	65 ± 5	60 ± 3	0.002**

<sup>1</sup> Modelo ajustado por ingreso familiar, gasto en alimentos, tamaño familiar, número de hijos y nivel educativo de la mujer.



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La inseguridad alimentaria es quizá una realidad mayor en nuestras familias del Noroeste de México que lo que aquello que muestran las encuestas de consumo de alimentos o de crecimiento de los niños nos sugieren. Tal como se esperaba, las familias rurales son las más afectadas con secuelas nutricionales sumamente graves para su salud. Los resultados nutricios arrojan graves subconsumos de macro y micronutrientes de la dieta como energía, vitamina A y calcio, reflejo de dietas monótonas e insuficientes que no garantizan cubrir las necesidades diarias de energía y nutrimentos y por lo tanto no apoyan una vida saludable y productiva. La estimación nutrimental de las mujeres rurales coincide con las estrategias sociales utilizadas. Si bien estas estrategias permiten a las familias saciar el hambre y sostener un estado nutricio aparentemente bueno (reflejado en un crecimiento adecuado de los niños, por ejemplo), existen consecuencias para el estado nutricio y de salud de las mujeres. Adams y Col, por ejemplo en un estudio cuyo propósito fue relacionar la inseguridad alimentaria con el estado nutricio de mujeres latinas encontraron un riesgo de 2.8 veces más de presentar obesidad aquellas mujeres que se encontraban con inseguridad alimentaria comparadas con las mujeres con seguridad alimentaria(17). Resultados similares reportaron Kaisser y Col en 2004(18).

Entre las familias de las regiones costeras, hasta un 36% limita una de las tres comidas del día cuando disminuye la principal actividad económica: la pesca. Con ello, las familias limitan la variedad de alimentos que consumen. En consecuencia, se observaron sub-consumos, especialmente de energía total y hierro. Por otra parte, las familias fronterizas tuvieron menor necesidad de utilizar estrategias sociales para afrontar la IA, especialmente porque sus limitaciones alimentarias eran menores comparadas con las rurales o costeras. En este contexto, el consumo alimentario de estas familias fue diferente, sin embargo, todavía inadecuado. Se observaron dietas altas en energía total, grasa saturada y sodio, así como bajas en hierro y vitamina A.

Lo anterior puede reflejar el consumo escaso de frutas y vegetales y alto de alimentos con densidad energética alta, que satisfacen el apetito, pero no necesariamente nutren de manera adecuada. Esto, puede tener también consecuencias en la salud de las familias. Es interesante, por otro lado, observar que principalmente estrategias como pedir prestado o limitar el consumo de alimentos, disminuyen cuando el acceso a los alimentos no es un problema grave; sin embargo, la inseguridad alimentaria está también presente en las familias de la frontera y es posible que dada su situación geográfica, puedan adquirir comida rápida a un precio menor pero de calidad nutricional baja. En este sentido, hablar de inseguridad alimentaria no sólo incluye la ausencia de alimentos sino su calidad inadecuada debido a ingresos todavía insuficientes.



Aplicando la escala de seguridad alimentaria a una representante de familia de Mazatlán Sinaloa.

De manera general se observó que los aspectos emocionales y las estrategias sociales que acompañan al concepto de IA, están presentes en la población de todas las regiones estudiadas. La estimación de las consecuencias emocionales, físicas y psicológicas de la IA mediante el análisis de regresión logística, reafirma la importancia de las carencias alimentarias como un problema social y por tanto un factor de riesgo para la salud. Resultados similares han reportado en otras poblaciones.(10,11,12,13)

Los datos de este estudio muestran un escenario con matices diversos de IA para las diferentes regiones. Las familias de la frontera necesitan menos estrategias para enfrentar la IA y presentan por lo tanto, menores consecuencias emocionales. Sin embargo, la IA no deja de ser un problema social y nutricional para estas familias.

La evaluación de riesgo de IA que miden las escalas como la propuesta en este estudio, puede ser una herramienta valiosa en el diseño de políticas públicas de combate a la pobreza y de promoción de la salud de la población del Noroeste de México. Especialmente porque no se limitan a la evaluación económica o de consumo, sino que incluyen componentes sociales, emocionales y psicológicos, que han comprobado que afectan el estado de salud de la población.

Niveles de inseguridad alimentaria por regiones

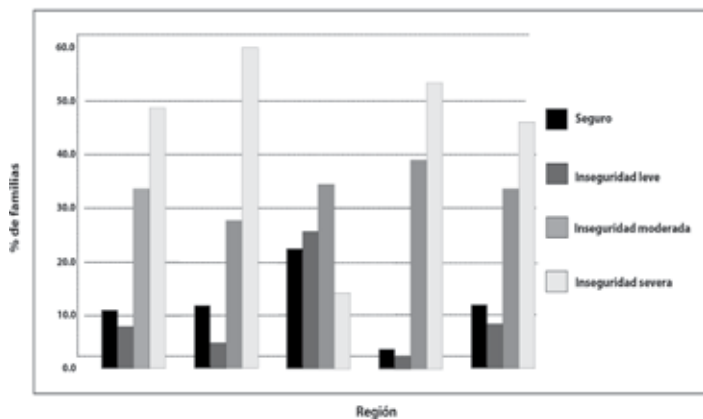


Figura 1. Porcentaje de familias con diferentes niveles de (in)seguridad alimentaria (N =204 familias).

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).1996. Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial. <http://www.rlc.fao.org/frente/pdf/roma96.pdf> (6 de Septiembre de 2009).
- 2) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2009. Conferencia de Alto Nivel sobre la Seguridad Alimentaria Mundial. [http://www.ransa2009.org/html/docs/docs/declaracion\\_esp\\_ransa009.pdf](http://www.ransa2009.org/html/docs/docs/declaracion_esp_ransa009.pdf) (3 de Febrero de 2009).
- 3) Lorenzana AP. 2001. Pobreza e inseguridad alimentaria dentro del contexto sociocultural venezolano. *Agroalimentaria, jun.*, vol.12, p.63-72. ISSN 1316-0354.
- 4) Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO). 2002. Medición y evaluación de la carencia de alimentos. Resumen de los debates. Mediciones cualitativas de la inseguridad alimentaria y el hambre. Symposium científico internacional. 26-28, Junio. Roma, Italia. Pp. 39-41.
- 5) Pérez-Escamilla, R., Ana. María Segall-Correa, Kurdian Maranhã, y col. 2004. An adapted version of the U.S. department of agriculture food insecurity module is a valid tool for assessing household food insecurity in Campinas, Brazil. *J. Nutr.* 134: 1923-1928.
- 6) Wolfe Wendy S. and Edward A. Frongillo. 2001. Building household food-security measurements tools from the ground up. *Food and Nutrition Bulletin* 22. The United Nations University.
- 7) Lorenzana, P.A. y Carmen Mercado. 2002. Part B. Recent advances in assessment tools to measure household food insecurity and nutrient deficiencies. Measuring household food insecurity in poor Venezuelan households. *Public Health Nutrition.* 5:851-857.
- 8) Frongillo Jr, E.A. 1999. Validation of measures of food insecurity and hunger. *J. Nutr.* 129: 5065-5095.
- 9) Lorenzana, P. A. Jennifer Bernal y Carmen Mercado. 2003. Inseguridad alimentaria y experiencias de hambre en hogares venezolanos menos privilegiados. *Rev Esp Nutr Comunitaria* 9(3):138-143.
- 10) Radimer KL, Christine Olson, Jennifer Greene, Cathy Campbell and Jean Pierre Habicht. 1992. Understanding hunger and developing indicators to assess it in women and Children. *J. Nutr. Edu.* 24:365-455.
- 11) Frongillo Jr EA, Simeon Nanama. 2006. Development and Validation of an Experience-Based Measure of Household Food Insecurity within and across Seasons in Northern Burkina Faso. *J. Nutr.* 136:15-115.
- 12) Frongillo EA, Nusrat Chowdhury, Eva-Charlotte Ekström, and Ruchira T. 2003. Understanding the Experience of Household Food Insecurity in Rural Bangladesh. *J Nutr.* 133:4158-4162.
- 13) Swidale, AJ, y Paula Bilinsky. 2006. Development of a Universally Applicable Household Food Insecurity Measurement Tool: Process, Current Status, and Outstanding Issues. *J. Nutr.* 136: 15-45.
- 14) Quizán-Plata Trinidad. 2006. Inseguridad Alimentaria: Desarrollo de un Instrumento de Medición basado en las Experiencias de Hogares del Noroeste de México. Tesis de Doctorado en Ciencias. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, AC).
- 15) Melgar-Quiñonez Hugo, Ana Claudia Zubieta, Enriqueta Valdez, Barbara Whitelaw, Lucía Kaiser, RD. 2005. Validación de un instrumento para vigilar la inseguridad alimentaria en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Salud Pública de México* / vol.47, no.6, noviembre-diciembre.
- 16) Kant Aszima K, Arthur Schatzkin, Tamara B Harris, Regina G Ziegler, y Gladys Block. 1993. Dietary diversity and subsequent mortality in the First National Health and Nutrition Examination Survey Epidemiologic Follow-up Study13. *Am J Clin Nutr;*57:434-40.
- 17) Adams EJ, Grummer-Strawn L, Chavez G. Food insecurity is associated with increased risk of obesity in California women. *J Nutr.* 2003;133: 1070-4.
- 18) Kaiser LL, Townsend MS, Melgar-Quiñones HR, Fujii ML, Crawford PB. 2004. Choice of instrument influences relations between food insecurity and obesity in Latino women. *Am J Clin Nutr.* 2004. 80:1372-1378.

## AJUSTE DE CURVAS: PERFIL DE CLOROFILA a MODELACIÓN MATEMÁTICA DE DATOS BIOLÓGICO-PESQUEROS

DORA JULIA BORBÓN GONZÁLEZ, JOSÉ A. MONTOYA LA  
J. EDUARDO VALDEZ HOLGUÍN

Un problema relevante en oceanografía biológica es la predicción de la concentración de clorofila a para un cierto nivel de profundidad en el mar (perfil de clorofila a). Este problema es de interés puesto que la clorofila a es considerada un índice de la abundancia de fitoplacton. Un modelo matemático ampliamente usado para producir un perfil de clorofila a es el modelo normal de Platt. El objetivo de este trabajo es explorar el comportamiento de un modelo gamma y de un modelo doble exponencial, como otra alternativa al modelo de Platt, para ajustar datos observados de clorofila a. Como caso de estudio, se trabajó con datos de concentraciones de clorofila a para distintas estaciones de muestreo en la cuenca de Guaymas, Sonora, México.

DRA. DORA JULIA BORBÓN GONZÁLEZ  
Doctor en Ciencias, Departamento de Matemáticas. Universidad de Sonora.  
DR. JOSÉ ARTURO MONTOYA LAOS  
Doctor en Ciencias, Departamento de Matemáticas. Universidad de Sonora.  
DR. JOSÉ EDUARDO VALDEZ HOLGUÍN  
Doctor en Ciencias, Departamento de Investigaciones Científicas  
y Tecnológicas de la Universidad de Sonora

## LA IMPORTANCIA DE LA MODELACIÓN

La modelación estadística paramétrica de fenómenos aleatorios, basada en funciones matemáticas que representan el comportamiento medio de dichos fenómenos, conduce muchas veces a una descripción probabilística exitosa de eventos de interés. Este enfoque es empleado en distintos campos del conocimiento, tanto en ciencias como Biología, Ecología, Física, así como en Ingeniería, Ciencias Económicas y Sociales. En particular, su importancia radica en el hecho de que, contando con un número pequeño de datos del fenómeno o proceso en estudio, es posible obtener algo más de información que nos ayude a entender a éste y nos permita hacer predicciones sobre el mismo.

Algunos ejemplos en Biología y Ecología son: el ajuste de la ecuación alométrica(1) que relaciona la biomasa de las hojas de un pasto marino con sus dimensiones físicas, largo y ancho; la modelación de la tasa de cambio de la biomasa de un recurso pesquero(2); las relaciones entre la reflectancia de la irradiación en el océano(3) y las concentraciones de clorofila a y materia orgánica suspendida.

El ajuste de un modelo estadístico paramétrico a datos experimentales consiste en estimar los parámetros del modelo, obtenido de la representación matemática del fenómeno bajo estudio y del componente aleatorio (desviación de la media). La complejidad del proceso de estimación dependerá, entre otras cosas, de la complejidad de dicha representación y de la estructura de error o desviación que se proponga. Por ejemplo, si el modelo es dado como una relación lineal en los parámetros podrán utilizarse las técnicas de regresión lineal(4), pero si es dado como una relación intrínsecamente no-lineal entonces es posible utilizar regresión no-lineal(5). Sin embargo, un enfoque mucho más general para la estimación de parámetros, que será utilizado en este manuscrito, es máxima verosimilitud(6).

## LA CLOROFILA a

La clorofila a es un pigmento fotosintético presente en el fitoplancton(7), el cual es la base de la cadena alimenticia en el mar; es considerada un índice de abundancia en éste y sus valores de concentración son usados para calcular la productividad primaria(8). Bajo condiciones de estratificación de la columna de agua, la abundancia de fitoplancton varía con la profundidad(9), por lo que la predicción de la concentración de clorofila a como función de la profundidad, su perfil vertical, es de suma importancia en oceanografía biológica.

Cabe señalar aquí que el problema de obtener los perfiles de clorofila a, para distintas regiones oceánicas y costeras (como sistemas de surgencia de Benguela, Atlántico centro-oriente, mar de Japón, Península Antártica), se ha abordado bajo diferentes enfoques de solución,(10, 11, 12, 13, 14) aunque el modelo matemático generalmente usado para producir el perfil de clorofila a es un modelo gaussiano de cuatro parámetros, referido en la literatura como el modelo de Platt.(15)

## EL PROBLEMA: PREDECIR UN PERFIL DE CLOROFILA a

El problema de interés que se abordó en este trabajo es predecir un perfil de clorofila a con base en observaciones de la concentración de clorofila (en mg/m<sup>3</sup>) a distintos niveles de profundidad (en m), utilizando el modelo de Platt (15), basado en la ecuación para la función de densidad normal y otros dos modelos que podrían generar mejores predicciones de los valores de clorofila.

Aunque el modelo normal de Platt es un modelo matemático relativamente simple ampliamente usado para producir un perfil de clorofila a, este modelo podría no representar adecuadamente la relación entre clorofila a y la profundidad debido al comportamiento suave y simétrico de la curva normal, cuando los datos observados no presentan dicha simetría.

El objetivo de este trabajo es explorar el comportamiento de un modelo gamma y de un modelo doble exponencial, como otra alternativa al modelo de Platt, para ajustar datos de clorofila a. Como casos de estudio se cuenta con concentraciones de clorofila medidas en nueve estaciones de muestreo, durante un crucero oceanográfico efectuado en agosto de 1995, en la cuenca de Guaymas, Sonora, México. En la Figura 1 se muestran los datos observados en cada una de las estaciones.

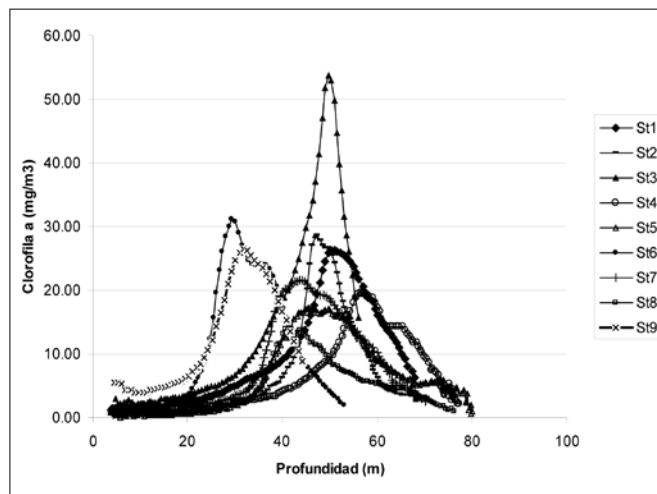


Figura 1. Variación con la profundidad (en metros) de la clorofila a (en mg/m<sup>3</sup>) observada en nueve estaciones de muestreo, en la cuenca de Guaymas, Sonora, México.

## METODOLOGÍA UTILIZADA

Se ajustaron tres distintos modelos estadísticos a los datos observados en cada una de las estaciones de muestreo. Uno de ellos es un modelo gaussiano, que representa la versión estadística del modelo matemático de Platt,

$$y = B_0 + \frac{h}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right\} + \varepsilon. \quad (1)$$

El otro modelo propuesto para producir un perfil de clorofila a es el siguiente:

$$y = B_0 + \frac{h x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)\right] + \varepsilon, \quad (2)$$

el cual está basado en la curva de densidad de probabilidad gamma. Por último, también se consideró para la comparación un modelo con kernel doble exponencial,

$$y = \begin{cases} B_0 + \frac{h}{\lambda_1} x \exp\left[-\left(\frac{\mu-x}{\lambda_1}\right)\right], & \text{si } x < \mu, \\ \frac{h}{\lambda_1} \left(x + \frac{B_0 \lambda_1}{h}\right) \exp\left[-\left(\frac{x-\mu}{\lambda_2}\right)\right], & \text{si } x \geq \mu. \end{cases} + \varepsilon. \quad (3)$$

En los tres casos se consideró un error ( $\varepsilon$ ) normal con media cero y varianza  $\sigma^2$  constante y desconocida.



La motivación para considerar el modelo gamma dado en (2) es simplemente la característica de asimetría que posee este modelo con respecto a su moda, lo cual le proporciona flexibilidad para localizar el máximo de clorofila. Por otro lado, la motivación del modelo doble exponencial es no sólo la asimetría sino también la flexibilidad e independencia con la que crece y decrece la clorofila *a* como función de la profundidad. Esto último permite considerar que el comportamiento creciente que tiene la clorofila *a* antes de alcanzar su máximo, el cual no es necesariamente igual al comportamiento decreciente que tiene después de alcanzarlo. La estimación puntual de parámetros para los tres modelos se efectuó por máxima verosimilitud.

## RESULTADOS OBTENIDOS

Las figuras 2, 3 y 4 presentan el ajuste de los modelos (1), (2) y (3) a los datos de la Estación 1 (St1) mostrados en la Figura 1. Se observa que tanto el modelo de Platt como el modelo gamma no proporcionan un buen ajuste a los datos. En contraste, el modelo doble exponencial dado en (3) evidencia un mejor ajuste. De hecho, el error cuadrático medio mostrado en la Tabla 1, para el ajuste de datos de la Estación 1, apoya estas conclusiones

Tabla 1. Error de estimación obtenido al ajustar los modelos dados (1), (2) y (3) a los datos experimentales de la Estación 1, Guaymas, Sonora, México.

MODELO	ERROR CUADRÁTICO MEDIO
Platt	1.6023
Gamma	1.9159
Doble exponencial	0.6105

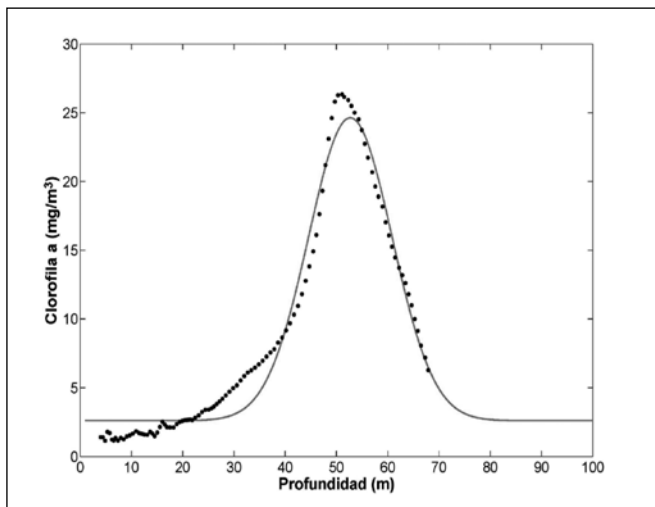


Figura 2. Variación con la profundidad de la clorofila *a* observada y de la estimada mediante el ajuste de Platt, por el método de máxima verosimilitud, para datos de la Estación 1 (St 1). Los parámetros estimados son:  $\hat{B}_0 = 2.6053$ ,  $\hat{h} = 450.1842$ ,  $\hat{\mu} = 52.6978$  y  $\hat{\lambda} = 8.1544$ . La curva discontinua corresponde a datos observados y la curva continua a valores estimados.

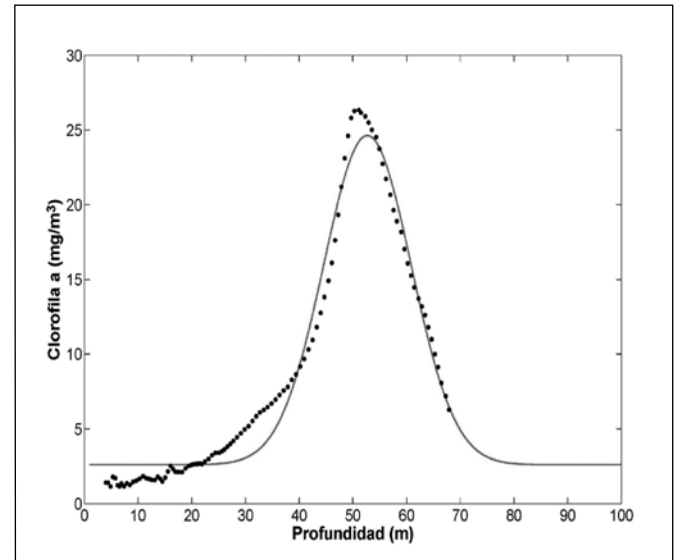


Figura 3. Variación con la profundidad de la clorofila *a* observada y de la estimada mediante el ajuste del modelo basado en la función gamma, por el método de máxima verosimilitud, para datos de la Estación 1

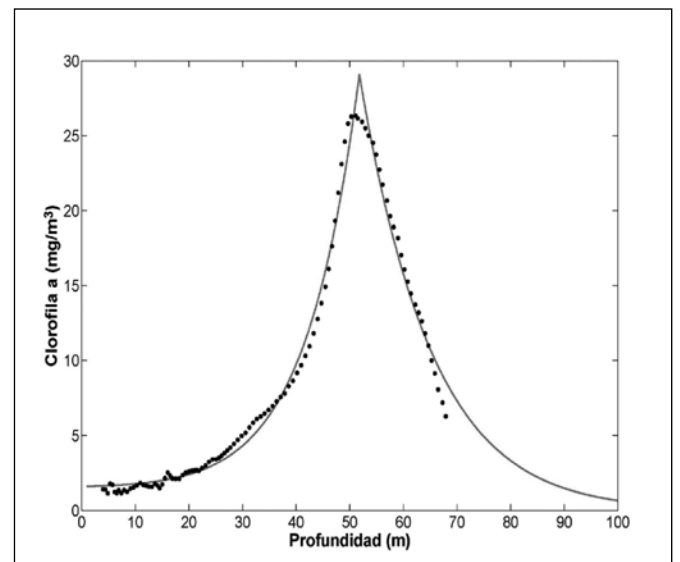


Figura 4. Variación con la profundidad de la clorofila *a* observada y de la estimada mediante el ajuste del modelo basado en la función doble exponencial, por el método de máxima verosimilitud, para datos de la Estación 1 (St 1). Los parámetros estimados son:  $\hat{B}_0 = 1.6003$ ,  $\hat{h} = 6.5334$ ,  $\hat{\mu} = 51.8062$ ,  $\hat{\lambda}_1 = 12.3162$  y  $\hat{\lambda}_2 = 10.9069$ . La curva discontinua corresponde a datos observados y la curva continua a valores estimados.

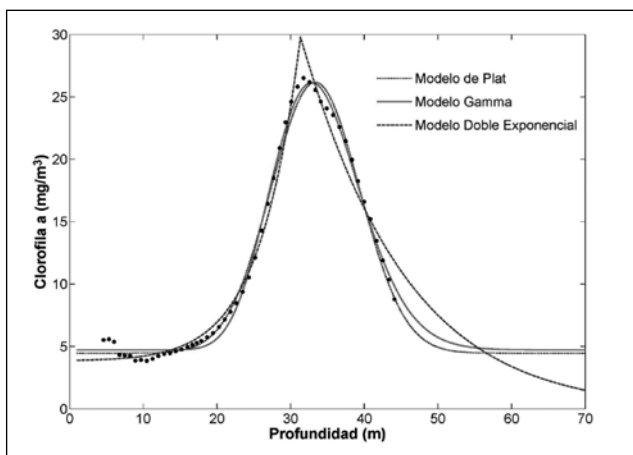


Figura 5. Variación con la profundidad de la clorofila a observada y de la estimada mediante el ajuste de cada uno de los tres modelos, por el método de máxima verosimilitud, para datos la Estación 9 (St9).

Por otro lado, en la Figura 5 se presenta el ajuste de los tres modelos a los datos de la Estación 9 (St9). A diferencia del caso anterior, es el modelo basado en la función gamma el que presenta el menor error. En la Tabla 2 se muestran los correspondientes errores cuadráticos medios.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En los resultados aquí presentados se observa que, para los datos de la Estación 1, tanto el modelo de Platt como el basado en la función de densidad gamma subestiman el máximo de clorofila a (Figuras 2 y 3), mientras que el modelo doble exponencial sobreestima el valor del pico de clorofila a (Figura 4), aunque el valor del error de estimación de este último es el más bajo de los tres modelos (Tabla 1). Respecto a los resultados obtenidos en el ajuste de los datos de la Estación 9, se observa (Figura 5) que tanto el modelo de Platt como el basado en la función gamma (Figura 6) muestran un mejor ajuste a los datos observados y que es el modelo gamma el que presenta el menor error de estimación (Tabla 2). Consideramos que los tres modelos ajustan razonablemente los datos observados, dado que la magnitud del error cuadrático medio es pequeño para los tres modelos.

Se concluye que:

Los modelos propuestos, gamma y doble exponencial, resultan ser una buena alternativa para dar respuesta al problema abordado en este trabajo, obtener mejores predicciones de los valores de clorofila a, dado los resultados obtenidos en los ajustes hechos para todas las estaciones de muestreo (aunque aquí sólo se muestran, como ilustración, los resultados para las estaciones 1 y 9); con la ventaja de que estos modelos presentan mayor flexibilidad que el modelo de Platt para representar la variación de los datos observados.

Se considera que habría tema intervalos de verosimilitud-confianza para cada uno de los modelos ajustados para contar con más elementos cuantitativos que apoyaran el contraste de la bondad del ajuste respectivo.

El contar con un modelo que explique fielmente la variación de la concentración de la clorofila a con la profundidad para la cuenca de Guaymas permitirá estimaciones más confiables de la productividad primaria en esta área de surgencia costera tan importante para las pesquerías que ahí se explotan.

## AGRADECIMIENTOS:

A la División de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Sonora por el apoyo otorgado al Cuerpo Académico "Estadística y Matemáticas Aplicadas", a través de fondos de PIFI 2007, para la realización del proyecto "Modelación matemática de datos biológico-pesqueros".

Tabla 2. Error de estimación obtenido al ajustar los modelos dados (1), (2) y (3) a los datos experimentales de la Estación 9, Guaymas, Sonora, México.

MODELO	ERROR CUADRÁTICO MEDIO
Platt	0.4338
Gamma	0.3328
Doble exponencial	1.2428

## BIBLIOGRAFÍA

- Solana-Arellano E., Borbón-González D. J. & H. Echavarría-Heras. 1998. A general allometric model for blade production in *Zostera marina* L. Bulletin of South California Academy of Sciences 97: 39-49.
- Borbón G. Dora Julia, Echavarría H. Héctor, Cota V. Alfredo y Leal R. Cecilia. 2001. Control óptimo y manejo de pesquerías II: Procedimientos de identificación y aplicaciones. Hidrobiológica 11 (2): 105-115.
- Cervantes Duarte Rafael, Valdez Holguín José Eduardo y Reyes Salinas Amada. 2004. Comparación de reflectancia in situ 443/555 y 490/555 con Clorofila a y Materia Suspendeda Total en Bahía de La Paz, B.C.S., México. Hidrobiológica 14(1): 11-17.
- Draper N.R. & H. Smith. 1981. Applied Regression Analysis. Wiley. New York.
- Seber G.A. & C.J. Wild. 1989. Nonlinear Regression. Wiley Interscience. New York.
- Sprott D.A. 2000. Statistical Inference in Science. Springer-Verlag New York Inc.
- <http://www.cienciaybiologia.com/bmarina/fitoplancton.htm>
- Gaxiola Castro G., García-Córdova J., Valdez-Holguín J. E. & M. Botello-Ruvalcaba. 1995. Spatial distribution of chlorophyll a and primary productivity in relation to winter physical structure in the Gulf of California. Continental Shelf Research 15 (9): 1043-1053.
- Falkowski P., Barber R. & V. Smetacek. 1998. Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production. Science 281: 200-206.
- Richardson A. J., Pfaff M. C., Field J.G., Silulwane N. F. & F.A. Shillington. 2002. Identifying characteristic chlorophyll a profiles in the coastal domain using an artificial neural network. Journal of Plankton Research 24 (12): 1289-1303.
- Pérez-Marrero J., Maroto L., Godoy J., Villagarcía M., Cianca A., Rueda M. J. y O. Llinás. 2002. Validación de modelos para la determinación de clorofila "a" a partir de imágenes Sea WIFS en el Atlántico Centro-Oriental. Revista de Teledetección 17:55-60.
- Kameda T. & S. Matsumara. 1998. Chlorophyll biomass off Sanriku, Northwestern Pacific, estimated by ocean color and temperature scanner (OCTS) and vertical distribution model. Journal of Oceanography 54: 509-516.
- Kimura N. & Y. Okada. 1997. Estimation of vertical profile of chlorophyll concentration around the Antarctic Peninsula derived from CZCS images by the statistical method. Proc. NIPR Symp. Polar Biol., 10: 66-76.
- Souto R. P., Campos Velho H. E., Stephany S. & M. Kampel. 2008. Chlorophyll Concentration Profiles from in situ Radiance by Ant Colony Optimization. Journal of Physics: Conference Series 124: 012047.
- Platt T., Sathyendranath S., Caverhill C. M. & M.R. Lewis. 1988. Ocean primary production and available light: further algorithms for remote sensing. Deep-Sea Res. 35(6A): 855-879.



## EVALUACIÓN DE LA PÁGINA WEB DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

JOSÉ LOZANO TAYLOR, GILBERTO ORTIZ SUÁREZ, RICARDO RODRÍGUEZ CARVAJAL

El propósito de este estudio fue definir las características de la página web de la Universidad de Sonora en México, que son susceptibles de mejorar significativamente. De esta manera se establecieron dos objetivos: Evaluar el nivel de satisfacción de los usuarios (alumnos y personal académico) de la página web y, comparar el nivel de satisfacción de los alumnos y personal académico para detectar diferencias significativas. Cada uno de los objetivos se evaluó en forma específica para diferentes variables relacionadas con el nivel de satisfacción en la usabilidad de la página web. Las variables de estudio se definieron en un cuestionario que se aplicó a alumnos y miembros del personal académico, utilizando un muestreo estratificado con asignación proporcional. Las características que se deben mejorar en la página web de la Universidad de Sonora son: La página web genera reportes que son los que usted necesita, información actualizada, servicio de atención al usuario y diseño atractivo.

M.C. JOSÉ LOZANO TAYLOR  
Correo: jlozano@industrial.uson.mx  
M.C. GILBERTO ORTIZ SUÁREZ  
Correo: gortiz@industrial.uson.mx  
M.C. RICARDO RODRÍGUEZ CARVAJAL  
Correo: ricardo@industrial.uson.mx  
Departamento de Ingeniería Industrial, División de Ingeniería  
Universidad de Sonora



## PANORAMA DE LA WEB CIENTÍFICA

En el año 2005 se alcanzó la cifra de mil millones de usuarios de Internet y se espera que para el 2015 existan dos mil millones de usuarios, siendo de Asia la mayoría de los nuevos usuarios. Esto empezó en 1969 cuando se entrelazaron una computadora en Los Angeles y otra en Palo Alto, California en Estados Unidos de América (5). La mayoría de estos usuarios busca información que le permita satisfacer sus necesidades de conocimiento, comunicación o compra de productos y servicios. Las universidades se encuentran inmersas en este contexto y han aprovechado el Internet, a través de páginas web con dominio independiente, para proporcionar información y servicios a sus usuarios internos: alumnos, académicos y trabajadores, y a sus usuarios externos, que son la sociedad en general.

De acuerdo al Ranking Mundial de Universidades del Mundo (8), que incluye aproximadamente 15,000 instituciones de educación superior y centros de investigación con dominio independiente, de las primeras 50 universidades del ranking, 43 son de Estados Unidos de América, dos de Canadá, dos de Inglaterra, una de Suiza, una de México (Universidad Nacional Autónoma de México) y una de Australia. El caso de estudio, la Universidad de Sonora, ocupa la séptima posición en México, 48 a nivel de Latinoamérica y 1,260 a nivel mundial. El ranking se basa en cuatro indicadores: tamaño, visibilidad, ficheros ricos y académicos, relacionados con las publicaciones de tipo científico e información académica. Sin embargo, el ranking no toma en cuenta el número de visitas o el diseño de la página web, tampoco el nivel de satisfacción de los usuarios, aspecto relevante de una página web (1).

Este estudio pretende responder ¿qué características de la página web de la Universidad de Sonora son susceptibles de mejorar significativamente? De esta manera se han establecido dos objetivos: evaluar el nivel de satisfacción de los usuarios (alumnos y personal académico) de la página web de la Universidad de Sonora, Unidad Centro y, comparar el nivel de satisfacción de los alumnos y personal académico para detectar diferencias significativas. Cada uno de los objetivos se evalúa en forma específica para diferentes variables relacionadas con el nivel de satisfacción en la usabilidad de la página web.

## ATRIBUTOS DE CALIDAD DE UNA PÁGINA WEB

Un atributo de calidad de una página web es la usabilidad, la cual se define como la capacidad con la que un producto puede ser usado por determinados usuarios para conseguir unos determinados objetivos en un contexto determinado de uso, y que viene determinada por tres atributos:

1. Efectividad: estudia si los usuarios son capaces de cumplir tareas 1. completamente y de forma precisa.
2. Eficiencia: analiza la cantidad de recursos usados para completar tareas.
3. Satisfacción: estudia la actitud del usuario frente al producto (3).

De acuerdo a Nielsen (4), la usabilidad se define como un atributo de calidad que evalúa que tan fácil es de usar la interfase para el usuario.

Está constituida por cinco componentes de calidad. Aprendibilidad: qué tan fácil es para el usuario completar tareas básicas la primera vez que entra a una página. Eficiencia: una vez que el usuario aprende el diseño de la página, qué tan rápido se pueden terminar las tareas. Memoriabilidad: Cuando el usuario regresa a la página después de un periodo de no utilizarla, qué tan fácil puede restablecer su capacidad para terminar tareas. Errores: Cuantos errores cometen los usuarios, qué tan severos son y qué tan fácil se pueden recuperar de esos errores. Satisfacción: qué tan agradable es usar la página.



La satisfacción es un estado afectivo del consumidor resultante de una evaluación global de todos los aspectos que conforman una relación(7). El nivel de satisfacción del individuo depende de la relación existente entre las expectativas inicialmente creadas y los resultados realmente acaecidos. De este modo, la satisfacción se origina por la confirmación de las expectativas, mientras que la insatisfacción se produce a partir de la no confirmación de las mismas (2).

La satisfacción del usuario es un atributo que debe cumplir una página web para que al entrar a ella el usuario se quede y vuelva a regresar en un futuro. Si un usuario encuentra difícil de usar una página web se sale y no regresa, si se pierde en la página tiene la misma actitud, si la información no es confiable o difícil de leer también se sale y si encuentra la información en otras páginas de tal forma que le agrade, es muy probable que ya no regrese. Para un académico o alumno de educación superior, es muy importante encontrar la información en la página web de su institución para evitar que desperdicie el tiempo buscando en otro lado y ser más eficiente, de esta forma podrá cubrir todas las tareas del día con la calidad requerida (4).

Las universidades expresan en su misión el ofrecer servicios de calidad a los usuarios internos y externos, es decir, que los usuarios alcancen altos niveles de satisfacción. La página web incrementa su importancia debido a que el contacto con los alumnos y personal académico se da mayormente a través de este medio, más que el contacto que tienen con personal de servicio. La página web debe reflejar los esfuerzos de calidad que realiza la universidad.

La interacción vía Internet entre la universidad y los usuarios es siempre a través de la tecnología, es decir que el sistema de comunicación entre la universidad y un cliente es la página web y, aunque se trata de emular el comportamiento humano con la tecnología, la interacción no es lo misma, no se puede reemplazar el comportamiento humano en aspectos tales como: cortesía, amabilidad, apoyo, cuidado, compromiso y flexibilidad. La ausencia de estos aspectos del comportamiento humano que mejoran la calidad del servicio y por lo tanto el nivel de satisfacción, debe ser compensado con un mejor desempeño de otros atributos de calidad o por un desempeño excelente de la página web. Algunos de estos atributos están relacionados con aspectos tangibles (productos) y otros con aspectos intangibles (servicios), (1).



Tabla 1. Media y desviación estándar de la calificación del nivel de satisfacción proporcionada por alumnos y personal académico en forma conjunta.

Variable	Media	Desviación Estándar
2. SE CUMPLEN MIS NECESIDADES DE INFORMACIÓN	3.75	1.105
3. INFORMACIÓN BIEN ORGANIZADA	3.67	1.090
4. LOS MENUS AYUDAN A ENCONTRAR LA INFORMACIÓN	3.52	1.085
5. LA INFORMACIÓN OBTENIDA JUSTIFICA EL ESFUERZO	3.63	1.027
6. LAS IMAGENES FACILITAN EL ACCESO A LA INFORMACIÓN	3.88	.969
7. SE GENERAN REPORTE QUE USTED NECESITA	3.39	.933
8. AL USAR LA PAGINA ES FACIL RETROCEDER	3.73	1.085
9. NAVEGAR EN LA PAGINA WEB RESULTA AMIGABLE	3.69	.962
10. FACILIDAD DE USO	4.02	.629
11. RAPIDEZ DE DESCARGA	3.63	.790
12. INFORMACIÓN CONFIABLE	4.00	.760
13. CALIDAD DE CONTENIDOS	3.83	.757
14. INFORMACIÓN ACTUALIZADA	3.80	.835
15. DISEÑO ATRACTIVO	3.69	.820
16. SERVICIO DE ATENCIÓN AL USUARIO	3.56	.839
17. CALIFICACION GLOBAL DE LA SATISFACCIÓN	8.140	1.0493



## METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA PÁGINA WEB DE LA UNISON

Este estudio tomó como referencia el instrumento de Doll y Torkzadeh y se complementó con el instrumento SERVQUAL para definir las preguntas de la evaluación del nivel de satisfacción en la usabilidad de la página web de la Universidad de Sonora, Unidad Centro, las cuales se revisaron por medio de una evaluación de personal experto en la materia. Se incluyeron otras preguntas, relacionadas con el diseño de la página web e identificación de los participantes a los cuales se les aplicó el cuestionario de preguntas.

Para evaluar el nivel de satisfacción de los alumnos y personal académico en la usabilidad de la página web de la Universidad de Sonora, se consideró que la población objetivo de alumnos es aquella que cumple con la condición de que el alumno esté inscrito en cualquier programa de licenciatura o postgrado (18,700 alumnos). Para el caso del personal académico se consideró a profesores por hora suelta, profesores de tiempo completo y profesores investigadores (1,800 académicos). En ambas poblaciones se aplicó muestreo probabilístico simple aleatorio, con confiabilidad del 90% y un error máximo de estimación de 10% con un tamaño de muestra de 75 participantes por cada población objetivo. A cada participante se le aplicó cuestionario para evaluar el nivel de satisfacción en una escala de Likert de 5 puntos.

Una vez aplicados los cuestionarios se revisaron y no se detectaron errores o ambigüedades en las respuestas. Se definió la codificación de cada pregunta y se capturaron los cuestionarios en Excel. Se creó una base de datos para los alumnos y otra para el personal académico. Una vez que se tuvieron completas las dos bases de datos se revisaron los datos capturados. Se creó otra base de datos conjunta, donde se incluyeron los datos de los alumnos y del personal académico. Posteriormente, se exportaron para su análisis al paquete estadístico SPSS versión 17.

Los análisis estadísticos realizados fueron: prueba de normalidad para la variable dependiente calificación del nivel de satisfacción (última pregunta del cuestionario), estadísticas descriptivas, coeficiente alfa de Cronbach para determinar la confiabilidad de la consistencia interna de las preguntas relacionadas con la evaluación de la satisfacción, prueba de hipótesis para comparar la satisfacción entre alumnos y personal académico, y finalmente se aplicó regresión lineal múltiple con step wise para detectar los factores que influyen en la satisfacción de la usabilidad de la página web de la Universidad de Sonora.

## PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Del análisis de regresión lineal múltiple con el método step wise, se detectó que las variables son: La página web genera reportes que son los que usted necesita (pregunta 7),  $b = 0.381$ , información actualizada (pregunta 14),  $b = 0.219$ , servicio de atención al usuario (pregunta 16),  $b = 0.238$ , diseño atractivo (pregunta 15),  $b = 0.229$ , siendo éstas las que influyen en el nivel de satisfacción del usuario (pregunta 17).

Se comparó el nivel de satisfacción entre alumnos y personal académico por medio de una prueba *t de student* para muestras independientes. Los resultados de los promedios y desviación estándar para alumnos y académicos, así como los valores de *t de student* y *p* (probabilidad de cometer el error tipo I) para las comparaciones realizadas se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Medias y desviación estándar del nivel de satisfacción de las preguntas del cuestionario para alumnos y personal académico. Se incluye el valor de *t* para comparación del nivel de satisfacción entre alumnos y académicos.

VARIABLE		Media	Desviación Estándar	T	Grados de Libertad	Sig. (2-colas)	
1. FRECUENCIA DE USO DE LA PAG WEB	ALUMNO	2.69	1.052	7.967	148	.000	*
	ACADÉMICO	1.43	.888				
2. SE CUMPLEN MIS NECESIDADES DE INFORMACIÓN	ALUMNO	3.83	1.070	.812	148	.418	
	ACADÉMICO	3.68	1.141				
3. INFORMACIÓN BIEN ORGANIZADA	ALUMNO	3.80	1.090	1.428	148	.155	
	ACADÉMICO	3.55	1.082				
4. LOS MENUS AYUDAN A ENCONTRAR LA INFORMACIÓN	ALUMNO	3.53	1.070	.150	148	.881	
	ACADÉMICO	3.51	1.107				
5. LA INFORMACION OBTENIDA JUSTIFICA EL ESFUERZO	ALUMNO	3.71	1.050	.954	148	.342	
	ACADÉMICO	3.55	1.004				
6. LAS IMAGENES FACILITAN EL ACCESO	ALUMNO	4.04	.951	2.044	148	.043	*
	ACADÉMICO	3.72	.966				
7. SE GENERAN REPORTE QUE USTED NECESITA	ALUMNO	3.44	.858	.611	148	.542	
	ACADÉMICO	3.35	1.007				
8. AL UTILIZAR LA PAGINA ES FACIL RETROCEDER	ALUMNO	3.92	1.100	2.132	148	.035	*
	ACADÉMICO	3.55	1.044				
9. NAVEGAR EN LA PAGINA WEB RESULTA AMIGABLE	ALUMNO	3.77	.909	1.019	148	.310	
	ACADÉMICO	3.61	1.012				
10. FACILIDAD DE USO	ALUMNO	4.08	.514	1.170	148	.244	
	ACADÉMICO	3.96	.725				
11. RAPIDEZ DE DESCARGA	ALUMNO	3.56	.809	-1.033	148	.303	
	ACADÉMICO	3.69	.771				
12. INFORMACIÓN CONFIABLE	ALUMNO	4.12	.697	1.953	148	.053	
	ACADÉMICO	3.88	.805				
13. CALIDAD DE CONTENIDOS	ALUMNO	3.96	.725	2.183	148	.031	*
	ACADÉMICO	3.69	.771				
14. INFORMACIÓN ACTUALIZADA	ALUMNO	3.95	.733	2.177	148	.031	*
	ACADÉMICO	3.65	.908				
15. DISEÑO ATRACTIVO	ALUMNO	3.69	.735	.099	148	.921	
	ACADÉMICO	3.68	.903				
16. SERVICIO DE ATENCIÓN AL USUARIO	ALUMNO	3.55	.827	-1.194	148	.846	
	ACADÉMICO	3.57	.857				
17. CALIFICACIÓN DE LA SATISFACCIÓN	ALUMNO	8.220	.8900	.933	148	.352	
	ACADÉMICO	8.060	1.1882				

Rechazar la hipótesis de igualdad de medias para  $\alpha = .05$

Las características de los alumnos a los cuales se les aplicó el cuestionario fueron: edad de 18 a 27 años, el 55% fueron hombres y el 45% mujeres, el 88% dispone de una PC en su casa. Las características del personal académico fueron: edad de 28 a 68 años, el 72% fueron hombres y el 28% mujeres, el 98.7% dispone de una PC en su casa, la antigüedad promedio en la Universidad de Sonora es de 19.6 años, el 21.3% tiene categoría de profesor investigador, el 20% es profesor por horas y el 58.7% es profesor de tiempo completo.

El valor alfa de Cronbach fue de 0.889 para la validación del cuestionario de las preguntas 1 hasta la 17, las cuales están relacionadas con la evaluación del nivel de satisfacción en la usabilidad de la página web de la Universidad de Sonora.

El 100% de los usuarios de la muestra utilizan la página web. El 46.7% consulta la página más de una vez al día. El nivel de satisfacción promedio y la desviación estándar de la usabilidad de la página web se muestra en la tabla 1 en una escala de 1 a 5. La calificación promedio del nivel de satisfacción asignada por los alumnos es de 8.02 y la calificación promedio asignada por el personal académico es de 8.22, en una escala de 1 a 10.

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Las características que se deben mejorar en la página web de la Universidad de Sonora son aquellas relacionadas con las variables que influyen más en el nivel de satisfacción (determinados por el análisis de regresión lineal múltiple): La página web genera reportes que son los que usted necesita, información actualizada, servicio de atención al usuario y diseño atractivo. Además, se deben mejorar aquellos atributos que actualmente tienen una calificación baja del nivel de satisfacción, que en este estudio, coinciden tres de las cuatro variables anteriores: la página web genera reportes que son los que usted necesita, que los alumnos califican en promedio con 3.44 y el personal académico con 3.35. Servicio de atención al usuario, que los alumnos califican en promedio con 3.55 y el personal académico con 3.57. Diseño atractivo, que los alumnos califican en promedio con 3.69 y el personal académico con 3.68, en una escala de 1 a 5.

Al comparar el nivel de satisfacción entre alumnos y personal académico, se encontraron diferencias significativas (ver tabla 2), para las siguientes variables: Frecuencia de uso de la página web ( $p < 0.001$ ), las imágenes facilitan el acceso a la página ( $p = 0.043$ ), es fácil retroceder ( $p = 0.035$ ), calidad de contenidos ( $p = 0.031$ ) e información actualizada ( $p = 0.031$ ). Se puede considerar que en la variable confiabilidad de la información el nivel de satisfacción también es diferente ( $p = 0.053$ ).

En la frecuencia de uso de la página web los alumnos la visitan en promedio de 3 a 5 veces por semana y el personal académico la visita en promedio una o más veces al día lo que hace imperativo mejorar la página y promover su uso entre los alumnos. En el caso de el uso de imágenes para facilitar el acceso a la información, existe una ligera diferencia a favor de los alumnos comparado con el personal académico, además se calificó por parte de los alumnos con promedio de 4.04 que es una de las calificaciones de satisfacción más altas sólo superada por la facilidad de uso (4.08) e información confiable (4.12). La evaluación

con nivel 4 en escala Likert significa que están de acuerdo en que las imágenes facilitan el acceso a la información. En la variable, es fácil retroceder en la página web, los alumnos calificaron con mayor nivel de satisfacción (3.92) que el personal académico (3.55), que pudiera estar influido por la mayor habilidad que tienen los jóvenes en el uso de Internet, considerados como la generación @, denominada por algunos como "nativos digitales" (6). En la variable, calidad de contenidos, los alumnos la califican con mayor promedio (3.96) que el personal académico (3.69), muy parecido a la variable, información actualizada, que los alumnos califican con mayor promedio (3.95) que el personal académico (3.65). Respecto al nivel de satisfacción de cada una de estas dos variables, se debe considerar que fueron evaluadas más altas que el promedio general de este tipo de preguntas (2 a la 16) que es de 3.79 para alumnos y 3.64 para personal académico.

## CONCLUSIONES: FORTALECER EL PORTAL

De acuerdo a los datos obtenidos en este estudio, para incrementar el nivel de satisfacción de los usuarios de la página web de la Universidad de Sonora, es recomendable incrementar el número de reportes que se pueden obtener de la página, sobre todo los reportes para el personal académico. Se deben ofrecer más y mejores servicios a los usuarios por parte de los encargados de atender las diferentes secciones de la página para que los usuarios se sientan con la confianza de que serán atendidos en tiempo y forma. Asimismo, se debe hacer el diseño más atractivo tanto del portal como de sus ligas, para lo cual es necesario, entre otras sugerencias, visitar y evaluar las páginas web universitarias más importantes de acuerdo al Ranking Mundial de Universidades del Mundo. Sería recomendable ampliar el estudio incluyendo los atributos de efectividad y eficiencia e incrementar el tamaño de la muestra.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Cox, J. & Dale, B.G. (2002). Key quality factors in Web site design and use: an examination. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 19, No 7. p
- 2) Day, R. (1984). Modeling Choices Among Alternative Responses to Dissatisfaction. *Advances in Consumer Research*, 11, William D. Perreault (Ed). Association for Consumer Research, Atlanta, GA.
- 3) ISO 9241-11(1998). Ergonomic requirements for office work with visual display terminal (VDTs) – Part 11: Guidance on usability.
- 4) Nielsen, J. (2003). Usability 101. Obtenido el 9 de Abril del 2009, desde <http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>.
- 5) Nielsen, J. (2005). One billion Internet Users. Obtenido el 9 de Abril del 2009, desde [http://www.useit.com/alertbox/internet\\_growth.html](http://www.useit.com/alertbox/internet_growth.html).
- 6) Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, NCB University Press, Vol. 9, Nº 5.
- 7) Sanzo, M., Santos, M., Vázquez, R., & Alvarez, L. (2003). The Effect of Market Orientation on Buyer-Seller Relationship Satisfaction. *Industrial Marketing Management*, 32 (4).
- 8) Ranking Web de Universidades del Mundo. Obtenido el 9 de Abril del 2009, desde [http://www.webometrics.info/index\\_es.html](http://www.webometrics.info/index_es.html), Enero 2009.





## DISEÑO DE SECUENCIAS DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: EL TEMA DE ENERGÍA MECÁNICA

**FRANCISCO JAVIER PARRA BERMÚDEZ**

En el presente artículo se muestra el diseño de secuencias didácticas ejemplificando con el tema de energía, con énfasis en los conocimientos de la disciplina para un curso introductorio de Física en las carreras de ingeniería. Se presentan algunas ideas sobre el propósito de usar una secuencia didáctica, y aspectos teóricos sobre el término. Se considera cómo llevar a cabo las secuencias en forma presencial y en algunos casos a distancia, apoyándose en las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación (NTIC).

M.C.FRANCISCO JAVIER PARRA BERMÚDEZ  
Departamento de Física. Universidad de Sonora  
Correo: francisco.parra@correo.fisica.uson.mx

## APOYO A LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

El propósito del presente trabajo es poner a consideración de profesores de Física el diseño de algunas secuencias didácticas para el tratamiento del tema de energía mecánica y ayudar a mejorar la enseñanza de tal tópico; y por otra, servir como ejemplo de lo que, podría ser una metodología para realizar trabajos similares sobre otros temas que permitan a la postre, tener una mejor visión sobre los cambios que debieran efectuarse en la dirección de la enseñanza de la Física.

La idea de utilizar el tema de energía para ejemplificar las secuencias es que éste es de vital importancia dada la trascendencia de la problemática social, económica y tecnológica que conlleva. El diseño de las secuencias en el curso de Física I, obedece a que los contenidos de éste, se trabajan en siete carreras de ingeniería a las que presta servicio el Departamento de Física de la Universidad de Sonora.

La metodología que se implementó fue revisar los temarios de los cursos de Física para las carreras de ingeniería.

El tratamiento del tema de energía mediante secuencias didácticas es a nivel de sugerencias, por lo que éstas pueden ser rediseñadas y enfocadas según sea el nivel medio superior o superior y según la carrera en que se enseñe y aprenda la Física.

## ALGUNOS ASPECTOS TEÓRICOS

En una secuencia didáctica, se consideran tres etapas de: apertura para detectar los conocimientos previos de los estudiantes y motivarlos hacia las actividades de aprendizaje; desarrollo para la resolución de un problema teórico o experimental, elaborar un análisis crítico, etcétera y finalmente de cierre para sistematizar el nuevo conocimiento, con un resumen, síntesis, mapa conceptual, etcétera. En algunas de ellas no sólo se considera la formación de conocimientos propios de la disciplina sino también de habilidades instrumentales y de desarrollo personal, por lo cual no se deja de considerar la formación de competencias en la enseñanza de la Física en las carreras de ingeniería.

Para la formación de competencias académicas [1], conocimientos, destrezas y valores en los estudiantes, es imprescindible que el profesor diseñe cada actividad a trabajar, que posea una planeación de su enseñanza, ya sea esta presencial, semipresencial o a distancia. Una estrategia sería generar actividades planificadas en secuencias didácticas. Una secuencia didáctica [2] es un conjunto de actividades organizadas en tres bloques: apertura, desarrollo y cierre. Las actividades de apertura son aquellas, a partir de las cuales es posible identificar y recuperar las experiencias, los saberes, las preconcepciones y los conocimientos previos de los alumnos. A partir de la identificación y recuperación se realizan las actividades de desarrollo mediante las cuales se introducen nuevos conocimientos científico-técnicos, para relacionarlos con los identificados y recuperados en las actividades de apertura. Las actividades de cierre son aquellas que permiten al educando hacer una síntesis de las actividades de apertura y de desarrollo.

Algunos de los beneficios para los estudiantes, es que tienen la oportunidad en un primer momento de motivarse hacia el estudio del concepto, teoría o ley porque el profesor considera sus conocimientos previos y, mediante preguntas y experimentos reales o virtuales orientarlos hacia el nuevo conocimiento. En un segundo momento desarrollar habilidades para analizar, interpretar y elaborar estrategias para la resolución de problemas teóricos, experimentales ó virtuales, al ejecutar la estrategia y obtener resultados. En un tercer momento afianzar el conocimiento adquirido mediante la ejercitación y la sistematización.

Mediante las secuencias didácticas se pretende desarrollar en los estudiantes los conocimientos propios de la disciplina, sin dejar de lado los aspectos procedimentales y actitudinales [3], esto es, que además de que formen los conocimientos propios de una ciencia en particular, por ejemplo de la Física, adquieran procedimientos teóricos y experimentales (una metodología explícita en la resolución de problemas contendría: a) Análisis del problema, b) Elaboración de un plan de solución, c) Ejecución del plan d) Solución y vista retrospectiva); así como los actitudinales que tienen que ver con la forma de trabajar, digamos un problema, su actitud al leer el enunciado del problema, puede ser la de un novato: "sé o no sé", o la de un experto: "que lee, relee cuidadosamente el enunciado, hace diagramas para apoyarse, etcétera". Considerar aspectos como los anteriores nos ayuda a lograr una formación más integral del estudiante, en correspondencia con los saberes [4].

## DISEÑO DE LAS SECUENCIAS

En este apartado se presenta la planeación de algunas secuencias didácticas considerando las concepciones descritas que tienen que ver con la formación de conocimientos actitudinales y procedimentales, y no sólo de la formación disciplinaria. Pueden ser dirigidas a las carreras de ciencias e ingeniería para un curso introductorio de Física Universitaria, específicamente como FI [5] Cabe señalar que el trabajo de una secuencia puede ser en una sesión o en varias, según sea el caso: tema, concepto o ley a trabajar.

## SECUENCIA 1

Esta secuencia está diseñada para trabajarse con estudiantes del segundo semestre de Ingeniería Civil, mas sin embargo como he señalado en párrafos anteriores puede ser enfocada según la carrera, por ejemplo para ingeniería química, por lo que el problema a trabajar podría ser el de una presa que tiene una válvula por donde se dejará salir agua sobre una turbina.

### Asignatura: Física I

Tema integrador: Energía  
Tema: Energía Mecánica  
Subtema: Energía cinética y potencial  
Herramientas de apoyo posibles: Lápiz y papel, computadora, internet, curso en línea, cañón, retroproyector y calculadora.

### a) Etapa de apertura

Se plantea a nivel individual que los estudiantes resuelvan dos problemas con el propósito de conocer si los estudiantes detectan algún tipo de energía en el problema No. 1 y el uso que le dan en el problema No. 2. Por lo que el profesor podrá conocer algunas ideas previas de los estudiantes respecto al concepto de energía. Se presenta el primer problema en un contexto realista tratando de motivar al estudiante hacia su formación profesional.

### Problema No.1

Una grúa tiene sujeta una carga de concreto a una altura  $H$ , sobre el nivel del suelo. La cual se deja caer a partir del reposo. No se considere la fricción con el aire.

En cada caso conteste lo que se pide:

- (a) Inicialmente antes de empezar a caer, ¿tiene algún tipo de energía la carga?, de ser así, ¿cuál? de no tener ningún tipo de energía, explique por qué lo considera así.

Si contestó que sí tiene energía siga adelante con los incisos b, c y d; si no, pase al Problema No. 2

- (b) ¿Qué sucede con la energía de la carga a medida que va cayendo?
- (c) A la mitad de la trayectoria de caída ( $H/2$ ), ¿qué tipo(s) de energía tiene?
- (d) ¿Cómo es la energía total que tiene la carga con respecto a la energía inicial?
- (e) En el instante justo antes de chocar con el suelo ¿qué tipo de energía posee la carga?  
Justifique su respuesta.

### Problema No. 2

Se tienen dos planos inclinados de igual altura pero con diferentes ángulos de inclinación. A lo largo de estos planos se deslizan a partir del reposo y sin rozamiento dos bloques de igual tamaño y masa; uno por cada plano. Si comparamos la velocidad de cada bloque en el momento de llegar al final del plano inclinado por el que se desplazó, ¿cómo son? Justifique su respuesta.

Enseguida se plantea que trabajen en equipo de tres estudiantes para compartir ideas. Posteriormente un equipo expone sus respuestas al grupo. Finalmente se trabaja a nivel grupal para la conclusión del grupo a nivel cualitativo.

### b) Etapa de desarrollo

Se plantea que en equipos de tres estudiantes demuestren analíticamente su respuesta, y posteriormente se realiza una discusión grupal acerca del análisis y resolución del problema. Planteando algunas nuevas preguntas, tales como:

- a) ¿Qué podemos decir acerca de la velocidad, depende ésta de la masa?
- b) ¿Se obtienen los mismos resultados para la velocidad, si se realiza el procedimiento aplicando las leyes de Newton o por conservación de energía mecánica?
- c) ¿La energía mecánica se conserva? ¿Si, sí, por qué? ¿Si, no, por qué?

### c) Etapa de cierre

Se pretende que los estudiantes entreguen en equipo de dos estudiantes la resolución de al menos 10 problemas sobre conservación de energía, escogidos por el profesor de un libro de texto, ya sea del nivel medio superior o superior, según sea el curso.

Finalmente para cerrar el proceso se solicita que resuelvan individualmente para entregar, un problema planteado por el profesor y que esté relacionado con la lista de problemas entregados.

## SECUENCIA 2

Esta secuencia tiene como propósito detectar el concepto de trabajo mecánico de los estudiantes a partir de la realización y entrega de un documento escrito sobre el tema.

Asignatura: Física I

Tema integrador: Energía

Tema: Energía Mecánica

Subtema: Trabajo y energía cinética.

Herramientas de apoyo posibles: Lápiz y papel, computadora, internet, curso en línea, cañón, retroproyector y calculadora.

### a) Etapa de apertura

Se plantean para responder individualmente 2 reactivos de opción múltiple para entregar por escrito al instructor o enviar como respuesta a un cuestionario diseñado en línea en el curso de Física I [5] incorporado a la Plataforma Educativa de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC)

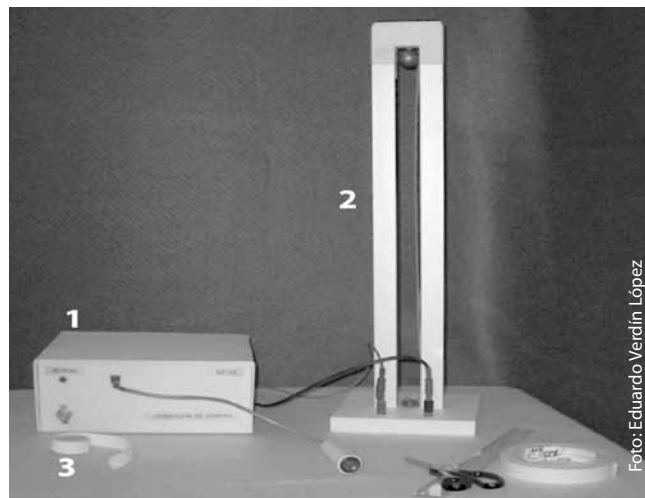


Foto: Eduardo Verdín López

- 1. Chispómetro
- 2. Aparato de caída libre
- 3. Papel registro

Reactivo 1. Una persona sostiene en reposo una maleta de 98.0 N de peso durante 20 minutos, ¿realiza trabajo mecánico?

- a) Sí, mucho
- b) Sí, poco
- c) Ninguno

Justifique su respuesta.

Reactivo 2. Una persona se desplaza en línea recta horizontal sosteniendo una maleta de 98.0 N de peso durante 20 minutos, ¿realiza trabajo mecánico?

- a) Sí, mucho
- b) Sí, poco
- c) Ninguno

Justifique su respuesta.

### b) Etapa de desarrollo

En el caso presencial se pide que en equipo de 3 estudiantes resuelvan los reactivos y un equipo presenta ante el grupo sus respuestas y su justificación.

En el caso virtual se pide que en equipo de 3 estudiantes resuelvan los reactivos y los equipos envían al sitio sus respuestas y su justificación.

### c) Etapa de cierre

En el caso presencial se les pide consultar la bibliografía (un libro de texto) y en el caso virtual para esta etapa se plantea que ingresen al sitio: <http://didactica.fisica.uson.mx/> en Cursos, Curso de Física con ordenador, Dinámica, en Trabajo y energía, Concepto de trabajo [5] y responder finalmente las preguntas planteadas inicialmente en los reactivos 1 y 2.

## SECUENCIA 3

Esta secuencia tiene como propósito en un primer momento realizar una práctica en un laboratorio real, y en un segundo momento describir el fenómeno y los datos obtenidos proporcionados al estudiante para que éste pueda trabajar virtualmente.

Asignatura: Física I

Tema integrador: Energía

Tema: Energía Mecánica Subtema: Energía cinética y potencial

Herramientas de apoyo posibles: Lápiz y papel, computadora, internet, curso en línea, cañón, retroproyector, calculadora, chispómetro, papel registro, regla, balín, aparato de caída libre.

Esta secuencia se puede realizar experimentalmente para lo cual se puede trabajar en base al manual de Mecánica Experimental para Ciencias e Ingeniería [7]. Se necesitaría un riel de aire, un chispómetro, papel registro, un móvil y una regla graduada en centímetros. Pero también se puede trabajar virtualmente apoyándose en la sección de applets del sitio web: <http://didactica.fisica.uson.mx/>

### a) Etapa de apertura

Esta etapa puede ser trabajada experimentalmente en equipo de tres estudiantes, o bien virtualmente, para lo cual se presentan los datos de la tabla 1 que aparecen en el siguiente problema.

Problema. Se deja caer una bola maciza metálica (balín) de masa  $m = 0.0669 \text{ kg}$ . de tal manera que cuando pasa por la marca 0 (origen de referencia) su altura es de 24.15 cm. Mediante un chispómetro y papel registro se obtienen los datos experimentales que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Posiciones obtenidas del experimento de un "balín" en caída vertical.

Núm. de punto	Tiempo (s)	Posición (cm.)
0	0/60	24.15
1	1/60	23.00
2	2/60	21.55
3	3/60	19.80
4	4/60	17.80
5	5/60	15.40
6	6/60	12.85
7	7/60	10.05
8	8/60	6.95
9	9/60	3.55
10	10/60	0.00

### b) Etapa de desarrollo

Entrar a la dirección <http://didactica.fisica.uson.mx/>, ir a HERRAMIENTAS DE LABORATORIO y seleccione el applet "estudio de la velocidad" y construya la Tabla 2, para la velocidad del balín en función del tiempo y los datos que se piden para completarla, como son: la energía potencial:  $U=mgh$ , cinética:  $K=1/2(mv^2)$  y mecánica:  $U+K$ .

Tabla 2: Velocidades; energías: potencial, cinética y mecánica, generadas a partir de las posiciones (alturas), obtenidas experimentalmente del balín en caída vertical.

Punto o marca	Tiempo (s)	Altura (cm)	Velocidad (m/s)	Energía Potencial (J)	Energía Cinética (J)	Energía Mecánica (J)
0	0/60	24.15				
1	1/60	23.00				
2	2/60	21.55				
3	3/60	19.80				
4	4/60	17.80				
5	5/60	15.40				
6	6/60	12.85				
7	7/60	10.05				
8	8/60	6.95				
9	9/60	3.55				
10	10/60	0.00				

Con los datos obtenidos en la Tabla 2:

1. Realizar las gráficas siguientes en papel milimétrico, Excel ó en un software graficador:

- Energía potencial con respecto a la altura:  $U$  vs  $h$
- Energía cinética con respecto a la altura:  $K$  vs  $h$
- Suma de la energía potencial y cinética con respecto a la altura:  $(U+K)$  vs  $h$
- Superposición de cada una de las gráficas anteriores en una sola gráfica con respecto al  $h$

2. Realizar las siguientes gráficas en papel milimétrico, Excel o en un software graficador:

- Energía potencial con respecto al tiempo:  $U$  vs  $t$
- Energía cinética con respecto al tiempo:  $K$  vs  $t$
- Suma de la energía potencial y cinética con respecto al tiempo:  $(U+K)$  vs  $t$

d). Superposición de cada una de las gráficas anteriores en una sola gráfica con respecto al  $t$ .

### c) Etapa de cierre

Discusión y análisis en equipo de tres estudiantes de las gráficas anteriores, considerando la forma de la gráfica, si es creciente, si es decreciente, su intersección con los ejes, la intersección entre las gráficas, y considerar preguntas como la siguiente: ¿Cómo es el comportamiento de la energía mecánica?

Se selecciona un equipo de estudiantes para que exponga ante el grupo los resultados anteriores, para lo cual se puede apoyar en un retroproyector, rota folios, cañón, un video filmado entre ellos, etcétera.

## CONCLUSIONES: UNA ALTERNATIVA DOCENTE

El diseño y uso de secuencias didácticas dentro de la línea de enseñanza de las ciencias y de la Física en particular, representa una alternativa para estructurar el trabajo docente distinta a la tradicional, que es fundamentalmente expositiva por parte del profesor. Dichas situaciones se ejemplifican mediante una serie de problemas teóricos y experimentales que abordan el tema de energía. Sin embargo, estoy consciente de que el lector puede discrepar, por lo que pudieran haber otras opciones de enseñanza, pero que si bien en este trabajo no se presentan resultados cuantitativos sobre su funcionamiento, si he observado que el proceso de aprendizaje se vuelve más activo en los estudiantes, por sus actividades en la entrega de trabajos, resolución de problemas, prácticas de laboratorio, el análisis y discusión de los contenidos tratados, tanto en forma presencial como a distancia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Competencias académicas: Delgado, Moya, Consultado el 25 de agosto de 2009 en: "<http://www.elporvenir.com.mx/>.
- Reforma Curricular del Bachillerato Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica. SEP, (2004), p. 13.
- Pozo, M. I., Gómez, C. M. Aprender y Enseñar Ciencia, Ediciones Morata, España, (2006), p.32.
- Pair, C., Educación tecnológica: saber hacer y saber ser. Educar ¿Para qué? Solana, F. (compilador), Editorial Limusa, México, D.F. (2005), Pp. 89-98.
- <http://didactica.fisica.uson.mx/>, Agosto de 2009.
- <http://ntic.uson.mx>, Cursos Generales: AVAUS, Ciencias Exactas y Naturales, Física: Física I. Tema 5: Trabajo, Energía y Potencia.
- Álvarez, R.M., Morales, F.I., Robles, G.S., Salinas, C.E., Verdin, L.E., Villa, M.H., Mecánica Experimental para Ciencias e Ingeniería, Versión para el Alumno. .



# PRODUCTOS NATURALES CON ACTIVIDAD ANTICANCERÍGENA OBTENIDOS DE PLANTAS MEDICINALES

**RAMÓN ENRIQUE ROBLES ZEPEDA, CARLOS A. VELÁZQUEZ CONTRERAS,  
DENIA ABRIL MONTES**

El cáncer es la segunda causa de muerte. La medicina alternativa, en especial la herbolaria, está siendo ampliamente estudiada por la comunidad científica, debido principalmente a las expectativas causadas por algunos compuestos aislados con actividad anticancerígena. En la actualidad, se han desarrollado algunos agentes anticancerígenos a partir de compuestos producidos por plantas. En este reporte se analizan algunas especies de plantas medicinales de las cuales se han generados fármacos anticancerígenos que ya están siendo utilizados clínicamente, haciendo énfasis en los compuestos activos y mecanismo de acción propuesto.

DR. RAMÓN ENRIQUE ROBLES ZEPEDA. Correo: rrobles@guayacan.uson.mx  
DR. CARLOS A. VELÁZQUEZ CONTRERAS. Correo: velaz@guayacan.uson.mx  
Q.B. DENIA ABRIL MONTES. Correo: dna.abqb@hotmail.com  
Departamento de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad de Sonora

## LA MEDICINA ALTERNATIVA : UNA OPCIÓN PARA EL ENFERMO DE CÁNCER

El cáncer es la segunda causa de muerte. La medicina alternativa, en especial la herbolaria, está siendo ampliamente estudiada por la comunidad científica, debido principalmente a las expectativas causadas por algunos compuestos aislados con actividad anticancerígena. En la actualidad, se han desarrollado algunos agentes anticancerígenos a partir de compuestos producidos por plantas. En este reporte se analizan algunas especies de plantas medicinales de las cuales se han generados fármacos anticancerígenos que ya están siendo utilizados clínicamente, haciendo énfasis en los compuestos activos y mecanismo de acción propuesto. De *Catharanthus roseus*, especie rica en alcaloides, se ha obtenido vinblastina y vincristina, compuestos utilizados en el tratamiento de linfoma de Hodgkin y leucemia. A partir de *Podophyllum peltatum*, se ha logrado sintetizar fármacos como el denominado Etopósido utilizado en el tratamiento de cáncer testicular, leucemia, estómago, ovario, seno y cáncer de pulmón. De *Taxus brevifolia*, el Taxol, un Diterpeno complejo, junto con Taxotere, un derivado semisintético, son ahora el apoyo principal en el tratamiento de cáncer de seno avanzado. De *Camptotheca acuminata* se han aislado los alcaloides Camptotecina y 10-Hidroxicamptotecina, utilizados en el tratamiento de cáncer gástrico, rectal, colon, vejiga e hígado y gracias a modificaciones estructurales se han elaborado importantes fármacos como Irinotecan (cáncer de colon y pulmón) y Topotecan utilizado en el tratamiento de cáncer de ovario. En la actualidad este tipo de compuestos están siendo ampliamente estudiados gracias a que los resultados hasta ahora obtenidos son favorables y nuevas drogas se encuentran en vías de desarrollo clínico.

### LO QUE SE CONOCE DE LAS PLANTAS PARA USO TERAPÉUTICO

El cáncer se caracteriza por una alteración del equilibrio entre la proliferación y mecanismos normales de muerte celular. Es la principal causa de muerte globalmente. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó que 7.6 millones de personas murieron a causa de cáncer en el 2005 y que 84 millones de personas morirán para el 2015. Estas cifras son alarmantes, ya que las personas que mueren anualmente por cáncer representan un porcentaje mayor que aquéllas que mueren por VIH/SIDA, malaria y tuberculosis combinadas, sin duda un gran problema de salud pública. (1)

Los tratamientos de las neoplasias se dividen en cuatro grupos principales: cirugía, radioterapia, quimioterapia, e inmunoterapia. Estas modalidades a menudo se utilizan en combinación y los agentes que pertenecen a una categoría actúan por diversos mecanismos. Sin embargo en la mayoría de los casos se pueden observar varios efectos secundarios que para el paciente resultan molestos y dolorosos, es por esto que se han buscado nuevas opciones de tratamiento y una de ellas es la medicina alternativa, que se refiere al grupo de cuidados médicos y de salud, de prácticas y productos que no se consideran por ahora que forman parte de la medicina convencional.

La herbolaria forma parte de la medicina alternativa y se denomina también fitomedicina, fitoterapia, medicina botánica o etnomedicina e incluye el conocimiento y uso terapéutico de plantas cuyos componentes activos son utilizados en el tratamiento de enfermedades, así como la dosis que debe utilizarse. Asimismo se refiere al estudio científico de las plantas reconocidas en la medicina tradicional. (2)

Todas las células vegetales realizan procesos metabólicos comunes que conducen a la formación de compuestos simples como carbohidratos, aminoácidos, nucleótidos, ácidos grasos y polímeros derivados de ellos, todos estos esenciales para la vida de la planta. Estos procesos constituyen el metabolismo primario y los compuestos antes mencionados se denominan metabolitos primarios. También se desarrollan otras rutas, las cuales constituyen el metabolismo secundario,

y conducen a la formación de productos naturales denominados metabolitos secundarios (3). Los metabolitos secundarios, parecen no participar directamente en el crecimiento y desarrollo, asociándose más con funciones especiales, como lo puede ser de defensa y, de acuerdo a sus orígenes biosintéticos los productos naturales de las plantas pueden dividirse en al menos tres grupos importantes: 1) terpenos, 2) alcaloides, y 3) flavonoides (3). Muchos de los metabolitos secundarios han sido o están siendo estudiados en relación ha alguna actividad biológica de interés, como lo pueden ser las enfermedades cardiovasculares, parasitarias, virales, diabetes, cáncer entre otras.

Los productos naturales han tenido su mayor impacto como tratamientos directos en el cáncer y enfermedades infecciosas. En el área del cáncer, de los 92 fármacos aprobados mundialmente entre 1983 y 1994, un 62% se relaciona a un producto de origen natural. (4)

Las plantas han formado las bases de sofisticados sistemas de medicina tradicional que han sido utilizados por cientos de años. Estos sistemas juegan un papel esencial en el cuidado de la salud, y según la OMS (Organización Mundial de la Salud), se estima que alrededor del 80% de habitantes en el mundo confían en la medicina tradicional para el cuidado de salud primaria (4). Y aun cuando el cáncer no forma parte de la salud primaria, se sabe que la medicina alternativa es muy utilizada para problemas crónicos de salud.

### AGENTES ANTICANCERÍGENOS DERIVADOS DE PLANTAS EN USO CLÍNICO Y SUS ANÁLOGOS

Se estima que alrededor del 5 % de la flora en el mundo ha sido estudiada en algún sentido desde el punto de vista químico. Dentro de estos estudios, muchos se han enfocado a encontrar compuestos anticancerígenos.

Algunos agentes derivados de plantas que son usados como drogas anticancer, incluyen a la Vinblastina (Velban), Vincristina (Oncovin), Vinorelbina (Navelbine), Etopósido (VP 16), Tenipósido (VM-26), Paclitaxel (Taxol), Docetaxel (Taxotere), Topotecan (Hycamtin), Irinotecan (Camptosar) y 10-Hidroxicamptotecina. En la tabla I se observan las principales especies de plantas a partir de las cuales se han elaborado los fármacos antes mencionados, así como el tipo de cáncer para el cual se han utilizado.

Las principales especies estudiadas por la importancia de sus compuestos anticancerígenos son: *Catharanthus roseus*, *Podophyllum peltatum*, *Taxus brevifolia* y *Camptotheca acuminata*, las cuales se describen a continuación.

Tabla I. Principales especies de plantas utilizadas para la elaboración de importantes drogas, así como el tipo de cáncer para el cual se utilizan.

PLANTA	COMPUESTO	TIPO DE CÁNCER
<i>Catharanthus roseus</i>	Vinblastina	Linfoma de Hodgkin y
	Vincristina	leucemia
	Navelbina	Pulmón y pecho avanzado
<i>Podophyllum peltatum</i>	Etopósido	Pulmón y testicular
	Tenipósido	Leucemias y linfomas
<i>Taxus brevifolia</i>	Taxol	Ovario, riñón, pecho,
	Taxotere	endometrial
<i>Camptotheca acuminata</i>	Topotecan	Gástrico, rectal, de colon.
	Irinotecan	Vejiga, hígado, cabeza y cuello

Fuente: (Ocegueda et al., 2005; Abril-Montes, 2006)

### a) *Catharanthus roseus*

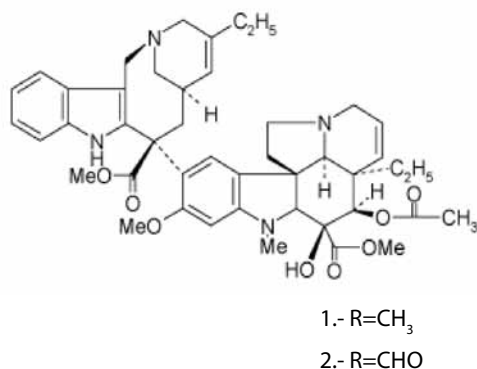
Esta especie es originaria de Madagascar y es utilizada por varias culturas para el tratamiento de diabetes, aunque sus propiedades anticancerígenas han sido de gran importancia.

Vinblastina y Vincristina (Figura 1a) son dos alcaloides aislados de *Catharanthus roseus* o Vinca rosea (Apocynaceae), cuyo nombre común es periwinkle o pervinca de Madagascar. En 1958, el Dr. Robert Laign Noble y el Dr. Charles T. Beer descubrieron la Vinblastina, inicialmente llamada Vincalacoblastina, y se introdujo en 1960 en el tratamiento de linfoma de Hodgkin y no Hodgkin, testis carcinomas y cáncer de pecho. Vincristina se aisló en 1960 y actualmente se emplea contra leucemia aguda, linfoma de Hodgkin y no Hodgkin, rhabdomyosarcomas, tumores de Wilm en niños y cáncer de pecho (5).

La actividad antineoplásica de estos compuestos se atribuye a su capacidad de interrumpir microtúbulos, causando la disolución del huso mitótico y la detención de metafase en la división celular (5). Los microtúbulos son componentes estructurales dinámicos muy importantes en el desarrollo y mantenimiento de la forma de la célula, reproducción, división, y movimiento de la misma. Éstos son polímeros de heterodímeros de  $\alpha$  y  $\beta$  tubulina, dispuestos en paralelo a un eje cilíndrico para formar un tubo de 25 nm de diámetro (6).

Los alcaloides de la Vinca, así como su derivado semi sintético Vinorelbina (Figura 1b), tienen un efecto estabilizador potente sobre los microtúbulos en ausencia de depolimerización. Este compuesto se une a la Tubulina rápidamente induciendo un cambio conformacional sobre ésta, formando así oligómeros Vinblastina-tubulina y paracrístales (6).

a)



b)

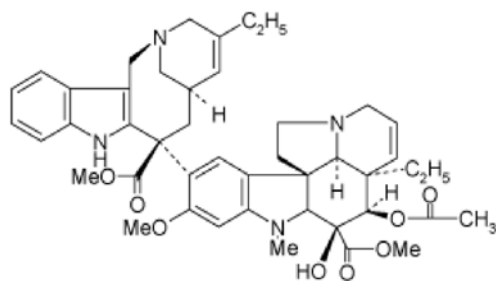


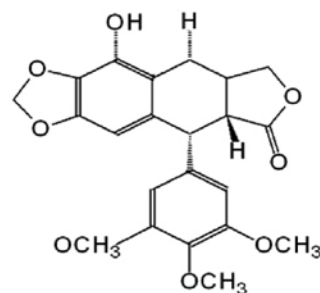
Figura 1. Principales compuestos con actividad anticancerígena aislados a partir de *Catharanthus roseus*. a) 1: Vinblastina; 2: Vincristina; b) Vinorelbina, es un derivado semisintético de los alcaloides de esta planta (Lee,

### b) *Podophyllum peltatum*

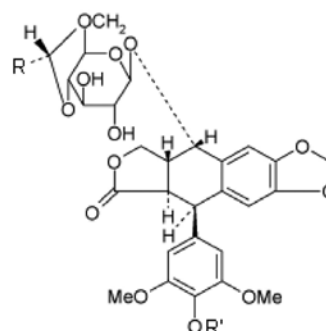
*Podophyllum peltatum* (Berberidaceae), es una planta nativa de Norteamérica conocida comúnmente como manzana de mayo, podofilio o mandrágora americana. Podofilotoxina (Figura 2a) es el lignano más abundante aislado de Podofilina, una resina producida por esta especie. (7)

*Podofilotoxina* fue aislada en 1880 por Podwysotzki, pero fue hasta 1952 que su estructura fue completamente elucidada, es el principal compuesto con actividad antimitótica obtenido de esta planta y presenta una actividad antineoplásica más potente que la Podofilina, sin embargo muestra severos daños gastrointestinales. El uso de este compuesto en el tratamiento de neoplasia humana fue complicado por sus efectos como náuseas, vómitos, diarrea y daño a tejido normal. Y por esta razón se han realizado modificaciones en la estructura de Podofilotoxina para obtener agentes más potentes y menos tóxicos, por lo cual se ha utilizado sólo como precursor de los derivados semisintéticos, Etopósido y Tenipósido (Figura 2 b).

a)



b)




R	R'
1) CH <sub>3</sub>	H
2) 	H
3) CH <sub>3</sub>	PO(OH) <sub>2</sub>

Figura 2. Compuestos anticancerígenos obtenidos a partir de *Podophyllum peltatum*. a) Podofilotoxina, principal compuesto de esta especie; b) 1: Etopósido, 2: Tenipósido y 3: Etopofos, derivados semisintéticos de Podofilotoxina (Lee, 2004).

*Etopósido* es utilizado en cáncer testicular, leucemia, cáncer de estómago, ovario, cerebro, pecho, pancreático y cáncer de pulmón de células pequeñas y no pequeñas, mientras que Tenipósido se usa principalmente en el tratamiento de linfomas (8). Sin embargo aún existen importantes limitaciones como mielosupresión, desarrollo de resistencia al fármaco y citotoxicidad hacia células normales, además de tener poca solubilidad en agua (6). Etopofos (Figura 2b) es un nuevo Etopósido fosfato el cual fue diseñado para superar las limitaciones asociadas con la pobre solubilidad de Etopósido (8).

### c) *Axus brevifolia*

El Taxol, también llamado Paclitaxel (Figura 3a), es el principal metabolito aislado de la corteza de *Taxus brevifolia* (Taxaceae), un árbol de lento crecimiento conocido como Tejo del Pacífico localizado principalmente en los EE.UU.

Alrededor de los años 60, extractos de *Taxus brevifolia* fueron estudiados dentro de una investigación dirigida a la obtención de productos naturales con actividad antitumoral y fue hasta 1971 cuando el Dr. Wall y Wani describen el Taxol como un nuevo agente anticancerígeno y antileucémico.

Este taxano, es un alcaloide diterpeno complejo y su importancia se debe a que este compuesto es un recurso en la quimioterapia del cáncer y fue aprobado en 1992 por la FDA de los Estados Unidos para el tratamiento de cáncer ovárico avanzado y en 1994 para cáncer de pecho metastásico (9), sin embargo la formulación de este compuesto para uso clínico era difícil debido a su baja solubilidad en agua y por esta razón se elaboró Docetaxel (Figura 3b), un análogo semisintético con mayor solubilidad, derivado de Paclitaxel.

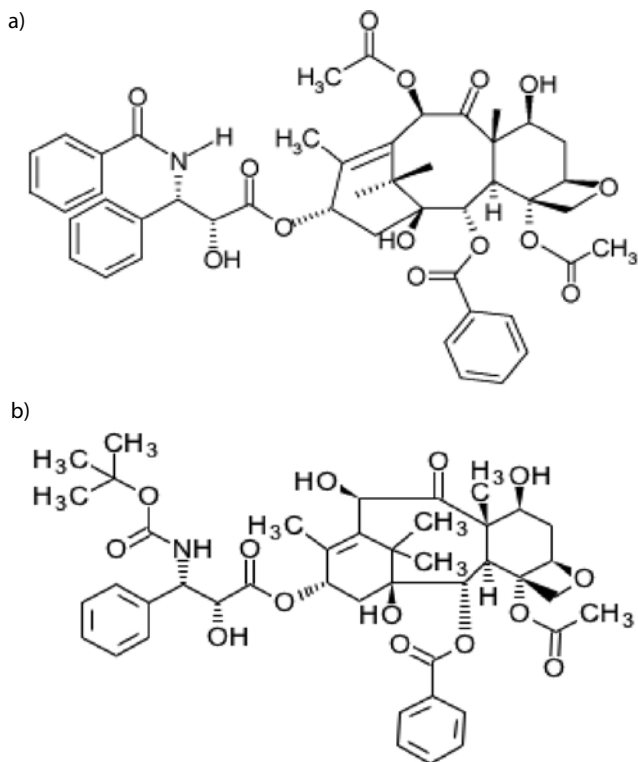


Figura 3. Compuestos con actividad anticancerígena aislados y derivados de *Taxus brevifolia*, a) taxol; b) docetaxel un derivado semisintético (Ohtsu et al., 2003).

Los mecanismos de acción de los compuestos activos de esta planta están bien definidos. Se conoce que Podofilotoxina se liga a la Tubulina y deteriora la formación de los microtúbulos, mientras la depolimerización continúa. El equilibrio entre Tubulina y microtúbulos es alterado y la división celular es inhibida. Mientras que el Etopósido, Tenipósido y Etopofos inducen una obstrucción premitótica en la fase tardía S y la fase temprana G2 del ciclo celular, dando lugar a la unión del fármaco a la Topoisomerasa II, una enzima requerida para desenrollar el ADN durante la replicación. Esta enzima rompe el doble filamento del ADN y permite que ambos extremos giren libremente dentro de la enzima. Esto ocasiona que el ADN se desarrolle. La enzima entonces vuelve a conectar los dos extremos que salen de una sección de ADN relajada lista para procesar. Etopósido forma un complejo que estabiliza la unión topoisomerasa II-ADN impidiendo la reparación del doble filamento (8). El primer inhibidor de este complejo identificado fue Etopósido y éste ganó la aprobación de la FDA en 1983.

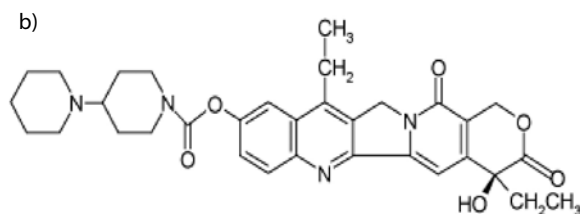
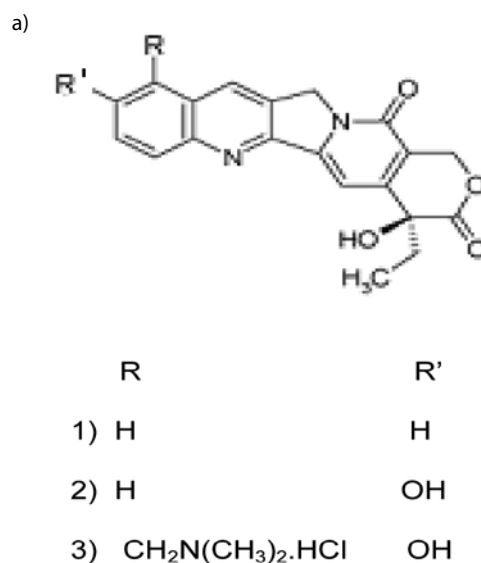


Figura 4. Estructuras de los principales fármacos obtenidos a partir de *Camptotheca acuminata* a) 1: camptotecina, 2: 10-hidroxycamptotecina, 3: topotecan y b) irinotecan (Lee, 2004).





*Taxus brevifolia*

Al igual que los alcaloides de la Vinca y Podofilotoxina, el mecanismo de acción del Taxol y sus derivados es antimitótico (9). Los taxanos ejercen su actividad antineoplásica uniéndose y estabilizando paquetes microtubulares no funcionales, bloqueando el desarrollo normal del huso mitótico y la división celular subsecuente.

Taxol induce polimerización de los microtúbulos creando uniones estables no funcionales que impiden la posterior depolimerización, interfiriendo con la división normal de la célula y los procesos que se desarrollan en la interfase. Estudios de proafinidad han indicado que el Taxol se une a la subunidad  $\beta$ -Tubulina, específicamente en el N-terminal del amino ácido 1-31 y residuos 217-233.

#### **d) *Camptotheca acuminata***

*Camptotheca acuminata* Decainse (Nyssaceae), es un árbol ornamental nativo de China cuyo nombre común es Xi Shu (árbol de la felicidad o happytree) (10). De esta especie se han aislado alcaloides como camptotecina y 10-hidroxicamptotecina (Figura 4a), mismos que han mostrado una potente actividad anticancerígena.

Estos alcaloides han sido utilizados en el tratamiento de cáncer gástrico, rectal, de colon, vejiga, hígado y cuello. Adicionalmente, se han generado algunos derivados sintéticos como el Irinotecan (Figura 4b) y Topotecan (Figura 4a) (11).

*Camptotecina* fue descubierto por Monroe E. Wall y Wani en 1958 y su estructura fue completamente elucidada en 1966 por estos mismos investigadores (12). Al ser un alcaloide poco soluble en agua se complicó su estudio clínico, por lo cual en los primeros ensayos se utilizó una sal de sodio soluble en agua, pero esto tuvo como consecuencia altos niveles de toxicidad relacionados al tratamiento, incluyendo cistitis hemorrágica y mielotoxicidad (12).

Actualmente, se conocen dos derivados importantes aprobados por la FDA en 1996: a) Irinotecan, utilizado en el tratamiento de cáncer colorrectal y b) Topotecan, en el tratamiento de cáncer de pulmón de células pequeñas y de ovario (13, 14). Así mismo, 10-Hidroxicamptotecina, un derivado de *Camptotecina*, ha mostrado su eficacia contra cáncer de pulmón, pecho y cáncer cervical uterino (14).

*Camptotecina* y sus derivados, actúan inhibiendo la topoisomerasa I (topo I) del ADN humano (15). La topoisomerasa I es una enzima esencial en los procesos de replicación y transcripción del ADN. La actividad catalítica de esta enzima consiste en un proceso de 3 pasos: 1) apertura de una hebra de ADN, cortando el esqueleto fosfodiéster del ADN en modo independiente del ATP; 2) enlazamiento covalente a la cadena "rota" (reacción de hendidura) con la formación de un nuevo segmento de ADN y 3) re-enrollamiento de la hebra rota y su disociación de la molécula de ADN (14).

La *Camptotecina* y sus compuestos análogos inhiben este proceso enlazándose al complejo covalente Topo I-ADN, formando así el complejo CPT-topo I-ADN, para inhibir el proceso de religamiento e impedir así el re-enrollamiento de la hebra de ADN. De esta manera se detiene el proceso de división celular lo cual termina en la muerte de la célula (15).



## CONCLUSIONES

En la actualidad el interés por el descubrimiento de nuevos compuestos presentes en organismos vivos, especialmente en plantas medicinales, va en aumento, los resultados hasta hoy obtenidos muestran que este campo de la ciencia tiene grandes expectativas en la solución al gran problema de salud que representa el cáncer. Muchos de los compuestos anticancerígenos comercialmente disponibles han tenido su origen en la investigación de las plantas y están contribuyendo de manera importante en el tratamiento de diversos tipos de cáncer. Como sabemos en Latinoamérica y en México en particular existe una gran tradición en el uso de las plantas medicinales, por lo que se tiene una gran oportunidad para explorar estos recursos naturales. En la Universidad de Sonora, existen diversos esfuerzos por investigar las plantas regionales con uso anticancerígeno. El cuerpo académico de Biología y Bioquímica, lleva a cabo con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología un proyecto para la búsqueda de compuestos contra el cáncer basado en la etnofarmacopea sonorense, los primeros resultados son promisorios y nos demuestran que las plantas como organismos son un excelente sistema biológico para la producción de este tipo de compuestos.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) World Health Organization. 2007. Fight Against Cancer. WHO Publications
- 2) Ocegueda S, Moreno E, Koleff P. (2005) Plantas utilizadas en la medicina tradicional y su identificación científica. *Biodiversitas*. 26:12-16.
- 3) Azcón JB, Talón M. (2000) Fundamentos de fisiología vegetal. Ed. McGraw-Hill.
- 4) Ravelo AG, Estévez AB, Chávez HO, Pérez ES, Mesa DS. (2004) Recent studies on natural products as anticancer agents. *Current Topics in Medicinal Chemistry*. 4:241-265.
- 5) Heijden R, Jacobs DI, Snoeijer W, Hallard D, Verpoorte R. (2004) The *Cataranthus* alkaloids: pharmacognosy and biotechnology. *Current Medicinal Chemistry*. 11:607-628.
- 6) Jordan MA. (2002) Mechanism of action of antitumor drugs that interact with microtubules and tubulin. *Current Medicinal Chemistry-Anticancer agents*. 2:1-17.
- 7) Gordaliza M, García PA, Miguel del Corral JM, Castro MA, Gómez Zurita MA. (2004) Podophyllotoxin: distribution, sources, applications and new cytotoxic derivatives. *Toxicol*. 44:441-459.
- 8) Farkya S, Bisaria VS, Srivastava AK. (2004) Biotechnological aspects of the production of the anticancer drug podophyllotoxin. *Appl Microbiology Biotechnology*. 65:504-519.
- 9) Ohtsu H, Nakanishi Y, Bastow KI, Lee FY, Lee KH. (2003) Antitumor agents 216. Synthesis and evaluation of paclitaxel-camptothecin conjugates as novel cytotoxic agents. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*. 11:1851-1857.
- 10) Sriram D, Yogeewari P, Thirumurugan R, Bal TR. (2005) Camptothecin and its analogues: a review on their chemotherapeutic potential. *Natural Product Research*. 19:393-412.
- 11) Kong JM, Goh NK, Chia LS, Chia TI. (2003) Recent advances in traditional plant drugs and orchids. *Acta Pharmacologica Sinica*. 24: 7-21
- 12) Lorence A, Bolivar FM, Nessler CL. (2004) Camptothecin and 10-hidroxicamptothecin from *Camptotheca acuminata* hairy roots. *Plant Cell Reports*. 22:437-441.
- 13) Lee KH. (2004) Current developments in the discovery and design of new drug candidates from plant natural product lead. *Journal of Natural Product*. 67:272-283.
- 14) Yan XF, Wang Y, Zhang YH, Yu T, Fang MA, Shi-Jie JU, Chen S. (2005) Tissue specific and developmental regulation of camptothecin and 10-hydroxicamptothecin levels in *Camptotheca acuminata*. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. 46:325-331.
- 15) Meléndez GC, Kouznetsov V. (2005) Alcaloides quinolínicos: importancia biológica y esfuerzos sintéticos. *Universitas Scientiarum*. 10:5-18.



## REDES NEURONALES: UNA PROPUESTA PARA EL CONTROL DE UN ROBOT INDUSTRIAL

JESÚS HORACIO PACHECO RAMIREZ, NUN PITALÚA DÍAZ

La robótica juega un papel importante en los procesos industriales, se utilizan robots en tareas que requieren un gran esfuerzo o que por su naturaleza resultan peligrosas. El control de robots no debe limitarse a las técnicas convencionales ya que cuando existen errores por mínimos que sean, causan demoras en el proceso, deterioro de la calidad de los productos y otros inconvenientes.

En este trabajo se expone una propuesta de control para un robot industrial, utilizando redes neuronales. Se realiza un análisis de los métodos más utilizados en la actualidad para programar un robot industrial y se compara con el paradigma de redes neuronales artificiales. Se propone una red neuronal sencilla para el control de cada eje del robot con el fin de que éste reaccione de manera eficiente ante una eventualidad, es decir, que ajuste su posición o tipo de movimiento para anular el error. Finalmente se da un ejemplo de aplicación para resolver un problema típico de soldadura encontrado en la industria.

M.C. JESÚS HORACIO PACHECO RAMIREZ,  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Correo: jpacheco@industrial.uson.mx  
DR. NUN PITALÚA DÍAZ,  
DR. Departamento de Ingeniería Industrial  
Correo: npitalua@industrial.uson.mx

## ¿QUÉ ES UN ROBOT INDUSTRIAL?

Un robot industrial se define, según la Organización Internacional de Estándares (ISO), como un "manipulador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad capaz de manipular materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas". El hecho de que sus trayectorias sean programables indica que es posible controlarlas.

Debido al auge que ha cobrado la robótica en la industria los últimos años, surge la necesidad de contar con nuevos y mejores métodos de control que se adapten a las exigencias del ambiente en que se encuentra el robot.

## CONTROL DE UN ROBOT MEDIANTE PROGRAMACIÓN EXPLÍCITA

En la actualidad se utilizan principalmente dos maneras de programar un robot [7] para controlarlo, mediante el uso del programador portátil (Teach Pendant) y mediante un lenguaje de programación con carácter explícito textual.

Utilizando el Teach Pendant es posible programar al robot punto a punto por la trayectoria requerida. Cada punto se graba en la memoria del controlador del robot junto con una serie de parámetros que indican su velocidad, precisión, si se activará una señal de salida o si se esperará una señal de entrada. Este tipo de programación es el más típico en la industria debido a que es fácil y rápido de realizar.

Por otra parte están los lenguajes de programación explícita textual, donde las acciones que realizará el robot se especifican mediante las instrucciones propias de cada lenguaje. En este tipo de programación, la trayectoria del robot se calcula matemáticamente evitando posibles errores de apreciación que son frecuentes cuando se utiliza el Teach Pendant. En la industria es menos frecuente utilizar este tipo de programación ya que requiere de cálculos matemáticos que en ocasiones son complejos, provocando que el proceso sea más lento.

Una vez programado el robot mediante cualquiera de los métodos, se realizan ciclos repetitivos en aplicaciones como corte, soldadura o manipulación de piezas. Estos tipos de control presentan un problema y es que no les es posible adaptarse ante una eventualidad; por ejemplo, si una pieza está siendo cortada por uno de los extremos y por alguna contingencia se desplaza 10 mm de su lugar, el robot no podrá adaptarse a la nueva posición, por lo que será necesario reprogramarlo.

## REDES NEURONALES

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) son modelos simplificados de las Redes Neuronales Biológicas [1]. Tratan de extraer las excelentes capacidades del cerebro humano para resolver ciertos problemas complejos como visión, reconocimiento de patrones o control moto-sensorial. En la figura 1 se puede observar la representación esquemática de una RNA, también llamada neuro-computadora, red conexionista, procesador paralelo distribuido, etcétera; es un procesador paralelo distribuido y masivamente interconectado que almacena conocimiento experimental.

Las RNAs presentan las siguientes características:

- . El conocimiento es adquirido experimentalmente.
- . Los pesos (ganancias) de interconexión (sinapsis) varían constantemente.
- . El procesador neuronal es no lineal y por lo tanto la RNA también lo es.
- . Aprende una transformación Entrada / Salida.
- . Tiene la capacidad de adaptar sus parámetros aun en tiempo real.

Debido a la interconexión masiva, la falla de una conexión no daña seriamente el funcionamiento de la red.

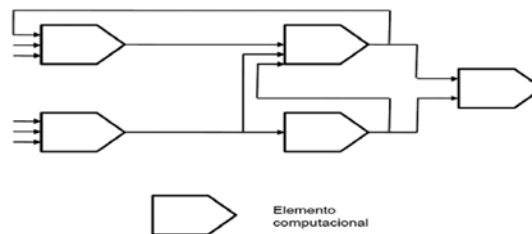


Figura 1. Esquema de una RNA

Todo el conocimiento que posee la RNA es colocado en la sinapsis [1], es decir, los pesos de las conexiones entre neuronas. Las sinapsis entre neuronas se representan matemáticamente como matrices. Una vez que el conocimiento es presentado mediante un patrón de entrada en los pesos sinápticos de la red, se producirá una salida correcta. La red adquiere el conocimiento mediante su entrenamiento. Los patrones de asociación le son presentados en secuencia y los pesos se ajustan para capturar ese conocimiento.

Cuando un patrón de entrada a la red está fuera de los límites o varía abruptamente de acuerdo a los patrones previamente presentados [2], la RNA trata de ajustar sus pesos de una manera rápida para que el error entre el patrón actual y los anteriores sea disminuido lo antes posible, es decir, ante una eventualidad la RNA se ajustará de manera autónoma modificándose a sí misma para adaptarse a la eventualidad.

## REDES NEURONALES CONTRA PROGRAMACIÓN EXPLÍCITA

El paradigma de programación empleando RNAs es útil cuando se requiere una adaptación a circunstancias inciertas; en cambio, con la programación explícita, se deben considerar todas las posibles eventualidades para poder adaptarse a cada una de ellas; aun así, considerando todas las posibles variables que intervienen en el proceso, no resulta viable hacer un programa tan extenso por el tiempo que implica su programación, el espacio que requiere y el tiempo de respuesta del programa mismo, ya que debe interrogar a cada momento si se presentó una eventualidad.

El proceso de entrenamiento de una RNA permite que ésta aprenda un patrón de comportamiento, y mientras más se presente dicho patrón o las variaciones no sean abruptas, el tiempo de respuesta de la red será muy corto. Cuando se presenta una variación significativa en el patrón de entrada, la red lo detecta y se reprograma para adaptarse a dicha variación. Esta adaptación tiene una demora en ocasiones significativa; sin embargo, después de esto regresa al punto donde el tiempo de respuesta es muy corto.

La ventaja principal de una RNA sobre programación explícita es que se adapta automática y óptimamente a los nuevos patrones de entrada para proporcionar una salida adecuada, aunado a esto, una vez que la red ha sido entrenada, la respuesta de ésta es prácticamente en tiempo real.

Utilizar control inteligente a través de redes neuronales implica que el funcionamiento es más eficiente requiriéndose así menos energía para controlar los motores ya que no se invierte tanto tiempo para reprogramar el robot. Otra de las bondades al ahorrar tiempo en los procesos es que los mecanismos móviles del robot como engranes, bandas, poleas, rodamientos, etcétera, se desgastan menos por lo cual se extiende la vida útil.

## CONTROL DE UN ROBOT INDUSTRIAL UTILIZANDO REDES NEURONALES

Cada eje de un robot industrial se puede controlar por separado utilizando redes neuronales artificiales. La idea es que para cada eje se tengan patrones de entrada que entrenen una red, la cual dará un patrón de variación a la salida. Cuando el patrón de entrada a la red sea constante o con poca variación, la salida de la red será cero. Cuando exista una variación importante (dada por la aplicación), la red tendrá una salida positiva o negativa dependiendo de dicha variación, esta salida irá en decremento hasta estabilizarse y llegar a cero de nuevo, lo cual significa que se ajustó el patrón de entrada y ya no existe la condición que generó el error.

El ajuste en los patrones de entrada se da modificando la posición o trayectoria del robot para llegar al punto donde el patrón de entrada sea el mismo y la variación sea mínima.

La figura 2 muestra un diagrama de bloques [3], propuesto para el control de un grado de libertad para un robot industrial. Donde las entradas representan el valor del encoder relacionado a un eje y la distancia que existe entre el punto programado y la pieza a manipular. La salida es usada para ajustar la posición del eje en caso de ser necesario.

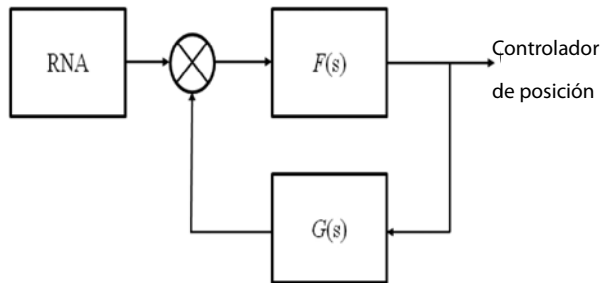


Figura 2. Diagrama de bloques para control utilizando una RNA

Una aplicación para este control es en el proceso de soldadura realizada por un robot industrial. Cuando se realiza este trabajo pueden ocurrir una serie de eventos fuera del proceso para el cual está programado el robot. Estos eventos causan que la soldadura se desvíe, quede porosa, muy por encima del lugar en que debiera estar o muy por debajo, de tal forma que corte el material en lugar de soldarlo. Con el uso del control por RNA es posible ajustar el movimiento del robot para que rectifique la trayectoria, regule su velocidad o mantenga su altura respecto al material.

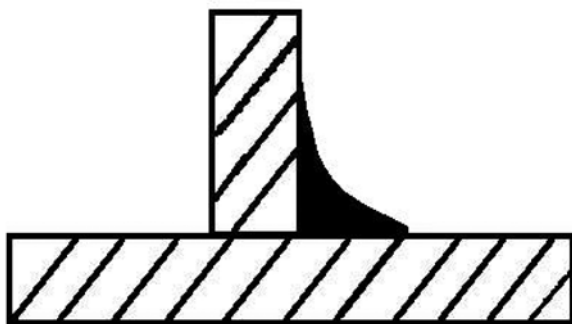


Figura 3. Soldadura en borde o bisel



Para este caso en específico, se puede suponer que se realiza una soldadura en el bisel de una pieza como se muestra en la figura 3, a 5 mm de éste con una velocidad constante.

La posición de altura del robot es registrada por el encoder y se guarda en el programa, como la distancia entre el robot y la pieza es conocida, la red se comienza a alimentar con los patrones medidos, es decir, las entradas a la red son el valor del encoder y la variación entre la distancia que debería haber y la que realmente existe, esto se calcula como se muestra en la ecuación 1.

$$Dy = y_2 - y_1$$

Donde  $Dy$  representa la variación de la distancia,  $y_2$  representa el valor medido entre el robot y la pieza, mientras que  $y_1$  representa el valor de la distancia que debería haber. El valor de salida deseado para la red es cero.

La figura 4 muestra la RNA propuesta para realizar la operación de ajuste. La salida de la red altera el valor del encoder para que el robot ajuste su posición y pueda mantener así la distancia correcta. Mediante este ajuste en el valor del encoder se obtiene una salida deseada.

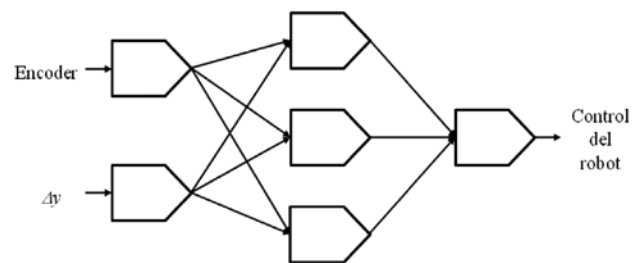


Figura 4. RNA propuesta para ajuste de control



Como se puede observar, en el diagrama de la figura 4, la RNA consta de dos neuronas en la capa de entrada, tres en la capa oculta y una en la capa de salida. La idea principal es enmascarar el valor del encoder para que el control del robot trate de ajustar su posición de manera automática, en este sentido Dy funciona como un nivel de ajuste neuronal para el enmascaramiento.

## CONCLUSIONES

La robótica juega un papel importante en los procesos industriales, se utilizan robots en tareas que requieren un gran esfuerzo o que por su naturaleza resultan peligrosas. El control de robots no debe limitarse a las técnicas convencionales ya que cuando existen errores por mínimos que sean, causan demoras en el proceso, deterioro de la calidad de los productos y, otros inconvenientes.

El uso de la inteligencia artificial para el control de robots industriales se ha limitado a utilizarlos como agentes inteligentes reactivos y colaborativos, sin embargo no se ha incursionado en buscar nuevos métodos para la reducción de errores sobre todo en posicionamiento. La alternativa presentada en este trabajo tiene algunas ventajas sobre el control tradicional, la principal de ellas es que no requiere una reprogramación dada una contingencia ya que la red neuronal ajusta sus parámetros de manera automática para corregir el error que se presentó.

El presente trabajo se desarrolla actualmente en los laboratorios del Programa Educativo de Ingeniería Mecatrónica del Departamento de Ingeniería Industrial y forma parte de una investigación respecto al control inteligente de robots industriales que se está llevando a cabo por miembros de la academia de Mecatrónica. Con esta investigación se buscan nuevas y mejores formas de controlar los automatismos industriales para así contribuir, en alguna medida, al cuidado del ambiente, además de generar tecnología de punta en el estado de Sonora.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Sánchez E., Alanis A. Redes neuronales: Conceptos fundamentales y aplicaciones a control automático. Pearson/Prentice Hall; 2006.
- 2) Blum, A. Neural Networks in C++, an object-oriented framework for building connectionist systems. New Jersey: Wiley; 1992.
- 3) Kuo, B. Sistemas de control automático, 7ª Ed. Prentice Hall; 1996.
- 4) Ogata, K. Ingeniería de control moderna, 3ª Ed. Prentice Hall; 1998.
- 5) Haykin, S. Kalman Filtering and Neural Networks. New York: John Wiley & Sons, Inc; 2001.
- 6) Hush D.R., Horne, B. Efficient algorithms for function approximation with piecewise linear sigmoidal networks. IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 9, No. 6, pp. 1129-1141; 1998.
- 7) Rentería, A., Rivas M. Robótica Industrial: Fundamentos y aplicaciones. Mc Graw Hill / Interamericana; 2000.
- 8) Kapor, V., Singh, S. Fuzzy Application to the Analytic Hierarchy Process for Robot Selection. Fuzzy Optimization and Decision Making , vol. 4, No. 3, pp. 209-234; 2005.
- 9) Agrawal, V. P., Khojl V., Gupta, S. Computer Aided Robot Selection: The Multiple Attribute Decision Making Approach. International Journal of Production Research No. 29, pp. 1629-1644; 1991.
- 10) Osypiuk R., Finkemeyer Bernard. Forward-model-based control system for robot manipulators. Robotica, No. 2, vol. 22, pp. 155-161; 2004.



## LOS DESASTRES NATURALES: LO QUE LA SOCIEDAD DEBE SABER PARA ENFRENTALOS

*No es la especie más fuerte la que sobrevive,  
tampoco la más inteligente,  
sino la que mejor responde al cambio.*

Charles Darwin

JOSÉ F. LONGORIA TREVIÑO

En la última década los desastres naturales tales como terremotos, inundaciones y huracanes han matado varios millones de personas en el planeta; el promedio anual de pérdidas de vida ha sido estimado en 150,000. Los costos financieros de los desastres naturales excede los 50 mil millones de dólares por año, eso es, sin incluir las pérdidas sociales tales como la pérdida de empleo, la angustia mental y, la reducida productividad. Solamente dos desastres, la inundación causada por el ciclón de Bangladesh en 1970 y el terremoto de China de 1975 sumaron 600,000 vidas. El tsunami del Océano Índico del 2004 cobró 200,000 vidas y otro ciclón en Bangladesh en 1991 cobró 145,000. Es evidente que el impacto de estos eventos ha incrementado como resultado del aumento de la población humana que ahora se pone en el camino de los procesos y fenómenos naturales.

DR. JOSÉ F. LONGORIA TREVIÑO

Earth and Environmental Sciences Department Florida International University. Correo:longoria@fiu.edu.

Obtuvo su grado de doctor en geociencias por la Universidad de Texas en Dallas. Tiene estudios de post doctorado en la Academia Polaca de Ciencias. Ha sido profesor e investigador de diferentes instituciones Mexicanas y extranjeras (Estados Unidos y Europa), en la actualidad se desempeña como 'Profesor de tiempo completo' en el Departamento de Ciencias Ambientales y de la Tierra, en donde ha sido responsable del Laboratorio de Desastres Naturales, y ha desarrollado los cursos de Desastres Naturales y Geología Ambiental. Sus investigaciones se centran en la cartografía regional enfocada al análisis del peligro y riesgo de desastres naturales. Su proyecto actual se enfoca en la elaboración de mapas de vulnerabilidad a desastres naturales de varias poblaciones en el Este y Norte de México.

## ¿QUE ES UN DESASTRE NATURAL?

Un desastre natural es todo fenómeno natural, es decir, originado por los procesos internos y externos del planeta Tierra, que amenaza la estabilidad socio-económica y que potencialmente puede interrumpir el desarrollo sustentable de una región.<sup>1</sup> Los desastres naturales son fenómenos y procesos geológicos que han existido a través de toda la historia de la Tierra, sin los relámpagos, los terremotos y los volcanes el planeta Tierra no tuviera las condiciones habitables que disfrutamos en la actualidad, ya que son los fenómenos geológicos a los que debemos la existencia de las condiciones favorables para el desarrollo de la vida y el éxito de la humanidad. Dada la explosión demográfica actual y el hecho de que los humanos han incursionado en prácticamente todos los sistemas terrestres es evidente que esos fenómenos y procesos geológicos se han convertido ahora en una amenaza y un reto para el futuro de la humanidad y constantemente amenazan las megatendencias de la humanidad y su misma existencia (figura 1). Es fundamental tener un entendimiento claro de los desastres naturales, tanto su funcionamiento como los mecanismos que los inician y que los ponen en marcha. Por lo mismo, el conocimiento de los procesos y fenómenos geológicos debe de considerarse en la planificación de las actividades humanas, desde el urbanismo hasta el desarrollo de infraestructura civil, por lo que el conocer los fenómenos geológicos debe de jugar un papel integral en la planificación de las urbanizaciones y el desarrollo sustentable de las regiones. Ante todo debemos de admitir que vivimos en este planeta Tierra por consentimiento geológico! Todas las tendencias indican que la humanidad enfrentará en los próximos 20 años constantes embates de la naturaleza, los desastres naturales serán parte de nuestra rutina. El presente artículo se escribió pensando en que la sociedad en general debe de estar mejor preparada para enfrentar los desastres naturales ya que una sociedad en general y a la vez informada estará mejor preparada para enfrentar futuros desastres naturales, tales como el Huracán Jimena que durante la preparación de esta nota embistió las costas de Baja California y de Sonora con resultados catastróficos. Hasta el 11 de Septiembre de 209 habían ocurrido diez tormentas tropicales en el Pacífico.

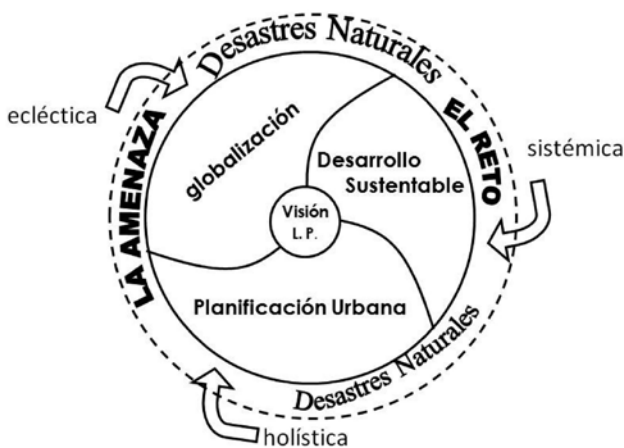


Figura 1

## EL ORIGEN DE LOS DESASTRES NATURALES

La visión sistémica de los desastres naturales: Los desastres naturales tienen su origen en la dinámica de la Tierra ya que son el resultado de la interacción de los sistemas terrestres y deben de manejarse desde un enfoque científico-técnico, reconociendo que su gestión

necesita de una visión holística, como un Sistema, por lo que se debe tener una perspectiva sistémica (figura 1). Los sistemas terrestres están definidos por el estado físico de la materia, así los principales sistemas terrestres incluyen: (1) los sistemas geosféricos que tratan con el estado sólido; (2) los sistemas atmosféricos, que tratan con la parte gaseosa del planeta; (3) los sistemas hidrosféricos que tienen que ver con la fase líquida del planeta; (4) los sistemas biosféricos que tratan con el contenido biótico del planeta; (5) los sistemas exosféricos, que tienen que ver con el espacio sideral; (6) los sistemas antropogénicos los cuales resultan de las actividades humanas y su influencia en procesos del planeta Tierra (Figura 2), es decir, son fenómenos o eventos que son disparados, modificados, o influenciados por las actividades y acciones de la humanidad.

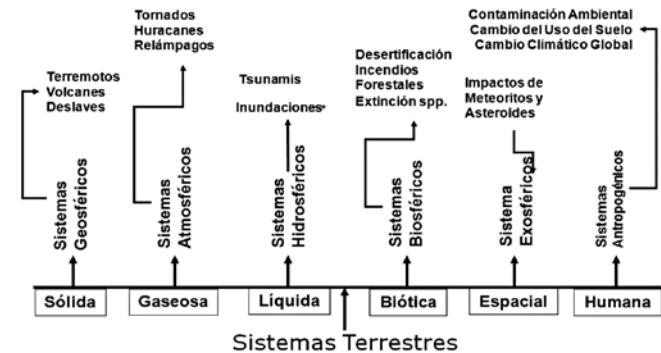


Figura 2

Los sistemas desastres naturales tienen las siguientes características en común: (1) una estructura definida por sus partes o componentes; (2) son generalizaciones de la realidad; (3) tienden a funcionar de la misma manera cada vez que ocurren; (4) los diversos componentes de un sistema tienen relaciones funcionales y estructurales entre cada uno de ellos; (5) las relaciones funcionales de las partes o componentes indican el flujo y/o transferencia de energía y/o materia; (6) las relaciones funcionales de un sistema se llevan a cabo debido a que existe un mecanismo en común que los dispara o inicia; (7) las partes o componentes del sistema desastre natural funcionan en conjunto, es decir las partes trabajan juntas.

La tectónica de placas: la capa más externa del planeta, la litosfera, aunque sólida, esta partida en grandes fragmentos que denominamos placas, estas placas litosféricas o tectónicas, actúan de manera independiente una de otra, pero se rigen por la dinámica del interior del planeta, sobre todo de la dinámica del manto terrestre que está formado por magma, o roca fundida, en constante ebullición lo cual resulta en las corrientes de convección que al final son los mecanismos que hacen que las placas se muevan. El resultado es que vivimos en un planeta en constante transformación, con la generación de nueva corteza y al mismo tiempo con su destrucción, o simplemente con el roce entre dos placas delimitadas por una falla geológica, como lo es el caso de la falla de San Andrés en California.

Ubicación en el Sistema Solar: la Tierra es el tercer planeta del Sol, esta situación espacial de la Tierra en el Sistema Solar le da sus características únicas, es decir, ni muy caliente ni muy frío, lo cual resulta en que habitamos un planeta único, en razón a que es el único en el Sistema Solar que tiene las condiciones propicias para sustentar la vida, es decir, contiene una capa de ozono que nos protege de la exposición masiva a los rayos ultravioleta del Sol y una campo geomagnético que sirve de escudo protector contra las emanaciones del Sol. También, la existencia de oxígeno libre, de agua y de vida, influencia la dinámica la Tierra. Los procesos geológicos que ocurren en la Tierra son por lo general cíclicos.



Las influencias antropogénicas: es decir, la influencia que los humanos y sus actividades tienen sobre los cambios que vemos en el planeta, por ejemplo, el cambio climático global. Es evidente que las urbanizaciones se ponen cada vez más en el camino de los fenómenos naturales, unido esto a la explosión demográfica y la invasión de todos los ecosistemas existentes en el planeta Tierra; cabe señalar que los humanos son solamente igualados por los dinosaurios en el hecho, pues como ellos, habitamos todos los ambientes naturales existentes en el planeta. Con esto, se demuestra que los humanos hemos cambiado drásticamente el uso del suelo así como afectado dramáticamente la biodiversidad. Todos estos son, sin lugar a dudas, efectos directos de la actividad humana en los procesos naturales, ejemplos de ello son: el calentamiento global y la desertización. A medida que la urbanización se ha puesto más y más en el camino de esos procesos naturales, éstos se han convertido en los villanos o las grandes amenazas a la estabilidad socio-económica de la humanidad; el futuro mismo de la humanidad depende en gran medida de la manera como se conozca y finalmente se maneje el estudio de los desastres naturales.

Los procesos y fenómenos geológicos se consideran como desastres sólo cuando amenazan la vida humana, la salud o intereses de la humanidad ya sea en forma directa o indirecta. Se adopta un enfoque antropocéntrico (centrado en los humanos) para estudiar y manejar o gestionar los desastres naturales y los peligros geológicos. Esto es normal si se toma en cuenta que los esfuerzos de los gobiernos se centran en la protección de vidas humanas y sus propiedades; desafortunadamente ese enfoque tiene implicaciones negativas pues puede llegar, como parece ser que lo está haciendo, a señalar a los desastres naturales como los enemigos, o los villanos con la consecuente manipulación de los esfuerzos por entender los fenómenos naturales que han regido, y seguirán rigiendo, la existencia y evolución del planeta Tierra como lo han hecho desde sus inicios. En contraposición de ese enfoque antropocéntrico está el enfoque científico, que es el que el autor de esta nota utiliza; el cual se enfoca en el mejoramiento del conocimiento y entendimiento científico de los fenómenos y procesos geológicos que son los mecanismos que disparan o generan lo que se ha dado por llamar desastres naturales. El autor considera que el procedimiento científico provee una base fundamental para la mejor preparación frente a un desastre natural y asegura la mejor toma de decisiones en el manejo o gestión de la emergencia.

## ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL ESTUDIO DE LOS DESASTRES NATURALES?

Un repaso a la incidencia de desastres naturales en los últimos quince años nos permite tener una idea clara del por qué es importante que la humanidad tenga un mejor entendimiento de lo que son y por qué ocurren los desastres naturales. Desde 1995 el planeta Tierra ha experimentado devastadores fenómenos naturales, se pueden mencionar: (1) Un devastador tsunami en el Océano Índico, el cual fue generado por uno de los cinco terremotos más grandes que se hayan registrado en la historia escrita; (2) Las inundaciones catastróficas de Venezuela, Bangladesh, y de Europa central; (3) El episodio El Niño más fuerte, los terremotos mortales de la India, Irán y Turquía; (4) En las Américas se vivió el huracán de categoría 5 más destructor que afectó tanto a los Estados Unidos como a Guatemala y Honduras; (5) En Arizona y California se registraron incendios forestales tan devastadores que rompieron todos los registros hasta la fecha existentes; (6) Los tornados más violentos en la historia del estado de Oklahoma; (7) Un registro sin igual de cuatro huracanes en seis semanas en Florida y las Carolinas; (8) Una tormenta de hielo que paralizó a Nueva Inglaterra y a la provincia de Quebec en Canadá; (9) En Nebraska se estableció el record de granizada; (10) El registro más evidente del calentamiento climático de Alaska y del norte de Canadá.

En la última década los desastres naturales tales como terremotos, inundaciones y huracanes han matado varios millones de gentes en el planeta; el promedio anual de pérdidas de vida ha sido estimado en 150,000. Los costos financieros de los desastres naturales excede los 50 mil millones de dólares por año, eso es, sin incluir las pérdidas sociales tales como la pérdida de empleo, la angustia mental y, la reducida productividad. Solamente dos desastres, la inundación causada por el ciclón de Bangladesh en 1970 y el terremoto de China de 1975 sumaron 600,000 vidas. El tsunami del Océano Índico del 2004 cobró 200,000 vidas y otro ciclón en Bangladesh en 1991 cobró 145,000 vidas. El terremoto de la ciudad de Kobe, Japón, de 1995, cobró más de 5,000 vidas y destruyó edificios que causaron una pérdida de más de 100 mil millones de dólares.

Es evidente que el impacto de éstos eventos ha incrementado como resultado de la explosión demográfica, es decir, el aumento de la población humana que ahora se pone en el camino de los procesos y fenómenos naturales son vitales para el funcionamiento del planeta Tierra.

## ¿TENEMOS MÁS DESASTRES NATURALES EN LA ACTUALIDAD?

Con frecuencia nos preguntamos que si en la actualidad tenemos más desastres naturales, o es que en realidad la humanidad está mejor comunicada como resultado del avance de las tecnologías de información y comunicación. Es difícil contestar la pregunta, el avance de las comunicaciones es tal que la ocurrencia de un desastre natural en cualquier parte del mundo es inmediatamente conocido en el resto del planeta. Pero sabemos también que en la actualidad la urbanización se ha a puesto cada vez más en el camino de los procesos y fenómenos naturales de la dinámica del planeta Tierra, por lo mismo se sabe de más desastres naturales, pero deben de considerarse los siguientes factores:

Las inundaciones aumentan por el hecho de que tenemos lluvias anómalas, es decir llueve de mas en ciertas localidades y en otras no llueve lo suficiente. Esto aunado al hecho de que la humanidad tiende a olvidar los registros históricos de lluvias y también hay una tendencia marcada a ignorar la dinámica de un sistema fluvial, en particular los asentamientos en las planicies de inundación de los ríos, los humanos olvidamos que ese terreno lo ha preparado el río para su uso en caso de que la cantidad de agua que recibe en un tiempo dado exceda su cauce y esto le permita extenderse lateralmente. Otro caso de vulnerabilidad a inundaciones es la ocupación por parte de los humanos de los lechos secos de ríos. En ambos casos el uso de ese terreno por parte de los humanos es sólo temporal ya que los ríos en su momento reclamarán lo que es de ellos.

La circulación atmosférica y oceánica se han visto afectadas y ha resultado en los patrones anómalos de la distribución de las temperaturas mundiales.

El balance de energía del planeta se encuentra en desequilibrio de tal forma que se generan efectos de invernadero con inversiones térmicas frecuentes, por lo que la cantidad de calor producido por la energía solar que entra al planeta no equivale a la cantidad que sale o que se retiene, causando así un sobrecalentamiento, es decir el calentamiento global.

El ciclo del agua se ha visto afectado resultando en marcadas fluctuaciones de su disponibilidad, lo que implica que la cantidad de agua que circula de la atmósfera a la litosfera y de ahí de regreso a la hidrosfera y finalmente su almacenamiento en la biosfera sea interrumpido.

La actividad volcánica una vez que ha habido una erupción volcánica en la región es necesario hacer un inventario de la distribución de los materiales volcánicos emitidos por la erupción ya que da una idea de lo que podemos esperar en futuras erupciones.



La deformación de la corteza terrestre es un proceso geológico lento pero que su culminación conlleva a cambios del terreno y puede resultar en deslizamientos de masa.

La denudación es un proceso constante que conlleva a la inestabilidad de los taludes que pueden desencadenar deslizamiento de masa los cuales están controlados por la velocidad y la cantidad de agua que contienen.

### LA TERMINOLOGÍA USADA EN EL ANÁLISIS DE DESASTRES NATURALES

El objetivo principal del análisis de desastre es entender la relación causa-efecto de los fenómenos naturales para culminar en un análisis de la vulnerabilidad de las regiones y finalmente establecer un plan de mitigación, es decir, de preparar a la sociedad a sobre llevar un próximo evento (figura 3). Un vistazo a la literatura disponible sobre desastres naturales de México evidencia una fuente de confusión conceptual y de los procedimientos y maneras de ver los fenómenos naturales que aquí se denominan desastres naturales. Esta confusión ha conllevado a un mal uso de los términos y al mismo tiempo impide que su estudio sea efectivo, es fundamental tener una clara distinción entre lo que es la causa, el fenómeno y el efecto envueltos en la generación de un desastre natural. La falta de distinción entre esas tres ideas impide la diferenciación de los conceptos, de escala, de los resultados y las aplicaciones de los estudios de desastres naturales (Longoria2). Se debe distinguir entre el desastre natural, la amenaza, el peligro y el riesgo. Con respecto a la escala se hace énfasis en que ésta tiene que ver con la dimensión con la que ocurre el evento o fenómeno de tal forma que se debe diferenciar entre catástrofe, calamidad, cataclismo. El beneficio de esa aclaración de conceptos conduce a la separación entre lo que es un atlas de riesgos, la estimación del peligro y el análisis de desastres. Todo lo anterior conlleva a identificar las aplicaciones, es decir para que se llevó a cabo el análisis de desastres, las aplicaciones incluyen determinación de la vulnerabilidad, la cartografía de desastres, la prevención y la mitigación.

La secuencia evolutiva de un desastre natural se muestra en la figura 3. Se inicia como una perturbación del fenómeno, para pasar consecutivamente de amenaza, a peligro, riesgo y conducir a la vulnerabilidad de la sociedad al fenómeno. Esta vulnerabilidad genera una situación desastrosa que dependiendo la escala de la dimensión a la que se lleve a cabo resultará en una de los tres dimensiones (catástrofe, calamidad o cataclismo). Los resultados del estudio alimentan el Sistema Integral de Protección Civil de donde debe emanar la mitigación para futuros eventos con las fases de preparación y recuperación.



Figura 3

## LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE LOS DESASTRES NATURALES A LA PROTECCIÓN CIVIL

La aplicación directa del estudio de los desastres naturales es en la protección civil. El autor ha diseñado un Sistema Integral para el Manejo o Gestión de la Protección Civil (SIMPC) que se concibe como un conjunto de análisis, investigaciones y procedimientos que conlleva a conocer y determinar la vulnerabilidad de la sociedad y la urbanizaciones a los desastres naturales (figura 4). El SIMPC se ve organizado en dos subsistemas: (1) el subsistema del manejo del fenómeno es la parte técnico-académica que implica el conjunto de análisis e investigaciones que se realizan para evaluar el impacto de desastre en la sociedad. (2) el subsistema del manejo de la emergencia es el conjunto de procedimientos que conllevan a la respuesta después un evento. Un desastre natural debe tratarse como un fenómeno con un rango evolutivo (un continuum) que tiene una cronología bien definida en etapas conocidas como antes del evento, durante el evento y después del evento; cada una con una función específica en la protección civil (figura 5). La etapa antes del evento proporciona lo que

se tiene que hacer antes de que ocurra el desastre. La etapa durante el evento permite implementar métodos y prácticas para la preparación y la respuesta ante el desastre. La etapa después del evento arroja lo que se aprendió al haber experimentado el evento. La duración en tiempo de cada una de esas etapas cronológicas es muy variable dependiendo del evento de que se trate e incluso de evento a evento del mismo fenómeno o desastre. En el análisis de un desastre natural se reconocen cuatro fases que son la serie de actividades que se realizan durante cada una de las etapas: (a) La fase de prevención, (b) la fase de preparación, (c) la fase de respuesta, y (d) la fase de recuperación de la normalidad. Estas fases se atienden o estudian de manera independiente pero interrelacionadas a través de los dos subsistemas de la protección civil, es decir, al manejo del desastre le corresponden las fases a y b; y al manejo de la emergencia le competen las fases c y d (figura 5). De tal forma que en cada etapa, antes-durante y después del evento, se activan las fases de acciones obligadas correspondientes, así, en la etapa de pre-evento se activa la prevención y la preparación, mientras que en la fase durante el evento operan la preparación y la respuesta. En la etapa después del evento se activan todas las cuatro fases de un desastre (figuras 5, 6).



Figura 4

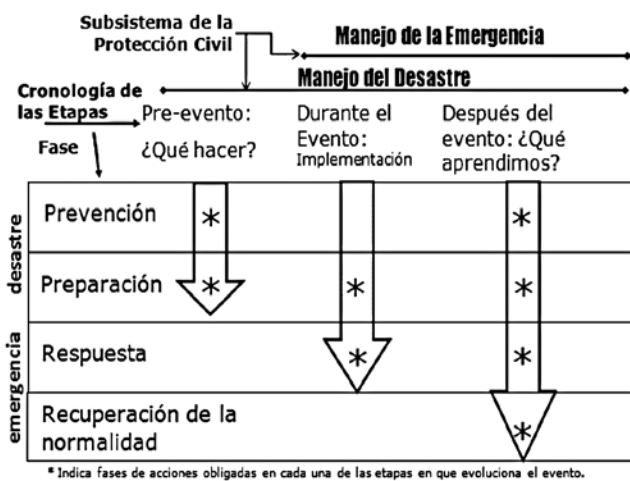


Figura 5

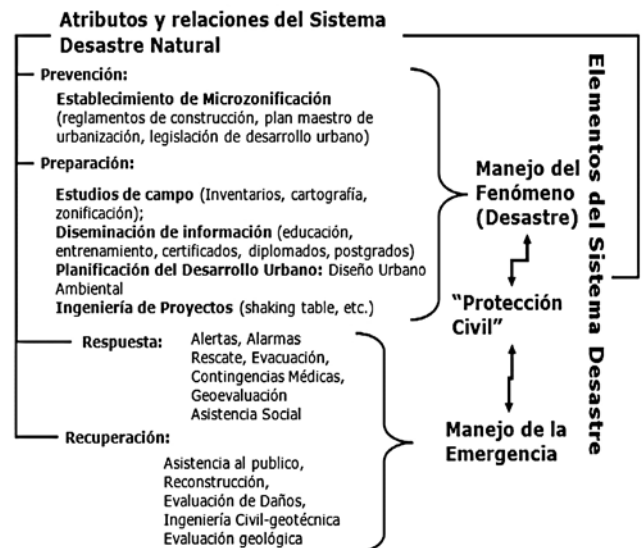


Figura 6



Los desastres naturales tienen tres propiedades fundamentales: Los elementos son las partes que lo componen, entre otros, las ciencias de la tierra, las ciencias sociales, la ingeniería-construcción, la tecnología de informática y comunicación. Los atributos son las contribuciones que cada elemento proporciona al sistema y que se pueden cuantificar y medir. Las relaciones son las asociaciones que existen entre los elementos y los atributos, es decir, la relación causa y efecto del sistema (figuras 6, 7).

### a) El manejo de la emergencia

Es uno de los dos elementos del sistema desastre natural y consiste de dos fases de acciones obligadas en la evolución del evento: la respuesta y la recuperación de la normalidad (figura 5).

La fase de respuesta se ejecuta sobre todo en las etapas de durante y después del evento, involucra mayoritariamente la asistencia social o humanitaria que incluye la implementación de alteras y alarmas; la evacuación; la identificación y puesta en marcha de refugios y/o albergues; el rescate de víctimas, las contingencias de salubridad (médicas) y la geoevaluación del impacto.

La fase de recuperación después de un desastre incluye la asistencia al público damnificado; la evaluación de los daños; la restauración de los servicios y las líneas de comunicación; la reconstrucción; la evaluación geológica y la ingeniería de construcción (geotécnica). En países donde se cuenta con un sistema de protección civil organizado, es decir, que considera no sólo el sistema de emergencia sino también el sistema desastre tal y como se muestra en la figura 6 logran la recuperación de una manera muy efectiva. En esos países existe una clara visualización de la función y necesidad de los dos subsistemas de la Protección Civil. En México, la protección civil se enfoca mayoritariamente a la emergencia y se descuida casi por completo el análisis de los desastres naturales. La fase de recuperación o vuelta a la normalidad ha de tener presente las lecciones aprendidas en los desastres anteriores, por lo menos los últimos dos más recientes. En el caso de México, antes de que la fase de reconstrucción pueda suceder se necesita ante todo la declaratoria del estado de emergencia, y de ahí poder acceder a los recursos del FONDEM. Aun así, es claro que en México falta mucho para lograr un

estado en el análisis de desastres que incluya el apoyo económico para la reconstrucción de las viviendas, por lo general el apoyo del FONDEM se aplica a infraestructura. Existen contados casos en los que la ayuda para la recuperación vaya más allá de ayuda humanitaria.

Los seguros de inmuebles es una opción que la gente debe de tomar en cuenta al momento de enfrentar desastres naturales. Los seguros para inmuebles deben de considerar el asentamiento geológico de la región, es decir, de acuerdo con la región en donde habitamos será el efecto más dominante, si vivimos en área cercana a la costa es evidente que los huracanes y las inundaciones son las amenazas, en regiones montañosas se deben de considerar los deslizamientos de masa y colapsos por subsidencia. En área de actividad sísmica y cercanía a volcanes activos o latentes, debe de ser ese un criterio primario para obtener la cobertura de seguro más adecuada. Siempre ha de considerarse el historial de desastres previos. En México quizás la única opción que mucha gente tiene es simplemente tener que pagar los costos de las pérdidas causadas por el desastre natural, viviendo siempre con la esperanza de que el desastre no ocurra, por lo que se toman los riesgos a un costo muy alto y se hace muy poco por tomar acciones de prevención. Esta es la actitud de la respuesta ante la inminente ocurrencia de un terremoto o de la erupción del Popo, el área de influencia del volcán en el área metropolitana del DF. y zonas adyacente en los estados de Puebla, México y Morelos. La misma situación enfrentaron los damnificados del Huracán Jimena, del pasado 3 de Septiembre, en Baja California y Sonora.

La evacuación, siempre que los datos técnicos del análisis de desastres lo requieran es necesario acatar las órdenes de evacuación ante la inminente llegada de un evento. Para esto, el análisis de desastres naturales conlleva al establecimiento previo de rutas y estrategias de evacuación, las autoridades competentes, en México Protección Civil, han de tener previstas las rutas más convenientes y los sitios, los refugios y, en su caso, alberges, para proceder adecuadamente con la evacuación. En ciertos desastres naturales tales como la llegada de huracanes o inundaciones, la gente debe de tener la actitud correcta de ajustarse a la evacuación. En muchos casos hay suficiente tiempo para evacuar a la gente en la amenaza de un huracán por lo que es recomendable estar

al tanto de las predicciones y las alertas, siguiendo correctamente las disposiciones y mensajes emitidos por las autoridades competentes en cada región. Sin embargo, la falta de aceptación de las disposiciones oficiales por parte de ciertos grupos de la población en peligro, hacen que la evacuación sea muy complicada. Por lo mismo la evacuación es un procedimiento complicado y debe de tomarse con toda la seriedad y responsabilidad del caso, de lo contrario sólo causara caos y el pánico entre la población.

## b) El manejo del desastre

Es otro elemento del sistema desastre natural y consiste de dos fases de acciones obligadas en la evolución del evento: la prevención y la preparación (figuras 5, 6).

La adaptación y minimización de los efectos de los desastres naturales. Siempre es necesario contar con un plan tanto individual como comunitario, pero claro está, que todo depende de la información disponible, comúnmente generada en los laboratorios donde se hace el análisis de desastres naturales. De esa manera, la gente en general puede lograr una mejor percepción de lo que es el desastre esperado y cómo reaccionar a su llegada. En los Estados Unidos se ha hecho mucho trabajo para lograr entender la manera en que la gente percibe los desastres naturales, esto se logra a través de la educación de las comunidades, que es un papel que debe de asumir el grupo de investigadores encargados del análisis del sistema desastre natural. Ese entendimiento es importante ya que el éxito de la educación sobre los efectos de los desastres naturales depende en gran medida de la actitud que tenga la gente que será afectada por el desastre. En México quizás se tenga o se esté logrando una buena percepción de los desastres naturales a nivel institucional, aun hay funcionarios de la CENAPRED que conciben que los desastres naturales no existen, sino que son ¡desastres humanos! (Roberto Quaa Weppen, en conferencia magistral, XXVI Congreso Anual del Colegio de Arquitectos, Xalapa, Ver.). Entonces, la diseminación de la correcta percepción en la población queda directamente limitada a la manera como las instituciones gubernamentales conciben los desastres naturales. Lo que sí se puede asegurar es que la falta de conocimiento de los que son los desastres naturales puede ser un factor que salve muchas vidas. Tal fue el caso del tsunami de Indonesia del 2004, en el cual, por falta de percepción de lo que es este fenómeno y la falta de conocimiento del público en general de los efectos que producen pudo ser la diferencia de salvar a

miles de gentes. Todos estos conocimientos que se adquieren a través del análisis de desastres naturales, además de coadyuvar en la emergencia, inciden directamente en los reglamentos de construcción y las leyes que rigen los estilos de las urbanizaciones. Los resultados de todos estos conocimientos se aplican directamente en la fase de recuperación.

El uso del suelo es un criterio ambiental muy fuerte en el ajuste a los desastres naturales. Los criterios del uso del suelo deben estar regidos por el asentamiento geológico del área por urbanizar, de ahí deben de derivarse los estilos arquitectónicos y de ingeniería civil aplicables a esa construcción en particular. Es de vital importancia conocer el ambiente físico (geológico) en el cual se asentará la urbanización. Con frecuencia se nota mas que urbanizaciones nuevas se establecen en los cauces de ríos que aparentan estar abandonados, asimismo, la ocupación de la planicie de inundación es otro defecto enorme en la ingeniería de construcción. Este es el caso de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, en donde gran parte de la urbanización está asentada en la planicie de inundación de sistema de hidrológico. La aplicación de una cartografía tendiente a la microzonificación del área por urbanizar es el mejor método para asegura el futuro de las urbanizaciones y minimizar el efecto de los futuros desastres naturales. Este procedimiento ha de emplearse en cualquiera de los desastres naturales ya sea que se trate de desastres relacionados con la litósfera, la hidrósfera, la atmósfera o la biósfera. Este conocimiento resultará en un plan de desarrollo urbano acorde con la naturaleza del ambiente físico (geológico) y ayudará a la ingeniería de construcción en el diseño de estilos de construcción más eficaces frente a los futuros desastres naturales.

La fase de preparación ante un desastre involucra los estudios de campo tendientes a la cartografía, la diseminación de la información, la planificación del desarrollo urbano y la ingeniería de proyectos. Ésta involucra el entrenamiento por adelantado de personal y de instituciones que en un momento dado puedan atender a muchos heridos y damnificados, o simplemente atender al número de gentes por evacuar. La implementación de un plan de preparación ante la amenaza de un desastre natural es una buena reacción tanto de individuos, como de familias, ciudades, estados y el país.

La fase de prevención incluye entre otros, los intentos de control artificial de los procesos naturales que generan los desastres. El método más eficaz de la prevención es la microzonificación (figura 8) la cual tiene su mejor impacto en la elaboración de reglamentos de construcción,

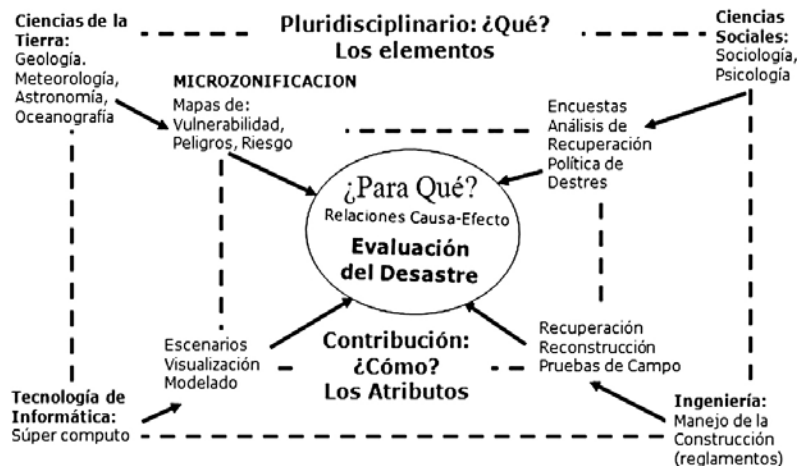


Figura 7

así como en el plan maestro de urbanización y en la legislación del desarrollo urbano. Ejemplos de medidas de prevención incluyen la construcción de muros de contención en las costas para proteger la costa de la erosión pueden también proteger en cierta medida los inmuebles. Siempre se debe de tener en cuenta que aun las estructuras mejor diseñadas no pueden en ciertos casos protegernos ante un evento extremo. Los muros de contención bien planeados, pueden llegar a tener buenos resultados para evitar deslizamientos de masa, pero debe de enfatizarse aquí, que los muros de contención contra deslaves deben de estar bien diseñados sin escatimar costos. Es bien conocida la construcción de mecanismos de control de flujo del agua para evitar inundaciones en los ríos activos, siendo la canalización y la construcción de presas y bordos (levees) los métodos más frecuentes. Desgraciadamente, los proyectos de control de inundación tienden a dar a los residentes de la planicie de inundación y habitantes de causes de ríos, un sentido falso de seguridad ya que no hay un método garantizado que pueda proteger completamente a la gente y sus propiedades de inundaciones de gran magnitud, como lo fue el caso de la inundación del Río Mississippi en 1994, y de nuevo durante el huracán Katherine.

### LOS EFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES

Los efectos generales de un desastre natural se clasifican como primarios, secundarios o terciarios. Los efectos primarios son los que resultan de impacto en sí del evento, por ejemplo, la contaminación del agua potable por una inundación, el daño causado por el viento del ciclón, o el colapso de un edificio como resultado de la vibración del suelo durante un terremoto. Los efectos secundarios se derivan de los procesos peligrosos que están asociados con un evento principal pero que no son causados directamente por él. Como ejemplos de éstos se pueden citar los incendios forestales que son iniciados por una corriente de lava; incendios de viviendas causados por la ruptura de tuberías de gas durante un terremoto, o la interrupción del suministro de agua o de los servicios de alcantarillado durante una inundación. Los efectos terciarios son de larga duración o incluso permanentes, entre ellos se pueden citar la pérdida de la biodiversidad por pérdida del hábitat; los cambios permanentes del canal de un río debido a una inundación; los cambios regionales o globales de clima; las pérdidas de los cultivos después de una erupción volcánica; los cambios permanentes en la topografía como resultado de un terremoto.

Los efectos de un desastre a una población pueden ser directos o indirectos. Los efectos directos abarcan la muerte de gentes, los heridos, los desplazados por falta de vivienda que sean productos de un evento en particular. Los efectos indirectos por lo general son respuestas a los desastres, estos incluyen problemas emocionales, donación de dinero y de alimentos, el pago de impuestos para ayudar a solventar los gastos causados por el desastre. Se estima que los efectos directos son sufridos por mucho menos gentes mientras que los efectos indirectos afectan a mucho más gentes.

Algunos desastres naturales son catastróficos y pegan rápido pero con efectos devastadores, por ejemplo, hay un riesgo bajo pero real de que un meteorito o asteroide impacte con la Tierra como el asteroide Chixchulub, que impactó la Península de Yucatán hace 65 millones de años y que cambió la geografía del planeta Tierra; de hecho se sabe que un asteroide de dimensiones considerables pasará muy cerca de la Tierra en el año 2020. Los eventos que atacan la Tierra sin aviso previo y de forma rápida se conocen como desastres naturales de inicio, entre ellos se citan los impactos de asteroides y meteoritos y las inundaciones torrenciales.

### LA VUNERABILIDAD A LOS DESASTRES NATURALES ¿QUÉ TAN VULNERABLE ES LA HUMANIDAD A LOS DESASTRES NATURALES?

La vulnerabilidad concebida con el grado de exposición de la sociedad y las urbanizaciones a los efectos físicos de los desastres naturales ha ido en aumento en las últimas tres décadas. Más de tres millones de vidas humanas se han perdido en las últimas dos décadas como resultado directo de desastres naturales; otras ochocientas mil gentes han sufrido pérdidas de propiedades y de salud. En la década de los 1990 vimos miles de decenas de deslizamientos de masa y terremotos; un millón de tormentas eléctricas; 100,000 inundaciones y varios cientos de tormentas tropicales y huracanes; además de decenas de erupciones volcánicas y tsunamis, así como del avance rápido de la desertificación y de las sequías. De acuerdo con los datos emitidos por el Banco Mundial los desastres naturales causan cerca de 40,000 millones de dólares en daños físicos cada año. Asimismo se reporta que sólo las inundaciones y los terremotos han costado cerca de 18.8 millones de dólares diarios.

El concepto de vulnerabilidad abarca no sólo los efectos físicos de un desastre natural sino también el estado de exposición a los efectos de los desastres de la gente y de los inmuebles del área (figura 3). Una complicada red de factores incrementa la vulnerabilidad a los desastres naturales, y en especial a los eventos catastróficos. Independientemente de factor de localización geográfica, es decir vivir en una área con alta peligrosidad, la vulnerabilidad de una zona también depende de la densidad de población, de los estilos de construcción y finalmente de los códigos de construcción (en muchos casos de la carencia de códigos de construcción que tomen en consideración la existencia de los desastres naturales de la zona). También es de gran importancia: (a) el entendimiento científico (lo que se llama análisis de desastres naturales, figura 4), (b) la educación pública acerca de la naturaleza de los desastres naturales, (c) concienciar al público en general. La implementación de un sistema de alarma temprana unido a buenos medios de comunicación así como la disponibilidad y preparación del personal de la emergencia hace una gran diferencia al momento de responder a la emergencia ante un desastre natural. Algunos aspectos culturales tales como el negarse a dejar la vivienda en el momento de evacuación influyen en la respuesta a las alertas. Ha sido evidente en los casos recientes de alerta y llamado de evacuación de las poblaciones aledañas al volcán Popo. Lo mismo sucedió en 1991, cuando la erupción de volcán Pinatubo en las Filipinas, en ese caso se llegó al extremo de tener que mostrar algunos videos con escenas de la devastadora erupción volcánica para poder convencer a los residentes que se rehusaban a dejar sus viviendas.

La intervención de los humanos en los sistemas terrestres naturales aumenta la vulnerabilidad a los desastres naturales de dos maneras: (1) el desarrollo de nuevas urbanizaciones en zonas que son susceptibles a desastres naturales tales como las planicies de inundación, con lo es el caso de Villahermosa, Tabasco; o los deslizamientos de masa en el área metropolitana de Monterrey, N.L. por ignorar el por ciento de talud como factor de estabilidad de las edificaciones; (2) al aumentar la intensidad o frecuencia de desastres naturales tales como lo es el caso de las malas prácticas de la agricultura que pueden acelerar la erosión de suelos; o el minado subterráneo que pueden disparar la subsidencia y colapso; la sobreexplotación de aguas subterráneas que cercanas a la costa inducen la intrusión salina bajo el continente; la modificación del drenaje natural tal como es el caso de los causes y canales de ríos que pueden conducir a inundaciones de proporciones gigantescas.

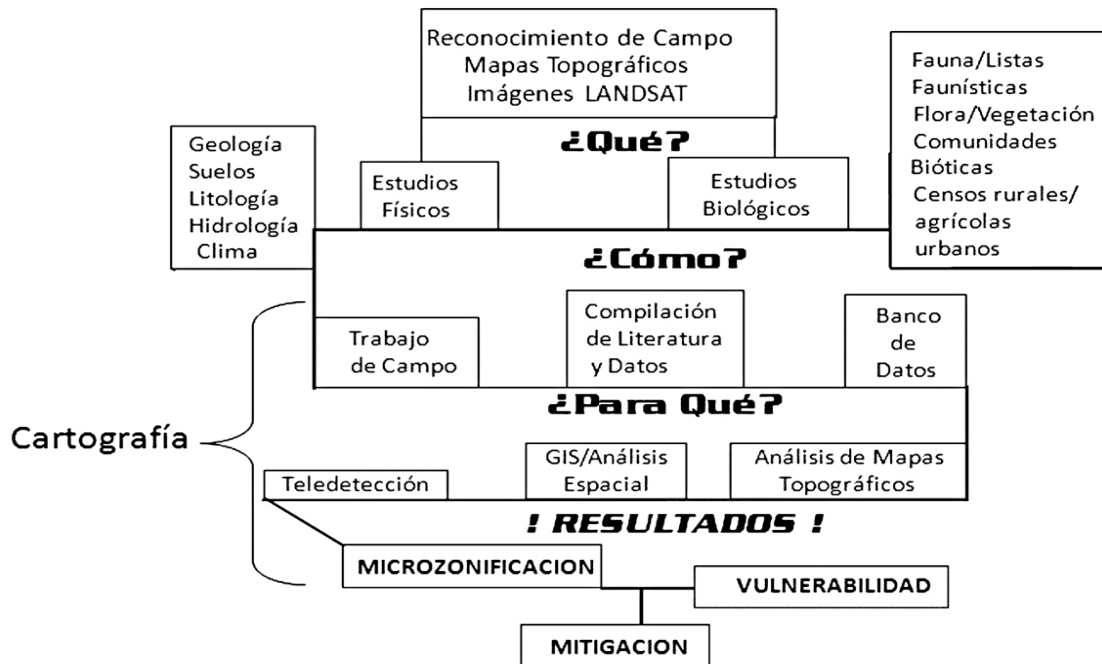


Figura 8

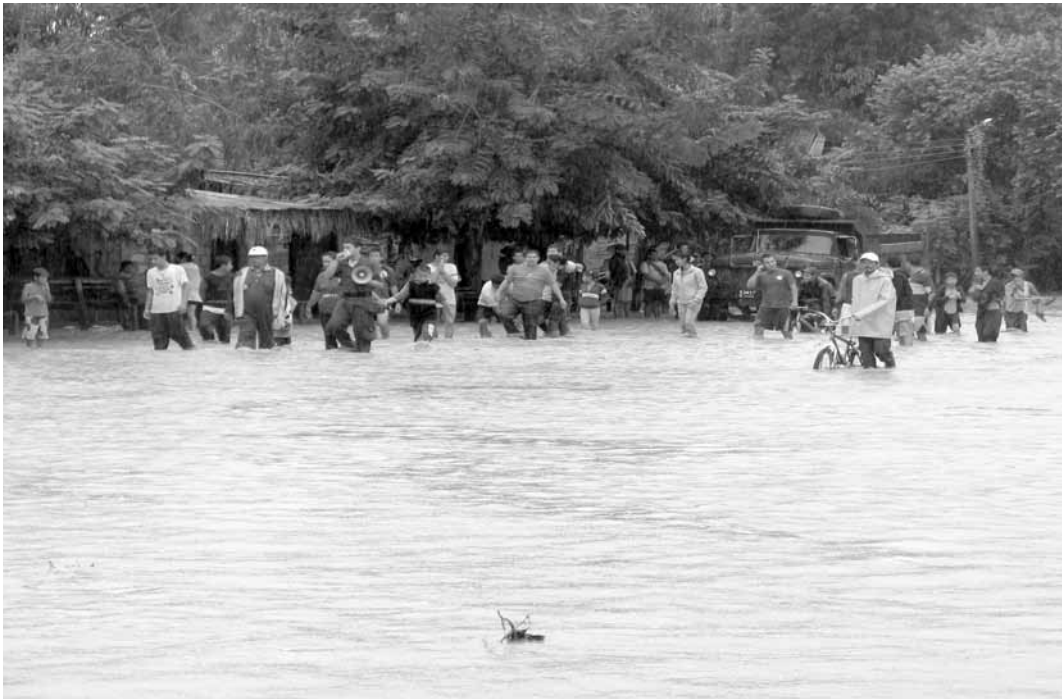
### ¿QUÉ ES LA EVALUACIÓN DEL DESASTRE?

La evaluación del desastre natural es un proceso pluridisciplinario en el que intervienen diversas ramas de la ciencias de la tierra, las ciencias sociales, la ingeniería y las tecnologías de información y comunicación (figura 7). Cada una arroja contribuye con la identificación de atributos del sistema para establecer las relaciones de causa-efecto del evento. Es la determinación de cuándo, dónde y con qué frecuencia han ocurrido en el pasado los eventos o fenómenos naturales peligrosos para la humanidad, así como la naturaleza de los efectos físicos del evento en una localidad determinada, y finalmente exponer la información en forma tal que pueda ser usada en la toma de decisiones por los organismos y personal correspondiente. En la evaluación de un desastre está conformada por dos partes: (1) la evaluación del peligro y (2) la evaluación del riesgo.

La evaluación del peligro involucra hacerse planteamientos tales como: ¿Qué tan frecuente podemos esperar que ocurra un fenómeno o evento (desastre)? En el caso de que suceda un evento ¿cuáles serán sus efectos en la sociedad? En sí la evaluación de un peligro consiste en: (a) determinar cuándo y dónde han ocurrido eventos peligrosos en el pasado; (b) determinar la severidad o intensidad de los efectos físicos generados por eventos de una magnitud determinada; (c) determinar qué tan frecuente podemos esperar que ocurran eventos desastrosos en un lugar en particular; (d) determinar cómo sería un evento en

particular si ocurriese ahora mismo; (e) expresar toda esta información de forma tal que pueda ser utilizada con facilidad por los que toman las decisiones. La información que se genera a partir de la evaluación del peligro la utiliza mucha gente, por ejemplo, es de gran utilidad para los líderes políticos para tomar decisiones acerca de la evacuación y la ayuda económica que se requiera. Los encargados de la planificación y los ingenieros civiles toman decisiones sobre el uso del suelo en base a la información emitida a partir de la evaluación del peligro, ya que de ahí se deriva la implementación de los códigos de construcción y de la zonificación de las urbanizaciones. Toda esa información es utilizada por el personal dedicado al análisis de la emergencia (protección civil) para tomar decisiones sobre los procedimientos necesarios de la respuesta al desastre. Los resultados de la evaluación del peligro se muestran en mapas a escalas variables dependiendo del caso, de tal manera que la información sea asequible y entendible. Estos se conocen como mapas de peligro o peligrosidad (figuras 6, 7).

La evaluación del riesgo es el establecimiento de la probabilidad de que un evento o fenómeno desastroso vaya a ocurrir en un periodo de tiempo determinado, estimando así su impacto tomando en cuenta el grado de exposición y vulnerabilidad de la población al fenómeno natural. Difiere fundamentalmente de la evaluación del peligro en que se enfoca en las pérdidas económicas, las muertes, los daños y la pérdida de servicios, las cuales es probable que ocurran cuando un desastre natural, por ejemplo un huracán o terremoto, ocurre en una área determinada.



La evaluación del riesgo empieza con la postulación de la probabilidad de que un evento peligroso de magnitud particular ocurrirá dentro de un periodo determinado de tiempo. Entonces, se toman en consideración otros factores tales como: (a) la localización de edificios, de infraestructura, de servicios y de emergencia de la comunidad; (b) el potencial de estar expuesto a los efectos físicos de un peligro; (c) la vulnerabilidad de la población de esa comunidad, es decir, el potencial de pérdidas de vidas humanas, los heridos, o daños, cuando se está expuesto a estos eventos específicos.

La evaluación del riesgo incorpora factores sociales y económicos así como también los factores científicos que están implícitos en la evaluación del desastre. La evaluación del desastre describe los efectos asociados con un evento o fenómeno en particular, mientras que la evaluación del riesgo se enfoca más en probable cantidad de daños y las acciones que pueden o deben tomarse para reducir la vulnerabilidad. La evaluación del riesgo implica el plantearse ciertas preguntas tales como: Cuando una situación como tal existe o cuando un evento de este tipo ocurre ¿cuál será el daño a la población afectada? y de la misma manera, aunque la probabilidad de un evento de esa magnitud es pequeña, ¿las consecuencias serían severas e inaceptables?

El riesgo se expresa en probabilidades, un ejemplo de esto sería: se ha estimado que el fumar 1.4 cigarrillos diarios, o el tomarse un placa de rayos X, o el estar expuesto a un terremoto viviendo en la Ciudad de México por varios meses, todos tienen el mismo riesgo estadístico que aumenta la probabilidad de muerte por aproximadamente 1 en un millón. Otra alternativa es establecer el riesgo en función del costo, es decir, los daños causados y las víctimas expresándolos en el valor en pesos de la pérdida. En cualquier caso la evaluación del riesgo puede ayudar tanto a los que toman las decisiones como a los científicos para comparar y evaluar desastres, asentar prioridades y decidir en dónde enfocar la atención y los recursos (figuras 7, 8).

Los aspectos que la sociedad debe de considerar con respecto al riesgo incluyen:

1.- Los factores que delimitan el riesgo de un inmueble a desastres naturales entre otros: (a) la localización del inmueble, (b) los peligros geológicos tales como asentamiento geológico en general y estructuras geológicas en particular tales como fallas, (c) la vulnerabilidad, es decir los factores de riesgo tales como el estilo de construcción

2.- Las medidas de mitigación: (a) la preparación ante los desastres considerando el asentamiento geológico, (b) estilos de construcción más seguros de acuerdo con la vulnerabilidad, (c) la ingeniería de construcción, (d) los códigos de construcción.

3.- La prevención de los desastres naturales: los desastres naturales no se pueden impedir pero si se pueden prevenir; muchos de ellos ocurren en forma espontánea si previo aviso, pero las medidas efectivas de mitigación, considerando el asentamiento geológico del área, unidas a los procedimientos de prevención, y sobre todo viendo los desastres naturales de forma holística (figura 6), pueden reducir en gran medida la pérdida de vidas humanas y daños a los inmuebles y asegurar el desarrollo sustentable.



## LA PREDICCIÓN DE LOS DESASTRES NATURALES

Una predicción es una declaración de probabilidad basada en el entendimiento científico y en las observaciones de la naturaleza de los desastres naturales. Un geocientífico especializado en desastres naturales puede con frecuencia hacer una predicción de la formación de fenómenos naturales en base a su experiencia en el campo y a sus propias observaciones. Sin embargo, una predicción requiere del constante monitoreo de los procesos geológicos que puede potencialmente generar eventos peligrosos, ese monitoreo por lo general se enfoca en la identificación de anomalías en las tendencias evolutivas de los fenómenos naturales que son precursores de un cambio fuera de lo usual o inesperado que eventualmente puede llegar a convertirse en una catástrofe. Con frecuencia el término estimación ('forecast' en Inglés) se usa como sinónimo de predicción. La estimación se refiere a una apreciación de futuros eventos, algunas veces en base a la correlación con eventos anteriores, el caso más evidente es las estimaciones de las condiciones meteorológicas para estimar el tiempo futuro, por lo que es común ver en los medios de comunicación que se hagan estimaciones del tiempo hasta de una semana por adelantado. En el caso de la predicción de inundaciones o de huracanes la estimación por lo general se refiere a estimados de corto tiempo o inmediatos es decir de horas o días de un evento de condiciones específicas de magnitud y de ocurrencia. Por otra parte, en el caso de la predicción de terremotos el término estimación se refiere a tiempos largos sin especificar la probabilidad de ocurrencia. Como ejemplo, antes del terremoto de Loma Prieta (San Francisco) del 17 de Octubre de 1989 –llamado el terremoto de la Serie Mundial, el USGS emitió una estimación diciendo que había un 50 por ciento de probabilidad de que un terremoto grande ocurriera a lo largo de la falla de San Andrés en un rango de 30 años. Es evidente que se trató de una estimación de largo plazo (que cae dentro de lo que es una predicción), basada en el entendimiento científico general de la sismicidad y el asentamiento geológico del área. Por otra parte, la amenaza de un terremoto grande en el área de San Francisco es actualmente muy real, después de terremoto de Loma Prieta el USGS emitió una estimación del 67 por ciento de probabilidad de que un terremoto grande ocurra en los próximos 30 años.

En algunos casos se puede hablar del monitoreo de fenómenos precursores, como lo es en el caso de las erupciones volcánicas; de tal forma, cuando las observaciones de los fenómenos percusores se han acumulado para llegar al punto que ellos indican la ocurrencia inminente de un evento peligroso, entonces, se lanza una alerta. Un ejemplo claro de esto se vio en la erupción violenta en 1991 del volcán Montaña Pinatubo en las Filipinas, en donde los científicos observaron una variedad de eventos precursores, el monitoreo cuidadoso de esos percusores permitió a los científicos predecir la erupción con gran precisión salvando de esta forma miles de vidas humanas.

El lanzamiento de alertas es el paso final en la preparación de una comunidad para enfrentar un evento desastroso. Las alertas tempranas exitosas dependen en gran medida de las comunicaciones efectivas y sobre todo de sistemas públicos de información a través de fuentes confiables. En México el CENAPRED ha adoptado un sistema de alerta temprana que distingue tres niveles de alerta.

## EL PAPEL DE LOS GEOCIÉNTIFICOS EN LA REDUCCIÓN DE DESASTRES NATURALES

Algunos desastres naturales tales como el impacto de asteroides, son difíciles de predecir dentro de un margen de tiempo que sea de utilidad. Aunque un evento de impacto extraterrestre puede ocurrir algún día, no hay mucho que se pueda hacer para disminuir el riesgo dado el conocimiento actual, las tecnologías disponibles y el costo. Cada

día nos enfrentamos con una amplia variedad de desastres naturales a los cuales nos podemos adaptar tomando ciertas decisiones y tomando acciones para prepararnos o para disminuir nuestra vulnerabilidad. Los geocientíficos juegan un papel decisivo en la conformación de la respuesta del público frente a los desastres naturales; de manera concreta, el entendimiento científico de los fenómenos que causan los desastres naturales puede contribuir a un Sistema Integral de Protección Civil en el cual los geocientíficos cooperan con otros investigadores (sociólogos, políticos, administradores públicos) y con los individuos que toman las decisiones para reducir la susceptibilidad a desastres naturales, esta forma pluridisciplinaria se puede visualizar en la figura 8 que establece el qué, cómo y para qué del análisis de desastres naturales así como los resultados que se deben de esperar del trabajo del geólogo especializado en desastres naturales. De acuerdo con ese concepto, los geocientíficos colaboran con otros investigadores a dar mayor entendimiento de manera holística a la problemática que plantean los desastres naturales, lo cual resultaría en la elaboración de mapas de vulnerabilidad. Esa cartografía conduce al desarrollo de la reducción de los efectos de los peligros y riesgos de un desastre a la sociedad y al mismo tiempo ayuda a la formulación de estrategias de mitigación y en su caso de evacuación. Al mismo tiempo, hace posible la detección de estudios y cartografía a detalle de áreas con potencial de peligros con lo cual se obtiene la reducción y en ocasiones hasta la eliminación total del riesgo (figura 8). En este tipo de actividades pluridisciplinarias todos los niveles de gobierno, las instituciones académicas y las organizaciones privadas se ven involucradas. En resumen, debido a que los desastres naturales forman parte del sistema Tierra, los geocientíficos tienen un papel trascendental en la evaluación, prevención, la preparación y mitigación del daño asociado con los desastres naturales usando su mejor herramienta: La cartografía.

## LOS COSTOS DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR DESASTRES NATURALES

Un comparativo de efectos en la sociedad de los diferentes desastres naturales encontramos que aquellos que causan mayores pérdidas humanas no necesariamente son los mismos que causan los mayores daños (más caros) a las propiedades. El número más grande de muertes anuales es causado por los tornados y las tormentas ciclónicas, estos seguidos por las descargas eléctricas, las inundaciones y los huracanes, los cuales también tienen una alta incidencia de muertes. El terremoto de Northridge (Los Ángeles, California) de 1994, cobró 60 vidas, pero costos de 20 a 30 mil millones de dólares en daños a las propiedades, con la explosión demográfica que ha sufrido esa área se estima que el próximo terremoto supondrá más de 100 mil millones de dólares en daños y puede llegar a cobrar varios miles de personas. Por otra parte, las inundaciones, los deslizamientos de masa y los suelos expansivos en los Estados Unidos ocasionan pérdidas en daños por más de 1500 millones de dólares.

En general los desastres naturales cuestan a Estados Unidos entre 10 y 50 mil millones de dólares anuales, mientras que el costo promedio de un solo desastre mayor cuesta unos 500 millones de dólares, pero dada la explosión demográfica en las costas de los Estados Unidos, se estima que el costo de un desastre individual aumentará de forma muy significativa. Se predice que los desastres naturales futuros en esas regiones serán del orden de catástrofe. Con el afán de poner atención al efecto de los desastres naturales a la sociedad, vistos en el número de víctimas y del aumento de daños a las propiedades, la ONU designó la década de los 90s como la Década Internacional de la Reducción de Desastres. Los objetivos de ese programa de la ONU fueron minimizar la pérdida de vidas y el daño a las propiedades causada por los desastres naturales. Los resultados de ese programa han sido controversiales ya que no se ve claramente un avance en la mitigación de desastres como era esperado.

## LOS DESASTRES NATURALES Y LA INGENIERÍA CIVIL

El estudio de los desastres naturales, la desastrología, tiene una relación directa con la ingeniería, la cual queda bien plasmada en la definición de lo que es la Ingeniería ya que parafraseando al ABET – Accreditation Board for Engineering and Technology “la Ingeniería es la PROFESIÓN en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se aplica con buen juicio a fin de desarrollar formas en que se pueden utilizar, de manera económica, los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad”. Esto implica que la ingeniería civil tiene que hacer uso las ciencias de la tierra para aplicar con buen juicio el conocimiento geológico, y en particular lo relacionado con los desastres naturales, para determinar el impacto que estos tienen en las construcciones y así determinar los criterios de diseño de vivienda, la construcción de edificaciones y de la urbanización en general.

Asimismo, la incorporación del análisis de desastres en las futuras urbanizaciones, podrá asegurar una visión de largo plazo en desarrollo urbano. Esto refleja que los estudios de desastres naturales se deben de ver de manera holística, tomando en cuenta que son fenómenos interrelacionados con la dinámica del Planta Tierra (figura 7).

La mejor manera de visualizar el desarrollo urbano con miras a largo plazo es entendiendo que la planificación a largo plazo sólo se logrará cuando las fuerzas que mueven la hélice de la visión a largo plazo formada por tres aspas, las cuales representan la planificación urbana, la globalización y el desarrollo sustentable, sean movidas por las fuerzas dadas por la holística, la ecléctica y la sistémica (figura 1). Se sabe que el urbanismo aumenta la vulnerabilidad de los humanos y sus propiedades a los desastres naturales. Por ejemplo, en el caso de los Estados Unidos, aunque la mayoría de la población de EE.UU. vivía en ciudades desde 1950, el país continúa urbanizándose. A nivel mundial se espera un aumento del 15 a 20 % de gente que vive en las ciudades del 2000-2030. La población mundial va en aumento se estima que para el 2030 la población humana será de 8 mil millones.

## CONCLUSIONES

1) Los desastres naturales son predecibles a partir de la evaluación científica. Los terremotos, las erupciones volcánicas, los deslizamientos de masa, y las inundaciones son procesos naturales que pueden ser identificados y estudiados usando el método científico y los procedimientos geológicos; además esos eventos pueden ser monitoreados y cartografiados y entender su actividad futura y relación con eventos pasados del registro geológico.

2) El análisis del riesgo es un componente importante del entendimiento de los efectos de los procesos terrestres. Los peligros geológicos son procesos que pueden someterse al análisis de riesgo a partir del cual se estima la probabilidad de que un evento de esa naturaleza pueda ocurrir y los efectos que pueden llegar a tener en la sociedad.

3) Existe una conexión entre los diferentes sistemas terrestres. Se sabe que los desastres naturales están ligados a la dinámica del planeta Tierra y que todos los eventos están interconectados de tal forma un eventos puede dar origen a varios peligros geológicos y estos derivar en diferentes riesgos. Ejemplo de esto es la interconexión que existe entre los terremotos y los deslizamientos de masa; o también los tsunamis y los terremotos, los huracanes y las inundaciones. De ahí la relación que se maraca en la figura XX de las conexión que existe entre los diferentes desastres naturales, los peligros y riesgos.

4) Los eventos que han producido desastres con anterioridad en la actualidad producen catástrofes. La magnitud o tamaño de un evento o fenómeno natural así como su frecuencia (o que tan frecuentemente ocurre) puede estar influenciado por las actividades humanas (efecto antropogénico). Como consecuencia del aumento de población humana, unido a las malas prácticas de planeación urbana los eventos o fenómenos naturales que venían causando desastres de escalas ‘normales’ ahora producen desastres de dimensiones enormes considerándose verdaderas catástrofes.

5) Los costos de los desastres pueden minimizarse. El potencial adverso del alto costo y los efectos destructivos de un desastre natural pueden minimizarse siempre y cuando se aplique un procedimiento holístico que forzosamente debe de incluir el entendimiento científico, la planificación y regulación del uso del suelo, la ingeniería de construcción y un procedimiento proactivo en la preparación.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Longoria, J.F, 2003, Natural Disasters: Threat and Challenge to Sustainable Development: Prospectiva: Seminario International. Energía, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable para el Siglo XXI: El Papel de las universidades en regiones petroleras. 2-7 Junio, 2003, Ciudad del Carmen, Campeche, México. Universidad Autónoma del Carmen, Colección Especial 6, Memorias, p.201-210.
- 2) Longoria, J.F. 2006, Los desastres naturales. Parte 1: Causa y efecto. Nuestra Tierra, Nr. 6, p. 3-6.
- 3) Longoria, J.F., 2007, Los desastres naturales. Parte 2: La influencia de la humanidad en los desastres naturales. Nuestra Tierra, Nr. 7, p. 11-14.

## LOS NUEVOS MATERIALES, EL RIESGO MEDIO AMBIENTAL Y LA SOCIEDAD

RAFAEL JORDÁN HERNÁNDEZ

El desarrollo de la Ciencia y la Tecnología ha crecido paralelamente con las necesidades de la humanidad. Así tenemos que los incrementos en las necesidades energéticas de nuestra sociedad han conducido al agotamiento acelerado de los depósitos mundiales de hidrocarburos llevando a la humanidad al borde de la crisis energética en este aspecto. En auxilio de eso han venido los nuevos materiales en forma de biocombustibles, pilas de hidrógeno empleando nanotubos de carbono como depósito y muchos otros ingenios similares, encaminados a tratar de encontrar una solución a la crisis energética mundial que es ya una realidad. Sin embargo, tanto el consumo indiscriminado de los hidrocarburos, como la aparición de tecnologías recurrentes crean daños medioambientales irreparables, como son el incremento de los "huecos negros" en la capa de ozono y con ello el incremento de las temperaturas en la superficie terrestre por la penetración a la corteza terrestre de radiación ultravioleta e infrarroja que dicha capa evita, produciendo derretimiento de los glaciales y con ello el aumento de los niveles del mar y la posible desaparición de muchas islas que hoy existen, pero, ¿qué amenazas pueden esconder las nuevas tecnologías energéticas para la humanidad?, esa es la pregunta que los científicos deben contestarse cuando trabajan en sus nuevos proyectos, pues esa es la mayor desventaja que puede encontrar un científico en su quehacer diario y que dudo en muchos casos se hayan formulado o de lo contrario no estaríamos hoy en esta lamentable problemática.

### EL PROBLEMA DEL AGUA

Similar situación se tiene con relación al manejo de los depósitos de agua, tanto superficiales como subterráneas. Se comenta con frecuencia que las guerras futuras tendrán como objetivo fundamental el dominio de dichos depósitos por las grandes potencias en detrimento de los países pobres y en vías de desarrollo, teniendo a la vista la escasez creciente de este vital líquido, pero vale preguntarse, ¿a qué se debe la constante disminución de dichos depósitos? Una de las posibles causas es el calentamiento global, producido por los altos niveles de contaminantes producidos por la quema de combustibles orgánicos que aumenta la evaporación de los depósitos superficiales. Otra importante causa, es la contaminación constante que sufren por malos manejos de efluentes fabriles, urbanos y sobre explotación de diferentes fuentes de agua dedicadas a la población, la agricultura y la industria. Una importante fuente de contaminación a las fuentes de abasto de agua, es la agricultura. El mal manejo de pesticidas y el uso indiscriminado y mal calculado de fertilizantes químicos está provocando que importantes mantos acuíferos se vean contaminados con metales pesados y se detecten importantes concentraciones en dichos depósitos de bacterias que se alimentan con los compuestos nitrogenados que se lixivian desde la superficie y que cambian las principales propiedades organolépticas del agua, como son el color, olor y aspecto en general, dificultando su potabilización y haciéndolas inutilizables para consumo humano. Como puede observarse el panorama del manejo del agua a nivel mundial es preocupante y sombrío, tanto para las actuales generaciones como para las venideras y es una obligación del mundo científico tomar cartas en el asunto y más que evitar estos daños, trabajar para descubrir y consolidar

tecnologías factibles, económicas y limpias que garanticen el rescate de este importante e imprescindible material para la vida en el planeta.

### LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y LOS FERTILIZANTES

Por último quisiera tocar el muy álgido problema de los fertilizantes y los pesticidas para incrementar los volúmenes de producción agrícola. Es una práctica en la actualidad, el empleo cada vez creciente, de potentes pesticidas y fertilizantes químicos. La carrera por aumentar la producción agrícola tiene dos objetivos fundamentales: ampliar la cantidad y calidad de los alimentos y producir biocombustibles, sin embargo, perdemos el rumbo en esa carrera ocasionando irreparables daños al medio ambiente. ¿Por qué no emplear medios biotecnológicos para establecer el control de las plagas en lugar de recurrir siempre a los muy peligrosos pesticidas?, en Cuba y otros países, los pesticidas están absolutamente prohibidos y penalizado su uso muy severamente. En su lugar se emplean sistemas de control de plagas por medios biotecnológicos muy eficientes. Se ha demostrado que el arrastre aéreo de muchas de estas sustancias por las corrientes aéreas son la causa de la marcada incidencia de enfermedades como el cáncer en muchas de sus variantes, la leucemia y muchas enfermedades de la piel y las vías respiratorias en las zonas afectadas por esos arrastres.

### EL PELIGRO EN EL CAMPO MEXICANO

En México hemos observado la práctica de emplear amoníaco líquido en los campos para lograr un "buen rendimiento agrícola". Es una realidad que se obtiene y sería un error negarlo por las cantidades de nitrógeno que se adicionan al suelo, pero, ¿a qué precio para las tierras?. A falta de fertilizantes ecológicos adecuados y debido al alto precio de los fertilizantes en el mercado, el agricultor medio y pequeño recurre al uso de este medio que si bien le resuelve el problema hoy, mañana va a llevarlo a la ruina por el empobrecimiento paulatino de las tierras de cultivo en los minerales esenciales, pues si bien el amoníaco con su aporte de nitrógeno, ayuda a la planta a tomar del suelo el resto de los nutrientes, llegará un momento en que éstos se agotarán comenzando los problemas ocasionados por insuficiencia de elementos básicos para la nutrición vegetal como son el fósforo, potasio, azufre, etcétera.

### LA RESPONSABILIDAD DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA

Es necesario que la comunidad científica afronte esta verdad tomando conciencia del tremendo peligro que se cierne sobre el campo mexicano y entre todos, químicos, físicos, agrónomos y demás estudiosos de las ciencias naturales, encontremos nuevos fertilizantes más concentrados, ecológicos, biodegradables a precios que estén al alcance del campesino que trabaja la tierra, porque con este esfuerzo estaremos garantizando la continuidad de la producción agrícola y estaremos legando un mundo mejor a las futuras generaciones, de otra manera de continuar las cosas como van le vamos a legar a las futuras generaciones un mundo de hambre, sed y conflictos que únicamente van a llevarnos a la ruina de nuestros países y a la destrucción a más largo plazo de la humanidad.

## LA SOCIEDAD DEL RIESGO

### ¿ES EL RIESGO EL PRECIO DEL PROGRESO?\*



*Si hay algún tema en nuestro tiempo cuya importancia sea difícil de exagerar, el riesgo es ese tema. El mal de las vacas locas, la contaminación urbana y medioambiental, los efectos de la telefonía celular o del tabaquismo pasivo son algunas manifestaciones recientes de una problemática central para comprender la dinámica social contemporánea. Es otra forma de mirar al mundo actual profundamente transformado por el conocimiento científico y la innovación tecnológica: es la mirada a las amenazas generadas por esa transformación y puestas de manifiesto por ese conocimiento. Es el lado oscuro de la sociedad del conocimiento.*

#### LA SOCIEDAD DEL RIESGO

Como es conocido, la frase “sociedad del riesgo” fue introducida en 1986 por un sociólogo alemán, Ulrich Beck, en un libro del mismo título que ha sido traducido al español. Con esa frase, Beck hacía referencia a lo que entiende como nueva condición definitoria de la modernidad: la presencia constante de amenazas para la salud y la naturaleza. Para ese autor, si la distribución de la riqueza, la distribución de bienes, era el eje de estructuración social en la sociedad del pasado, hoy ese eje tiende a ser la distribución de riesgos, la distribución de males.

Sin embargo, no se trata sólo de que hoy tengamos que vivir con más o mayores peligros que en el pasado. La peligrosidad actual es de un carácter muy distinto. Suelen indicarse tres notas definitorias. En primer lugar, hoy tenemos que hacer frente a amenazas de naturaleza catastrófica, que pueden afectar a buena parte de la humanidad. Son amenazas que, a diferencia de los males del pasado, ya no respetan las fronteras entre clases sociales, entre países o entre generaciones. Algunos ejemplos son las catástrofes nucleares, el deterioro de la capa de ozono, los derramamientos de petróleo o los priones del mal de las vacas locas. En segundo lugar, el riesgo hoy se encuentra en el centro de la vida cotidiana a nivel individual. Ante la diversidad de cursos de acción que abre el actual

desarrollo científico-tecnológico, las tradiciones vinculantes del pasado han perdido hoy la fuerza para regular la conducta individual, y tenemos que hacer frente constantemente a decisiones arriesgadas en nuestras vidas. Por ejemplo, al decidirnos en el supermercado por un tipo de carne, exponernos a una técnica médica o encender un cigarrillo light. Y, en tercer lugar, las amenazas actuales ya no se conceptualizan como peligros, es decir, como daños inevitables. Prácticamente todos los males que hoy nos amenazan son entendidos como riesgos, es decir, como daños que resultan de la acción o de la omisión de la acción de algún ser humano. En el pasado, y quizá todavía en algunas culturas fuertemente ancladas en la tradición o en los márgenes remotos de la industrialización, los males se atribuían al destino, a la naturaleza o a alguna voluntad sobrenatural. Hoy son motivo habitual de atribución de responsabilidad a algún actor social.

Estos tres rasgos hacen de nuestra sociedad una sociedad del riesgo. El papel de la ciencia y la tecnología en este estado de cosas es central, pues la mayoría de los riesgos que hoy nos asolan son de origen tecnológico. Irónicamente es la ciencia la que pone normalmente al descubierto estos mismos riesgos.

#### EL RIESGO Y LA IRRESPONSABILIDAD

Puede así comprenderse que los males actuales sean objeto frecuente de imputación de responsabilidad. Esto ha hecho del riesgo un banderín de enganche para la movilización social en la sociedad actual. Pensemos, por ejemplo, en el movimiento antinuclear, como caso pionero. Frente a esto, un discurso habitual para hacer frente a esa atribución de responsabilidad es el que presenta el riesgo como el precio de la modernidad, como el tributo inevitable a pagar por el progreso. Ya no se habla de la naturaleza, del destino o de los dioses como origen de las amenazas. Pero se intenta eludir la responsabilidad política o legal atribuyendo los riesgos a una nueva entidad metafísica: la inevitable modernización.

\*El presente artículo es una síntesis del trabajo realizado por José A. López Cerezo de la Universidad de Oviedo, España en el Foro de Debate Espacio Iberoamericano del Conocimiento.



## ¿EL PROGRESO CONLLEVA A RIESGOS?

Obviamente, lo que está detrás de esa entelequia es el viejo mito de la máquina, en expresión de Lewis Mumford, es decir, la creencia de que la tecnología (que de hecho tenemos) es tanto inevitable como benefactora en última instancia. Sin embargo, aunque hoy no podemos prescindir en general de la tecnología en un mundo superpoblado, sí tenemos la opción de elegir entre diversas tecnologías para la satisfacción de las distintas necesidades humanas, cada una con diversos tipos de impactos y distintas posibilidades de intervención correctiva por parte de los agentes sociales. Es por tanto incorrecto y peligroso decir que el riesgo es el precio a pagar por el progreso. Pues, si bien el riesgo es hoy en gran medida inevitable, dado intentar eliminar riesgos en una parte del sistema habitualmente genera o aumenta otros riesgos en otra parte de este (del mismo tipo o no, para la misma población o no), lo que realmente está en cuestión es el tipo de riesgos generados (voluntarios o no, catastróficos o no, compensables o no, ...) y los grupos que se benefician o resultan afectados por esos riesgos, es decir, el carácter y la distribución del riesgo. Presentar el riesgo como el precio del progreso es ocultar esta importantísima dimensión del riesgo en el mundo actual, e intentar eludir el conflicto social y la atribución de responsabilidad.

## SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO-SOCIEDAD DEL RIESGO

El riesgo, la sociedad del riesgo, es el precio de la sociedad del conocimiento, de la búsqueda del mismo poder que condenó a Adán, Fausto o el Dr. Frankenstein. Pero los riesgos que hoy nos acompañan no son inevitables: los riesgos no son el precio del progreso pues son muchos los futuros posibles para la evolución del conocimiento y el desconocimiento.

La particular sociedad del conocimiento vaticinada por algunos analistas sociales, paralelamente a su contraparte la sociedad del riesgo, no es un destino inevitable en la modernización de nuestros países, de modo que tengamos que descubrir sus tendencias evolutivas para adaptar las realidades locales o regionales. No es una ola inescapable ante la cual sólo proceda estar prevenidos, un imperativo al que tengamos que adaptar nuestros valores y costumbres. Nosotros somos, o deberíamos ser, los sujetos activos de esa sociedad. Las nuevas tecnologías emergentes, y los modos de regulación política de las mismas, presentan un margen de flexibilidad que justifica hablar de un futuro abierto. Decir que el riesgo nuclear o de la liberación ambiental de OMGs es el precio de la modernización, como decir que la meritocracia o la patente del genoma humano es el costo de una inevitable sociedad del conocimiento, es hacer una simplificación abusiva y peligrosa

### LA CULTURA CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD: UNA NECESIDAD

Podemos, en principio, construir muchas sociedades del conocimiento y del riesgo, algunas más justas socialmente y otras menos, con impactos de uno u otro tipo sobre las condiciones de vida, con efectos más o menos severos sobre el entorno natural. Recobrar el protagonismo en el modelado tecnológico de nuestro futuro requiere promover la cultura científica y crear los medios que faciliten y estimulen la participación ciudadana

## LOS RIESGOS DE LA SEQUÍA LA FALTA DE AGUA DETONANTE DEL HAMBRE-DESASTRE-POBREZA\*

*La gestión necesaria en condiciones de sequía, es prever para afrontar el riesgo, en lugar de no prever para soportar la crisis.*



La sequía es una de las grandes catástrofes naturales. La complejidad del fenómeno propicia la creencia errónea de que después de una severa sequía, no ocurrirá otra igual o de mayores proporciones, y por ende, con frecuencia, no es usual prepararse para su ocurrencia futura (Wilhite, 1993).

La escasez de agua es quizá el problema más apremiante de todos. Si el agua está ausente o escasea, es motivo de pobreza, guerras, enfermedades y estancamiento económico. La degradación del suelo, la sequía y la desertificación están vinculadas irremisiblemente, lo que afecta a la cantidad y la calidad de la oferta de agua dulce. Un proceso natural como la escasez temporal de agua puede producir severos desequilibrios ambientales, sociales y económicos de amplia repercusión y difícil recuperación, mientras más amplia es la brecha entre la oferta natural y la demanda humana.

Esto ha sido un factor determinante en las condiciones de pobreza creciente que enfrentan amplios sectores de la población, particularmente en el medio rural. Ninguna estrategia de reducción de la pobreza puede pasar por alto la necesidad vital de agua, en donde destaca la necesidad de una gestión justa y sostenible de este recurso crítico de interés social.

El abuso en el uso del agua no es sólo desconocimiento de las responsabilidades para evitar el desperdicio, sino falta de respeto hacia quienes viven en regiones donde no hay agua suficiente: hay quien vive con 20 litros de agua por día, mientras que otros usan y desperdician más de 500.

### SEQUÍA Y DESARROLLO SOCIAL

La vulnerabilidad a los efectos de la sequía está en relación inversa al grado de desarrollo social y económico de las áreas afectadas: para los países más desarrollados la sequía rara vez representa una severa amenaza, por disponer de los medios económicos, estructurales y de gestión para afrontarla; en los de menor desarrollo, una sequía es frecuentemente el detonante del círculo deterioro-hambre-desastre-pobreza, y la población afectada difícilmente tiene elementos para mitigar los estragos.

### LAS CAUSAS DE LA SEQUÍA

Las causas de la sequía no se conocen con precisión, pero se admite que en general se deben a alteraciones de los patrones de circulación atmosférica, que a su vez están ocasionados por el desigual calentamiento de la corteza terrestre y las masas de agua, y por fenómenos como El Niño y las manchas solares (Acosta Godínez, 1988); la quema de combustibles fósiles, la deforestación, el cambio de uso del suelo y la actividad.

### EFFECTOS EN AGRICULTURA

Los efectos en la agricultura son tan dramáticos y costosos como casi todos los demás fenómenos naturales juntos, y se magnifican en función del tiempo y la extensión geográfica. En países donde la agricultura es una actividad básica, la vulnerabilidad del sector implica un alto riesgo ante la presencia de las sequías, que han asolado grandes extensiones y propiciado severos desajustes a la economía regional y nacional.

### LA NECESIDAD DE MITIGAR SU IMPACTO

La sequía, como un fenómeno natural inevitable, poco predecible, sin trayectoria, sin epicentro, progresivo y de efectos frecuentemente catastróficos, requiere atención tanto institucional como social, mediante planes flexibles, consistentes y plausibles, de tal forma que, aunque no se puede evitar su ocurrencia, sí se pueden mitigar sus impactos. Dada la complejidad del fenómeno, una fase obligada es generar y aplicar índices y parámetros que permitan detectar y evaluar su presencia y dimensionar sus principales características: extensión, duración, severidad e intensidad. En la medida en que esto se logre, se tendrán los elementos necesarios para afrontar con éxito el embate, y se mitigarán sus dramáticos efectos, que por sí solos pueden superar a todos los efectos juntos de los demás fenómenos naturales. Equidad, eficiencia y justicia social son factores que determinan que la presencia de la sequía sea una inconveniencia natural o una verdadera catástrofe, capaz de seguir acelerando el círculo vicioso de la pobreza y la degradación ambiental.

\*El presente artículo forma parte de un trabajo más amplio elaborado por Israel Velasco del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Fue presentado en el Foro del Agua realizado en la ciudad de Hermosillo, Sonora en el 2003. Organizado por la Universidad de Sonora.  
Correo: ivelasco@tlaloc.imta.mx www.imta.mx



### CLASIFICACIÓN DE LOS DAÑOS DE LA SEQUÍA

Los impactos de primer orden en general se limitan a los de carácter biológico, mientras que los de orden superior se asocian con el daño socio económico, los grados de responsabilidad y los cambios o efectos a largo plazo. Por cada gran rubro los daños se clasifican en:

#### a) Económicos:

- pérdida de producción agrícola, pecuaria, forestal y pesquera
- recesión en la tasa de crecimiento económico regional
- pérdida de ingreso de productores, comerciantes, transportistas, etcétera.
- aumento en la demanda de energía
- decremento en industrias y actividades asociadas y/o dependientes
- desempleo y tirantez de créditos y actividad bancaria; menor flujo de activos
- disminución de ingresos y beneficios vía impuestos

#### b) Ambientales

- daño a los ecosistemas
- erosión y pérdida de suelos
- degradación de la calidad del agua y del aire
- degradación del paisaje

#### c) Sociales:

- escasez de cantidad y calidad de alimentos
- problemas de salud y aumento de morbilidad en sectores vulnerables
- conflictos entre usuarios y sectores del agua
- desigualdad en la absorción del impacto
- baja de la calidad de vida e incremento de la pobreza
- inestabilidad social, marginación y migración hacia áreas urbanas o al extranjero

En síntesis, ante una condición de insuficiencia, sin gobernabilidad, si no se hacen cambios profundos en la gestión del agua, la viabilidad de desarrollo sustentable estará seriamente comprometida.

Por ello, un plan para enfrentar la sequía debe ser a la medida, y con la suficiente flexibilidad para adaptarlo a las diversas situaciones que progresivamente se pueden presentar en una misma cuenca o región. De otra forma, el riesgo latente se vuelve más real que nuestras cuencas, nuestros países y nuestro planeta se conviertan en el Último Oasis (Postel, 1992).

### SOLUCIONES: PREVENCIÓN Y PLANEACIÓN

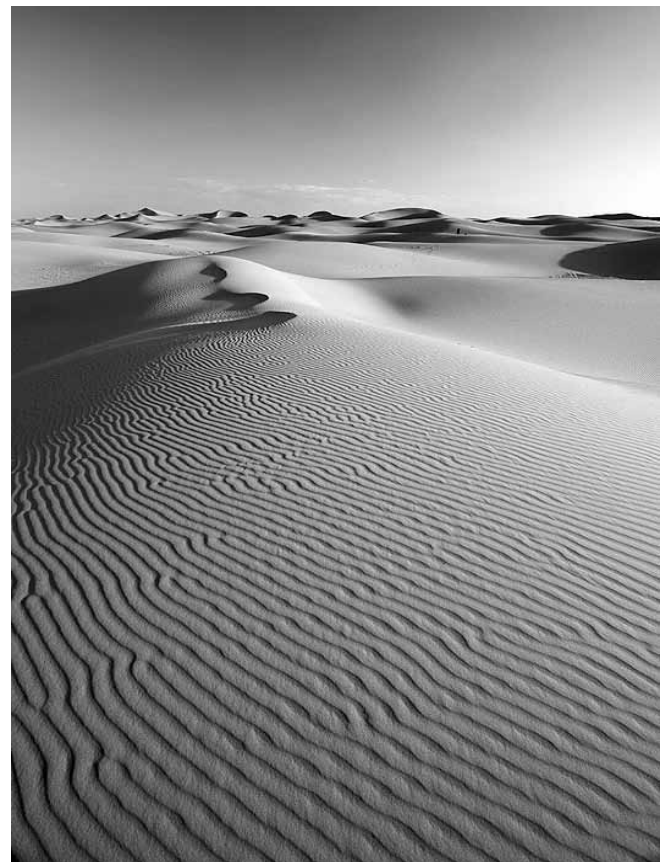
La sequía es un fenómeno natural inevitable, poco predecible, progresivo y frecuentemente catastrófico. La complejidad de sus causas, aún poco entendidas, se manifiesta en la alteración de los patrones de circulación atmosférica. Ocurre o puede ocurrir en cualquier lugar y en cualquier tiempo.

La mejor forma de afrontar su efecto es con medidas previsoras, por lo que un plan para afrontar las sequías es una estrategia integral de interacciones coordinadas, con el objetivo de mitigar el impacto a través de procedimientos que tiendan a mejorar el uso y la gestión integral del agua.

Es esencial establecer prioridades, limitar volumen y asignar déficit de agua con criterios de igualdad, equidad y eficiencia, así como impulsar la participación social para asumir la responsabilidad que le compete.

La evolución de las estrategias y mecanismos de gestión que surgen en torno a la problemática del agua, como los mercados del agua, significan posibilidades de aportar posibles soluciones.

Manejar el riesgo mediante planes y acciones previsoras siempre es mejor en costos, resultados y oportunidades, que soportar la crisis, de resultados usualmente pobres e ineficientes. En conjunto, un plan para afrontar la sequía debe ser socialmente aceptable, técnicamente viable, e institucionalmente operativo, así como flexible y oportuno para adaptarse a la evolución natural del fenómeno, del entorno y de la sociedad. Respetar y valorar los aspectos ambientales es decisivo en la sustentabilidad ecológica, paisajística y finalmente humana: sin agua no hay vida, y el agua es cada vez más un elemento de lucha y de poder.



## SEGURIDAD EN EL USO DE AISLANTES TÉRMICOS POLIMÉRICOS LA GUARDERÍA ABC Y LA TORMENTA PERFECTA

RAFAEL E. CABANILLAS LÓPEZ

El 6 de junio de 2009 la ciudad de Hermosillo fue testigo de uno de los accidentes más fatales de este municipio al incendiarse la Guardería ABC, causando la muerte de 49 niños por quemaduras, a decir de los testigos fue un incendio tan contundente que poco pudieron hacer los socorristas para salvar más vidas. Una de las causas seguramente, además del fuego y de las salidas de emergencia, fue el uso inadecuado de algunos materiales como el poliestireno que causó la tormenta perfecta. La mezcla compuesta básicamente por benceno y poliestireno, adicionada con un agente iniciador de la ignición como fósforo blanco, se le conoce como napalm.

La única forma de evitar estos terribles accidentes es reglamentar el uso de materiales como el poliestireno en viviendas y edificios y utilizarlo sólo bajo estrictas medidas de seguridad.

### EL USO DE LOS MATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado rápidamente la oferta de materiales nuevos para la construcción. La gran demanda de viviendas, edificios, centros comerciales etcétera, ha hecho que los constructores estén renovando constantemente sus técnicas de construcción buscando por un lado, eficientar sus recursos económicos o financieros y, por otro optimizar sus tiempos y técnicas de construcción. Por otra parte la búsqueda de viviendas y edificios más eficientes energéticamente hablando ha disparado la incorporación de materiales novedosos en la búsqueda de evitar altos consumos de energía eléctrica, ya sea en la parte de iluminación como en la parte de climatización.

En particular en la región del noroeste del país las condiciones climatológicas caracterizadas por largos y calientes veranos obligan a la utilización extensiva de equipos de refrigeración los cuales consumen grandes cantidades de energía eléctrica, esto provoca que los dueños de edificios o habitantes de viviendas busquen disminuir sus cuentas de electricidad, una de las alternativas más socorrida y, muy correcta, es la de aislar las casas o edificios utilizando algún material de baja conductividad térmica. La idea es disminuir el intercambio de calor entre el espacio habitado y el caliente exterior.

Existen varios materiales que sirven para este propósito, en particular los materiales que presentan menores conductividades térmicas como son las espumas rígidas, ya sean basadas en poliestireno o en poliuretano. Sin lugar a dudas estos materiales se han convertido en los caballitos de batalla contra los inmensos consumos de electricidad que provoca el uso del aire acondicionado, el cual se utiliza cinco veces más en los meses de verano.

Como cualquier otro tipo de materiales su uso debe ser tomando en cuenta por sus propiedades, limitaciones y aspectos de seguridad que deben seguirse para obtener los mejores resultados de su aplicación y, por supuesto, obtener el mejor desempeño por la inversión efectuada.

### LAS ESPUMAS POLIMÉRICAS RÍGIDAS

Son materiales compuestos que utilizan la propiedad de algunos polímeros de formar micro celdas. Esta estructura de micro celdas es muy estable y está llena de aire. Como el aire es uno de los materiales con menor conductividad térmica, al confinarlo en microceldas no se puede mover y así se evita la convección que es un mecanismo de transferencia de calor muy eficiente, entonces se logra tener un material compuesto por el polímero y el aire confinado el cual tiene una gran resistencia térmica que desfavorece el paso de calor. Los materiales que forman espumas rígidas más usuales son: el poliestireno y el poliuretano.

Ambos materiales son poliméricos que tienen muchas ventajas, pero que requieren de estrictas medidas de precaución desde su fabricación hasta su instalación.

Para el uso seguro de estos materiales en las viviendas o edificios es necesario que la instalación sea en el exterior y con una buena protección (emplaste duro), porque no resisten la acción de la intemperie como los rayos ultravioleta del sol o los elementos naturales de vientos-lluvia. De requerir instalarlos dentro de las viviendas es entonces necesario contar con buenos sistemas de detección de incendios o, mejor aún, un buen sistema contra-incendios.

DR. RAFAEL E. CABANILLAS LÓPEZ  
Doctor en Ciencias, Departamento de  
Ingeniería Química y Metalurgia  
Correo: ecaban@iq.uson.mx





Estas simples recomendaciones harán menos probable casos como el que a continuación se describe.

### LA GUARDERÍA ABC: LO QUE LES CAYÓ A LOS NIÑOS FUE PRÁCTICAMENTE NAPALM

La mezcla compuesta básicamente por benceno y poliestireno, adicionada con un agente iniciador de la ignición como fósforo blanco, se le conoce como napalm.

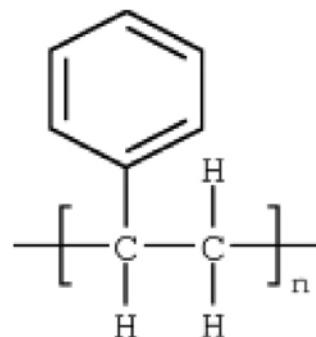
El poliestireno se utiliza para darle cuerpo a la mezcla, lo que produce una especie de gel que una vez encendido difícilmente puede ser sofocada, además se comporta como un plástico pegajoso que se adhiere a la piel o los objetos con los que tiene contacto y permanece encendido durante bastante tiempo.

En el suceso trágico 6 de junio de 2009 se unieron varios factores que en conjunto conformaron lo que se conoce como "la tormenta perfecta" es decir las peores condiciones posibles para producir el peor efecto. Si bien esta suma de factores tiene baja probabilidad de suceder, eventualmente sucede y los efectos son terribles.

Por lo que se conoce del incendio a nivel público, que son relatos recopilados y publicados por los periódicos locales se pueden concluir algunos puntos: la guardería poseía un techo falso o plafón formado por poliestireno expandido (comúnmente denominado frigolit o estirofoam). Que ese techo estaba en el interior de una gran bodega que se compartía con otras áreas que almacenaban distintos materiales. Se habla de una explosión, que hubo una confusión total y todo pasó demasiado rápido para responder con celeridad. Que los niños tenían como plástico derretido en su piel. Que los detectores de humo no dieron alarma, que los extinguidores no se pudieron encontrar. Las puertas de salida de emergencia no funcionaron.

### ¿QUÉ ELEMENTOS INTERVINIERON EN ESTE SUCESO?

Teniendo estos elementos en cuenta se pueden adelantar algunas conclusiones claro, a reserva del dictamen perital que los expertos determinen en base a sus estudios: se puede observar que este lamentable accidente contó con la concomitancia de muchos factores para producir el efecto conocido. El poliestireno expandido es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Tiene, como la gran mayoría de los polímeros, su base en elementos como el carbón y el hidrógeno. El poliestireno expandido es de fácil ignición y es inestable a bajas temperaturas ya que empieza su degradación a 100°C aproximadamente.



Estructura química del poliestireno

El poliestireno está prohibido en muchos países como material de construcción si no se encuentra tratado con retardantes de fuego o "encarcelado" entre paredes de concreto u otros materiales "secos".

## ALGUNOS INCIDENTES PARECIDOS

A nivel mundial se han tenido varios terribles incendios donde el poliestireno jugó un papel central: el 11 de abril de 1996, el segundo aeropuerto en importancia de Alemania se incendió, perdiendo la vida 17 personas y otras más tuvieron que ser hospitalizadas por intoxicación debido a la inhalación de los gases y vapores de combustión. El 18 de noviembre de 1996, en el túnel que une Francia con Inglaterra se presentó un incendio que involucró al poliestireno, el cual era transportado por los vagones de carga del tren, este accidente afortunadamente no tuvo víctimas fatales, pero si una cantidad considerable de daños materiales que obligaron a las compañías involucradas a tomar medidas precautorias muy rígidas.

En el estado de Sonora ya se habían presentado incendios que involucraron al poliestireno, en Ciudad Obregón, hace algunos años, se incendió un supermercado (Cadena VH) el cual contaba en el techo con un gran plafón de poliestireno. En el accidente hubo muchos heridos y las condiciones fueron muy parecidas a la guardería ABC.

## CÓMO FUNCIONA LA "TORMENTA PERFECTA": EL CASO DEL POLIESTIRENO

Primero si alguien ha tratado de quemar una lámina de poliestireno se dará cuenta que no es tarea fácil y que una vez encendida el fuego se propaga lentamente si no es que se extingue, entonces ¿Cómo es posible pensar que el poliestireno es el culpable de tantos y tan terribles incendios? lo que sucede es lo siguiente; un pequeño fuego iniciado, por ejemplo por un corto circuito o un pequeño mueble, genera gases calientes que pueden llegar a los 1000°C estos gases suben rápidamente buscando las partes altas de la vivienda o edificio, es aquí donde los gases calientes entran en contacto con el poliestireno.

Como se describió anteriormente el poliestireno se degrada después de los 100°C así que ante un flujo de gases de combustión con alta temperatura el poliestireno se empieza a descomponer en sus elementos básicos que son carbón e hidrógeno (y combinación de éstos) con benceno, todos estos gases forman una mezcla la cual resulta muy explosiva. La continua exposición del poliestireno con los gases calientes genera una gran cantidad de vapores, de esta mezcla explosiva que sólo necesita de una descarga eléctrica (como la que sucede cuando portamos electricidad estática) o que las llamas del pequeño incendio inicial toquen esos vapores y ocurra una explosión generalizada.

Si nos regresamos unos instantes antes de la explosión, deberíamos aquí decir que estos gases en general son más livianos que el aire y que como están calientes tienden a subir y a esparcirse por todo el techo. Es decir, esta mezcla gaseosa explosiva en esos momentos cubre una gran parte del techo y difícilmente será descubierta por los detectores de humos, entre más tiempo pasa, más grueso es su espesor y más concentración de gases explosivos. Los gases y los vapores se encuentran confinados, ya sea por debajo o por encima del plafón, como no existe ventilación alguna, todos los gases y vapores producidos se acumulan y se acumulan. Aquí sólo falta una chispa para desatar "la tormenta perfecta".

Lo que los testigos-víctimas del incendio en el supermercado de ciudad Obregón comentaron: es que no vieron el incendio, nunca les dio olor a quemado y de pronto el techo se desplomó como una lluvia de fuego sobre sus cuerpos.

Posiblemente fue lo mismo que sucedió en la Guardería ABC, el incendio quizás se originó fuera de las instalaciones de la propia guardería, pero en un recinto tal que tenía contacto con el poliestireno del plafón, éste se gasificó y posteriormente se presentó la explosión de los gases. Esta secuencia de sucesos explica porqué fue tan repentino todo el acontecimiento.

Este no es el caso de un incendio común que inicia en una parte determinada y que lentamente se desplaza conforme encuentra material inflamable, aquí la explosión de los gases extendidos por todo el techo, fue el medio por el cual el fuego se propagó. Como es el techo el que se colapsa, cae como un baño de aceite hirviendo e inflamado sobre todas las superficies, prácticamente como una bomba de napalm. Para esos momentos no hay solución posible.



## SUGERENCIAS PARA EVITAR ESTE TIPO DE ACCIDENTES

La única forma de evitar estos terribles accidentes es reglamentar el uso de materiales como el poliestireno en viviendas y edificios y utilizarlo sólo bajo estrictas medidas de seguridad.

El poliestireno, la lámina de cartón negro, el poliuretano son materiales de frecuente uso en nuestra región, pero este conlleva algunos riesgos que deben ser minimizados con normas de seguridad, que permitan dar certidumbre a los usuarios.

En el Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia existe un área que estudia los materiales, la transferencia de calor, entre otros, por lo que se puede brindar asesoría y realizar estudios de investigación para conocer el comportamiento de los materiales, sobre todo los relacionados con la construcción.



## GESTIÓN DE RIESGOS UNA MEDIDA PARA LA PREVENCIÓN DE PÉRDIDAS

JESÚS FERNANDO GARCÍA ARVIZU <sup>1</sup>, FERNANDO RODRÍGUEZ LÓPEZ <sup>2</sup>,  
GONZALO FERNÁNDEZ SÁNCHEZ <sup>3</sup>

En los últimos años hemos sido testigos de innumerables catástrofes y siniestros que han producido gran cantidad de pérdidas humanas e incalculables daños ecológicos y materiales. Sucesos tan recientes y cercanos como el incendio de la guardería ABC en la ciudad de Hermosillo, Sonora, que causó la muerte a 49 niños, nos hacen conscientes de que el riesgo es algo real que continuamente está amenazando toda actividad humana.

La gerencia de riesgos es la única arma de que disponemos para luchar contra ellos. En este artículo veremos qué es y en qué consiste la Gestión de Riesgos, cuáles son sus últimas tendencias de estandarización y con qué medios y recursos debemos contar para poder llevarla a cabo de una manera eficaz en cualquier tipo de empresa, llegando a convertir el propio riesgo en una fuente de generación de ventajas competitivas.

1. Profesor Ingeniero Civil. Departamento de Ingeniería Civil y Minas  
Universidad de Sonora, México  
Correo: fergarcia@pitic.uson.mx
2. Profesor Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Madrid, España  
Correo: frodriguez@cpv-oct.com
3. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Madrid, España  
Correo: age\_roler@hotmail.com

## EL RIESGO: DEFINICIONES GENERALES

¿Qué es el riesgo? Si vamos a enfrentarnos a él, debemos partir teniendo claro este concepto. En principio, la definición académica de riesgo según el Diccionario de la Lengua Española es la siguiente:

a) Riesgo. (Del it. *risico* o *rischio*, y este del árabe clásico *rizq*, lo que depara la providencia). 1. m. Contingencia o proximidad de un daño. 2. m. Cada una de las contingencias que pueden ser objeto de un contrato de seguro. a ~ y ventura. 1. loc. adv.

b) Dicho de acometer una empresa o de celebrar un contrato: Sometiéndose a influjo de suerte o evento, sin poder reclamar por la acción de estos. correr ~ algo. 1. fr. Estar expuesto a perderse o a no verificarse.

Para entrar en materia, la anterior definición no está mal, pero es fundamental que desde el principio no nos dejemos confundir por la segunda acepción y tengamos claro que la Gerencia de Riesgos va mucho más allá de la mera transferencia del riesgo a las compañías de seguros.

Siendo más técnicos, una definición matemática del riesgo puede ser la siguiente: el riesgo se define como la esperanza matemática de la pérdida. Si consideramos un suceso con una probabilidad de ocurrencia  $P$  y un daño o severidad  $S$ , el riesgo vendrá definido por el producto de esta probabilidad y el efecto o magnitud del daño. Es decir:

$$R = P \times S \text{ (siendo } 0 \leq P \leq 1)$$

Una definición equivalente y de uso más extendido se obtiene sustituyendo la probabilidad por la frecuencia:

$$R = F \times S$$

En este caso,  $F$  representa la esperanza matemática de la pérdida en un determinado periodo de tiempo, o lo que es lo mismo, la probabilidad de ocurrencia de la pérdida en dicho periodo.

## DEFINICIÓN DE RIESGO SEGÚN ISO/CEI 73

Existen multitud de definiciones que intentan dejar claro este concepto tan etéreo y subjetivo, pero tal vez la que mejor expone el significado del riesgo para la gerencia es la que se da en la guía ISO/CEI 73:

**Riesgo:** Combinación de la probabilidad de un suceso y de su consecuencia. Parece que con las definiciones anteriores queda ya una idea clara de lo que es el riesgo, pero también es muy importante que queden muy claras las diferencias existentes entre dos conceptos que normalmente se confunden: el riesgo y el peligro.

Peligro es la contingencia inminente de que suceda algún mal, mientras que el riesgo se diferencia por la mayor incertidumbre respecto a que el hecho pueda suceder o no.

Una vez que tenemos una idea más clara de lo que es el riesgo, veamos cómo la percepción del mismo varía según el punto de vista desde el que se analiza.

## EL RIESGO PARA EL INDIVIDUO

En la sociedad actual, el individuo en su vida diaria se encuentra expuesto a sufrir multitud de daños (robos, incendios, accidentes, enfermedades, morir...).

Los riesgos que hoy en día preocupan por lo general a la sociedad son los siguientes:

- Personales:
  - La falta de salud.
  - La muerte (terrorismo, accidentes, enfermedades, delincuencia...).
- Patrimoniales:
  - Inseguridad de los bienes (delincuencia, estafas, accidentes, catástrofes naturales...).
  - Indemnizaciones por responsabilidad civil frente a terceros.

## EL RIESGO EN LA EMPRESA

El riesgo de negocio es la amenaza de que un evento o una acción puedan afectar adversamente a una organización en su función principal, que no es otra que aumentar al máximo su valor para los grupos de interés y lograr sus objetivos de negocio.

Por tanto, un riesgo de negocio supone:

- Una posibilidad de que las amenazas se materialicen.
- Una posibilidad de que las oportunidades no se alcancen.
- La existencia de incertidumbres que afecten a los procesos de decisión.

Para la empresa, riesgo es todo aquello que pueda afectar negativamente al interés del accionista, que a grandes rasgos, no es otra cosa que el valor de la acción.

Los riesgos a los que se enfrenta la empresa se pueden clasificar básicamente en cuatro grandes grupos:

- Riesgo social.
- Riesgo societario.
- Riesgos de responsabilidades civiles y penales.
- Riesgos patrimoniales.

Como vemos, tanto empresa como individuo están expuestos a diferentes tipos de riesgos que, en última instancia, llegan a amenazar su propia supervivencia, por lo que no pueden quedar ajenos y deben tomar medidas no sólo para evitar sufrir daños, sino también para asegurarse de que nada pueda evitar que alcancen sus objetivos.

La Gerencia de Riesgos marca las pautas que debemos seguir para actuar frente al riesgo de la manera más óptima posible, minimizando sus consecuencias negativas y maximizando las positivas.

## LA GERENCIA DE RIESGOS

Al igual que sucede con el riesgo, existen multitud de definiciones de lo que es o debe ser la gerencia de riesgos, pero tal vez la siguiente forma de definirla es la que mejor muestra el carácter de omnipresencia que ésta debe tener a todos los niveles de cualquier organización y del conjunto de la sociedad.

La gerencia de riesgos es:

- Un conjunto de métodos que permite:
  - Identificar los riesgos.
  - Analizar los riesgos.
  - Evaluar los riesgos.
- ¿De quién?:
  - Esfera individual o familiar.
  - Riesgos industriales de la pequeña y mediana empresa.

- Grandes riesgos industriales.
- Grandes corporaciones públicas y privadas.
- Actividades de servicios.
- Mega grupos aseguradores.
- Determinando las medidas para su minoración:
  - Eliminación.
  - Reducción.
  - Control de calidad.
- Optimizando las medidas en términos económicos (financiación):
  - Retención/Auto seguro.
  - Transferencia /Aseguramiento.
  - Cautivas.
  - Otras formas de transferencia alternativa (ART).
- Con la finalidad de preservar y/o mantener los activos:
  - Materiales.
  - Inmateriales.
  - Personales.
  - Del medio ambiente.
- En la posición óptima para el desempeño de sus objetivos.

En definitiva, el objetivo principal de la Gerencia de Riesgos es la optimización de todos y cada uno de los recursos disponibles, para minimizar las consecuencias negativas de los riesgos y maximizar las positivas, así como sus respectivas probabilidades.

## ETAPAS DE LA GERENCIA DE RIESGOS

La Gerencia de Riesgos se puede dividir en las siguientes fases o etapas fundamentales, ilustradas en la Figura 1:

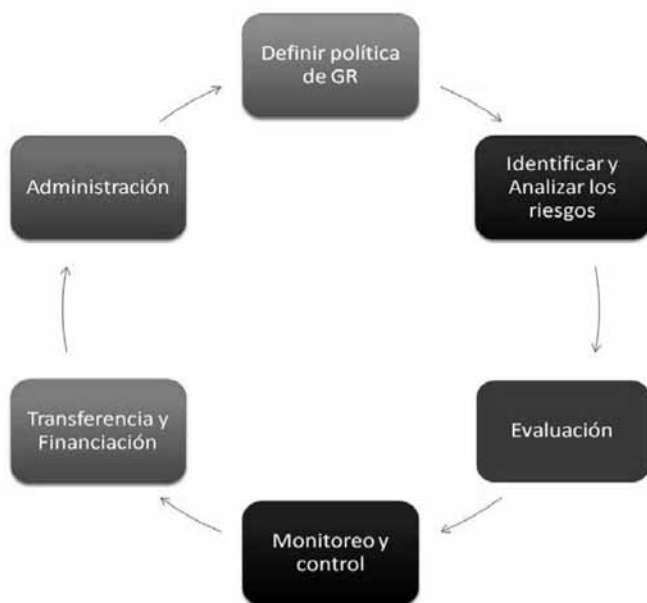


Figura 1. Fases de la Gerencia de Riesgos

### a) Definición de la política de Gerencia de Riesgos.

Necesidad de compromiso e involucración por parte de la alta dirección.

### b) Identificación y análisis de riesgos.

Creación de un “inventario de riesgos” que amenazan a la empresa clasificados según:

- Su naturaleza (personales, patrimoniales, de responsabilidad, etcétera).
  - El sujeto activo.
  - La actividad empresarial.
  - Los posibles daños.
- Midiendo sus posibles consecuencias.

### c) Evaluación de los riesgos.

Valoración de los riesgos en función de su probabilidad de ocurrencia (frecuencia) y el impacto que ocasionarían (intensidad).

### d) Minoración y control de riesgos.

Conjunto de medidas orientadas a eliminar o al menos reducir el impacto de los riesgos, empleando medidas de:

- Prevención.
- Protección.
- Control de calidad.
- Planes de contingencia.
- Medidas de salvamento.

### e) Transferencia y financiación de los riesgos.

La Financiación de Riesgos es la fase o etapa de la Gerencia de Riesgos que aborda la “elección de la(s) alternativa(s) o mecanismos más adecuados en cada momento y en cada circunstancia, orientados a la obtención y/o disposición de los recursos necesarios, cuando se ha producido un daño o pérdida en una empresa, con el objetivo de disponer lo antes posible de los elementos o bienes dañados, en condiciones similares a las existentes antes de que se hubiera producido la pérdida o llegado el caso mantener la capacidad productiva o reemprender la actividad, minimizando los costes totales para la empresa, asignando de la forma más eficiente posible los recursos disponibles y teniendo como objetivo principal mantener y/o garantizar tanto el patrimonio y resultados de la misma, como sus fines y objetivos.

Con este fin, las diferentes alternativas existentes son las siguientes:

- Retención.
- Autoseguro.
- Transferencia (a las Cías. aseguradoras a través de contratos de seguro).
- Transferencia relativa (establecimiento de franquicias en las pólizas de seguro).
- Creación de cautivas.
- ART (Transferencia Alternativa de Riesgos).

### f) Administración.

Conjunto de recursos y medidas dirigidas a que la empresa esté siempre en condiciones de afrontar cualquier riesgo que se le presente.

Estas fases no son y no se deben tratar como compartimentos estancos, dado que entre las mismas existen relaciones de interdependencia permanentes.

En este artículo introductorio hemos desarrollado sólo estas fases, en próximas colaboraciones se abordarán con mayor profundidad otras de ellas en lo que se refiere al proceso de Gerencia de Riesgos.





Daños en la carretera Guaymas-San Carlos (Septiembre 4 de 2009).

# EL HURACÁN “JIMENA”

## UN EVENTO QUE DEJÓ EVIDENCIAS PELIGROSAS

MANUEL DE JESÚS SORTILLÓN VALENZUELA

Se presenta un breve estudio del Comportamiento del Huracán “Jimena” en el Pacífico detallando su trayectoria y una explicación somera acerca del desarrollo de las tormentas acaecidas sobre el Valle de Guaymas-Empalme. Independientemente de las acciones que deban tomarse antes y durante un ataque ciclónico, es oportuno reglamentar con letra firme la construcción de infraestructura, principalmente de vivienda, cuando sea localizada en las planicies costeras de Sonora. Para ello, es imprescindible trabajar en la demarcación de las zonas de alto riesgo en todos los municipios de la entidad, a fin de que el ejército de ingenieros y arquitectos del presente y futuro asuman su cuota de responsabilidad en la construcción de obras levantadas sobre lugares equivocados. Se propone la intervención de la Universidad de Sonora en las labores de Investigación de los fenómenos meteorológicos y de protección civil en general.

ING. MANUEL DE JESÚS SORTILLÓN VALENZUELA  
Ingeniero Civil del Departamento de Ingeniería Civil y Minas,  
Área de especialidad: Hidráulica  
Correo:mjesus70@dicym.uson.mx

## JIMENA: UN METEORO CATASTRÓFICO

Normalmente, los sonorenses consideramos a la Península de Baja California como la gran barrera que protege a nuestras costas ante el ataque implacable de un huracán madurado en el Pacífico; es una verdad a medias, y el huracán "Jimena" lo vino a comprobar. Con vientos máximos comprobados de 155mph en el eje de giro ciclónico cuando transitaba en aguas libres del Pacífico medio, se convierte en uno de los meteoros más catastróficos que han lastimado las costas de Sonora durante los tiempos de registro científico, y que sin duda alguna será recordado como aquel llamado "Liza" de 1976, a decir verdad mucho más trágico que el que ocupa hoy nuestro estudio cuando provocó cientos de muertes en La Paz, Baja California Sur.

## LA TRAYECTORIA DEL FENÓMENO

Después de un par de días en crecimiento sobre las costas de Guerrero y Michoacán, JIMENA atrajo la atención de los especialistas del National Hurricane Center (NHC) de los Estados Unidos cuando alcanzó vientos de 35mph (depresión Tropical,  $v < 39$ mph) la noche del viernes 28 de agosto de 2009, moviéndose rápidamente hacia el Oeste a un respetable valor de 21kph. Por la mañana del sábado 29, la formación ya se había convertido en huracán ( $v > 74$ mph) con vientos de 80mph y dando evidencias de un desafortunado giro hacia el norte-noroeste, a la vez que reducía su velocidad de traslación estimándose en 14.5kph.

La velocidad en el eje ciclónico siguió en aumento durante ese fin de semana, llegando a la tarde del lunes 31 con una sorprendente medición de 155mph y traslación hacia el noroeste a 16kph. Esto era ya una mala noticia para Baja California, pues todos los modelos anunciaban un punto de choque en tierra en el sur de la Península, aunque con categoría menor al tope máximo que presentaba. Por la mañana del martes, JIMENA ya estaba afectando severamente al clima de la Baja California con el ojo aproximándose a una velocidad de 20kph, vientos concéntricos de 145mph y apuntando hacia las costas del poniente de la Península.

A la mañana siguiente, miércoles 2 de septiembre, el huracán entra por la Isla Santa Margarita cubriendo con vientos de 100mph y ráfagas mayores a Ciudad Constitución; su velocidad de traslación no bajaba, seguía por encima de los 20kph. A las 8AM de ese miércoles, el NHC publica una posible trayectoria muy temeraria: consideraba una disipación rápida durante las próximas 24 horas alcanzando JIMENA la categoría de tormenta tropical (vientos menores a 39mph) estacionándose en la zona media de la Península con el ojo sin tocar al mar de Cortés. El pronóstico falló una vez más; para las primeras horas del jueves 03 de septiembre JIMENA ya había cruzado la Península con el ojo sobre el Golfo de California aunque, ciertamente, en categoría de tormenta tropical con vientos máximos de 60mph y con un movimiento norte a 11.3kph.

Por la mañana del viernes 4 de Septiembre, JIMENA aún continuaba en el Mar de Cortés a unos 100km al oeste de Guaymas, en categoría de depresión tropical con vientos máximos de 30mph y amenazando nuevamente con regresar a tierra, tal y como lo hizo ese viernes por la tarde disipándose en la región media de la Península; en una semana JIMENA había recorrido casi 2000 kilómetros iniciando frente a Michoacán y cruzando de sur a norte por el centro de la Península de Baja California.

## LA TORMENTA CONTINUADA SOBRE GUAYMAS Y EMPALME

Si el eje ciclónico de JIMENA, ya degradado a tormenta tropical y después a depresión tropical (de miércoles a jueves) ni siquiera cruzó por Guaymas ni Empalme, entonces, ¿por qué los daños severos sobre estas dos importantes poblaciones sonorenses?

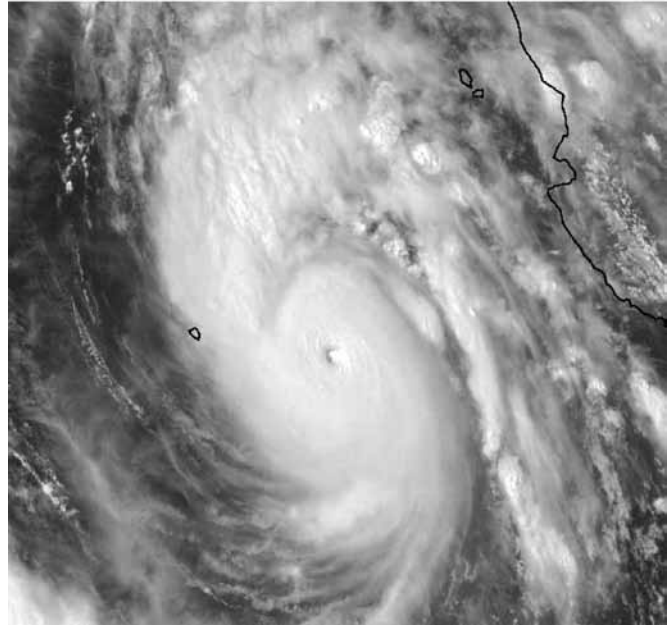


Figura 1. El Huracán "Jimena" en los momentos de máxima velocidad: 155mph; Agosto 31 de 2009; 22:00 UTC (15:00 Sonora).

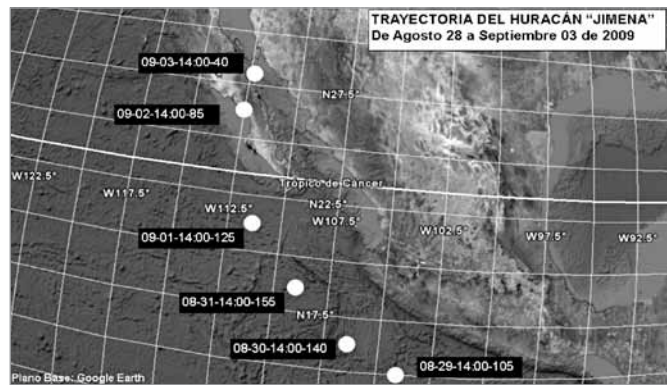


Figura 2. Trayectoria de "Jimena"; los números indican la fecha (mes-día-hora-velocidad mph).

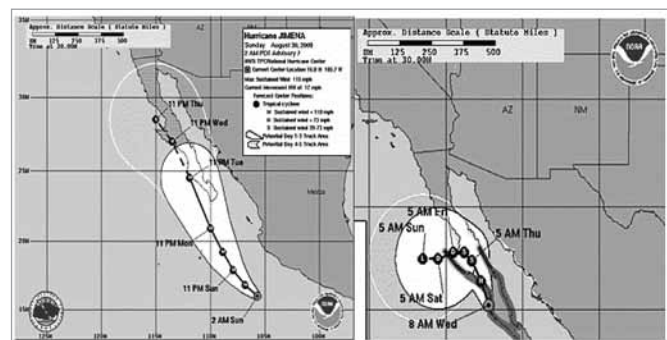


Figura 3. Trayectorias divulgadas por el National Hurricane Center para "Jimena". Obsérvese que nunca contemplaron el "ojo" del ciclón sobre el Golfo de California.



La respuesta la encontramos en los gráficos animados de imágenes de satélite, donde se demuestra que JIMENA no estaba solo; veloces animaciones por computadora comprueban que un dinámico centro ciclónico con eje de giro entre San Carlos y Tastiota, trabajó de manera sincronizada con JIMENA generando potentes choques convectivos, de igual a igual y estacionarios, forzando la creación de al menos 4 tormentas con lluvia intensa desde la noche del miércoles hasta la mañana del viernes, un lapso de tiempo de al menos 1.5 días.

Por si fuera poco, los efectos de ambos sistemas trabajando en colaboración no sólo provocaron precipitaciones abundantes sobre la parte baja de la cuenca del Río Mátape, Yaqui y Mayo, sino que a nivel de suelo y mar, ambos meteoros desarrollaron fuertes vientos hacia las costas incrementando considerablemente los ya de por sí elevados niveles en el Golfo asociados a la marea, dañando seriamente la infraestructura costera. La invasión de agua salada sobre el litoral sonorense frenó la salida de aguas pluviales relativos a los cauces que descargan en la bahía, incrementando el problema de inundaciones aguas arriba de las corrientes por el efecto de remanso, un grave problema que lo complicó todo.

Durante los reportes en el sitio WEB de estudios atmosféricos, una persona residente en Bahía Kino responsable de las alertas a las embarcaciones turísticas, se comunicó vía Email para solicitar información precisa sobre lo que estaba sucediendo en aquel jueves dramático. Bahía Kino no presentó problemas serios debido a que los vientos dominantes provenían de la tierra al mar, asunto se explico detalladamente según apreciaciones de primera mano, afirmándole a su vez que el problema comenzaba en Tastiota. Horas después, la persona de nuevo se comunica diciendo (textualmente):

“... Me estan reportando ahorita hace unos 25 minutos una señora por medio de celular que están completamente inundados en Tastiota... Me reportaron que ellos se subieron a una casita que estaba arriba de un cerrito habiendo 19 gentes adentro, 20 hombres en el porche y que las casas de la orilla estaban completamente bajo el agua... tenían solamente una botella de agua para todos...”. Esta información demuestra en parte la existencia de un fenómeno importante en Tastiota, además de graves problemas asociados a la protección civil.

## LAS ENSEÑANZAS DEL HURACÁN

La ciencia atmosférica aún se encuentra en consolidación, y JIMENA ha demostrado que todavía nos falta mucha dedicación y recursos de investigación robustos y constantes a fin de construir modelos de predicción efectivos que permitan una toma de decisiones acertada en momentos de apremio, como siempre sucede ante la presencia de estos complicados fenómenos del mar.

Las grandes pérdidas de viviendas y bienes que nuestros coterráneos sufrieron tanto en Guaymas como en Empalme, dejan evidencia de serios errores de planeación urbana del pasado que hoy salieron a la luz. Algunos sectores de Empalme poseen elevaciones que apenas rebasan los 2 metros por encima del nivel medio del mar, una característica que los hace vulnerables tarde o temprano a cualquier evento ciclónico, no necesariamente catastrófico; las olas de más de 3 metros, combinadas con una marea importante, seguramente van a producir daños severos una vez más en los años por venir si no se corrige a tiempo. Una adecuada estrategia de venta de terrenos y construcciones masivas de viviendas en zona seguras, es una buena opción para reconfigurar estos espacios en la búsqueda de un nuevo Empalme.

En lo que respecta a las estrategias de protección civil, para todos resulta claro que aún no contamos con servicios de alerta y ayuda de calidad, pues las quejas han sido innumerables por las deficiencias en la información previa al evento. Se advierte la necesidad de construir un modelo general que contemple estrategias rápidas y seguras con

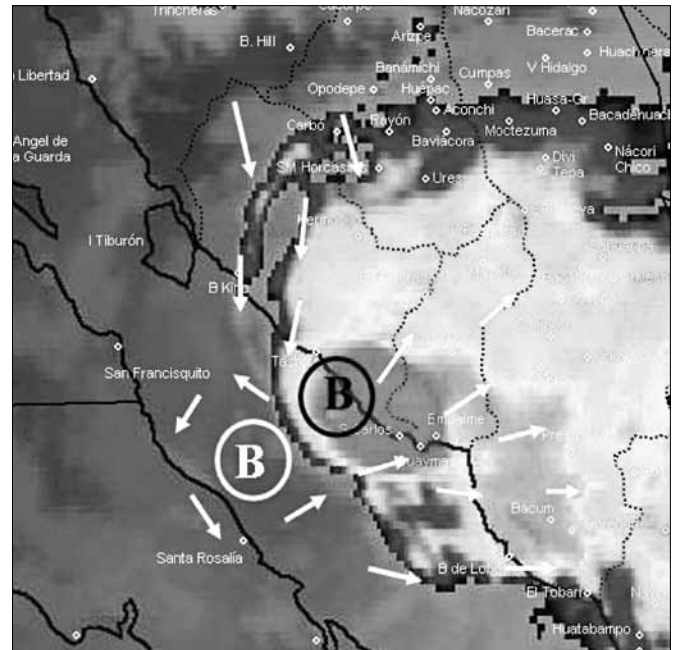


Figura 4. Dos bajas presiones y los choques convectivos; ambos flujos entraron en resonancia reforzándose las corrientes contra la zona Guaymas-Empalme.

el tiempo suficiente para elevar la seguridad de las comunidades sonorenses en tiempos de tormenta.

## REGLAMENTAR LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAETRUCTURA

Independientemente de las acciones que deban tomarse antes y durante un ataque ciclónico, es oportuno reglamentar con letra firme la construcción de infraestructura, principalmente de vivienda, cuando sea localizada en las planicies costeras de Sonora. Para ello, es imprescindible trabajar en la demarcación de las zonas de alto riesgo en todos los municipios de la entidad, a fin de que el ejército de ingenieros y arquitectos del presente y futuro asuman su cuota de responsabilidad en la construcción de obras levantadas sobre lugares equivocados.

## EL PAPEL DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

En estos tiempos difíciles por los que atraviesa nuestra entidad, es oportuno revisar la actuación de la Universidad de Sonora en este tema tan importante para la nación. No resulta apropiado ni conveniente para la imagen y buen prestigio de este máximo centro de estudios, la circunstancia de que nuestros catedráticos, investigadores y estudiantes mismos se mantengan al margen de los acontecimientos relacionados con la protección civil, haciendo las más de las veces de espectadores e incluso como afectados ante la presencia de un evento de alto riesgo.

No es necesario precisar las acciones que pueden realizarse en este tema en todas las carreras universitarias; se dan por su naturaleza misma: Ingeniería, Ciencias Químicas, Leyes, Medicina, etcétera; todas de un modo u otro están involucradas en alguna acción relacionada con la prevención, auxilio y recuperación de los sectores de nuestro estado o bien del país perjudicados ante una eventualidad extrema. Es el momento de trabajar en la integración de un organismo que permita consolidar las tareas de prevención y auxilio en casos de desastre por dos motivos importantes: para ser partícipes y solidarios en los momentos de crisis, y como un instrumento de capacitación, enseñanza e investigación por parte de la comunidad académica en general... es el momento de comenzar la tarea...



## RECOMENDACIONES ALIMENTARIAS PARA LA PREVENCIÓN DE LAS COMPLICACIONES RENALES DE LA DIABETES MELLITUS

MARÍA DEL CARMEN CANDIA PLATA<sup>1</sup>, GERARDO ÁLVAREZ HERNÁNDEZ<sup>2</sup>, LUCÍA GUADALUPE CASTILLÓN CAMPAÑA<sup>3</sup>, ARMIDA ESPINOZA LÓPEZ<sup>4</sup>, SAMUEL GALAVIZ MORENO<sup>5</sup>

Las complicaciones renales deterioran significativamente la calidad de vida o provocan la muerte de los pacientes diabéticos por insuficiencia renal. Los cambios en la dieta habitual (recomendaciones alimentarias; terapia dietaria), han sido una parte fundamental del control de los pacientes diabéticos y actualmente se consideran de gran importancia para reducir la progresión de las complicaciones renales. Sin embargo, muy pocos de los esquemas alimentarios que se utilizan en la práctica son el resultado de evidencias científicas. En este ensayo, se describen los problemas y discuten los avances de la terapia dietaria en la prevención de las complicaciones renales de los pacientes diabéticos.

1. Jefe del Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud.  
Correo: carmenc@guayacan.uson.mx
2. Profesor del Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud.
3. Investigador del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos.
4. Profesor del Departamento de Ciencias Químico Biológicas.
5. Director de Servicios Estudiantiles. Universidad de Sonora.

## PANORAMA ACTUAL DE LA DIBETES MELLITUS

En el 2008 se publicaron datos alarmantes que muestran que más del 47% de los pacientes diabéticos de América Latina padece nefropatía diabética, una complicación renal de la diabetes que deteriora rápidamente su calidad de vida hasta producirles la muerte por insuficiencia renal o por infarto al miocardio. En los últimos 20 años, el número de pacientes diabéticos que requieren diálisis o trasplante renal se duplicó; esta tendencia no podrá contrarrestarse rápidamente, a pesar de los múltiples programas de prevención de la diabetes. (1)

La evolución clínica de los daños renales en los pacientes diabéticos es relativamente predecible y, sin embargo, el éxito de las estrategias terapéuticas se ha visto históricamente limitado por el escaso conocimiento de los eventos moleculares subyacentes. No obstante, a lo largo del tiempo se han sugerido esquemas preventivos exitosos para algunos grupos poblacionales, basados en el estudio de los factores que tienen influencia en la progresión de los daños renales, como la edad, el sexo, las enfermedades concomitantes, el perfil genético de los pacientes y la severidad de los signos asociados con las alteraciones renales (cantidad de proteína excretada en la orina e hipertensión arterial, principalmente).(2)

Desde la perspectiva clínica tradicional, el tratamiento de los pacientes busca retardar la progresión de la insuficiencia renal y reducir los trastornos bioquímicos y fisiológicos derivados de la acumulación sanguínea de compuestos que los riñones dañados son incapaces de eliminar eficazmente, tratar las alteraciones óseas producidas por cambios en el metabolismo de la vitamina D, la hormona paratiroidea, la reducción del calcio, así como las provocadas por el aumento del fósforo sanguíneo y la hipertensión arterial. Sin embargo, el impacto positivo de estas estrategias sobre la tasa de mortalidad de los pacientes diabéticos continúa siendo muy pobre.(1)

Existe evidencia experimental, obtenida en las últimas décadas, que sugiere que los esquemas terapéuticos para la prevención de los daños renales de la diabetes serán exitosos en la medida en que sean capaces de revertir los ajustes hemodinámicos y prevenir los daños renales tardíos. Esto significa entre otras cosas, que el éxito depende de que las intervenciones se hagan lo más tempranamente posible.

Los cambios en la dieta habitual (p.e. recomendaciones alimentarias; terapia dietaria), han sido una parte fundamental del control de los pacientes diabéticos y actualmente se consideran de gran importancia para reducir el avance de las complicaciones renales. (2) Sin embargo, debe tenerse en cuenta que todos los días se publican esquemas alimentarios no consensados y que muy pocos son el resultado de evidencias científicas. En este ensayo, se describen los problemas y discuten los avances de la terapia dietaria en la prevención de las complicaciones renales de los pacientes diabéticos.

## RECOMENDACIONES DIETARIAS PARA LA PREVENCIÓN DE DAÑOS RENALES

La diabetes es la causa más común de enfermedad renal y cada año es responsable de la mitad de los casos nuevos de insuficiencia renal. La hiperglicemia asociada a la diabetes es el principal factor responsable de los daños renales, ya que provoca la pérdida progresiva de la función renal; por esta razón es muy importante mantener el control de la glucosa sanguínea de los pacientes en niveles que se acerquen lo más posible a los valores normales (70-100 mg/dL en ayuno y por debajo de 200 mg/dL después de ingerir alimentos). Parte del control de la glucosa sanguínea depende de los cambios de los hábitos alimentarios de los

pacientes y por esta razón existen diversas guías bien aceptadas para la prevención de la enfermedad renal crónica de la diabetes. Los acuerdos de la Asociación Americana de Diabetes y las guías canadienses sobre las recomendaciones alimentarias para los pacientes diabéticos, forman parte de los programas de prevención de las complicaciones renales de la diabetes y gozan de muy buena reputación internacional porque con ellas se ha logrado reducir la tasa de enfermedad renal terminal entre los pacientes diabéticos norteamericanos.(3, 6) Sin embargo, en México existe un enorme rezago al respecto, ya que la última modificación a la Norma Oficial Mexicana 015-SSA2-1994, para la prevención, tratamiento y control de la diabetes,(4) sólo señala el número de porciones diarias de los alimentos que deben consumir los pacientes diabéticos cuando no tienen complicaciones renales; se trata de una dieta equilibrada, calculada con base en las necesidades energéticas de los pacientes, pero que no toma en cuenta el estado funcional renal. No obstante, tanto los médicos mexicanos, como los pacientes diabéticos y sus familiares deben estar siempre conscientes de que la diabetes evoluciona naturalmente hacia las complicaciones renales, por lo que es preciso mantenerse alerta para detectar cambios en el funcionamiento renal y en esa medida hacer ajustes alimentarios.

## LOS ALIMENTOS QUE ELEVAN RÁPIDAMENTE LA GLUCOSA EN SANGRE SON PROMOTORES DEL DAÑO RENAL

La prevención de las complicaciones renales implica ante todo la necesidad de controlar la elevación crónica de la glucosa sanguínea (hiperglicemia), (3) no sólo en ayuno sino también después de ingerir alimentos (hiperglicemia posprandial). Esto es debido a que en los últimos años ha quedado suficientemente demostrado el efecto nocivo de la hiperglicemia sobre la estructura y funcionamiento de los riñones.(5)

Dado que el control de la glucosa sanguínea es el principal objetivo del tratamiento de los pacientes diabéticos, adquiere gran importancia la selección apropiada de alimentos para lograr que el nivel de glucosa esté siempre lo más cercano a la normalidad.(3) Teóricamente esta selección podría hacerse tomando en cuenta el poder de los alimentos para elevar la glucosa sanguínea una vez que son degradados y absorbidos en el intestino; esta es la respuesta glicémica, que se valora mediante el índice glicémico (IG) un sistema usado para cuantificar la respuesta glicémica de un alimento que contiene la misma cantidad de carbohidratos que un alimento de referencia(6). Se cree que las dietas con bajo IG pueden mejorar el control de la diabetes y prevenir el desarrollo de complicaciones renales.(7) Sin embargo, los resultados de los estudios realizados para investigar la asociación entre el IG dietario total (llamado "carga glicémica": CG) y el riesgo de descontrol glicémico y complicaciones renales en los pacientes diabéticos, han sido inconsistentes,(8) de tal manera que aunque los alimentos sean bajos en IG producen menos hiperglicemia posprandial que los alimentos con alto IG. Existe actualmente un fuerte debate en torno a la utilidad del IG y la carga glicémica (CG) de los alimentos, en el control dietario de los pacientes con diabetes. No obstante, el IG y la CG son cada día más utilizados en la práctica de la nutrición.

## LA IMPORTANCIA DE UNA DIETA EQUILIBRADA DE ACUERDO CON LAS NECESIDADES DEL PACIENTE DIABÉTICO

Debido a que la dieta es uno de los componentes importantes del tratamiento de la diabetes y en ocasiones es el único tratamiento necesario para un buen control de los pacientes, es fundamental la atención integral de las recomendaciones dietarias, tanto por los pacientes como por sus familiares.

Cuando el funcionamiento renal es aún bueno, la dieta de los pacientes diabéticos debe estar esencialmente equilibrada, calculada en base a sus necesidades energéticas (3) y repartida en 4-6 tomas, de preferencia con regularidad en los horarios, con verduras frescas, frutas (especialmente manzana y naranja) y cereales integrales en todas las comidas (arroz integral, trigo integral, avena o centeno), así como una leguminosa (por ejemplo frijol y lenteja) en una de las tres comidas principales del día, y pescado (salmón o sardina, no frito) uno o dos días a la semana.(3) Globalmente, se recomienda que la alimentación diaria del paciente diabético, sin complicaciones renales, contenga de 15-20% de proteína, menos del 7% de grasas saturadas y menos de 200 mg/día de colesterol, (3) por lo que es conveniente limitar hasta donde sea posible el consumo de carnes rojas, leche entera, quesos cocidos y yema de huevo.

## **EVITAR LOS CARBOHIDRATOS DE MUY FÁCIL DEGRADACIÓN INTESTINAL**

Los carbohidratos son los componentes alimentarios que más afectan la secreción de insulina pancreática y la glicemia posprandial y por ello, es importante hacer una selección adecuada de los mismos. No obstante esto, algunos carbohidratos contenidos en alimentos tales como los granos enteros son altamente recomendables para los pacientes diabéticos, debido a que no son fácilmente degradados ni absorbidos en el intestino y, por lo tanto, no elevan la concentración de la glucosa sanguínea y ácidos grasos libres como lo hacen los carbohidratos que son fácilmente degradados y absorbidos en el intestino. (7) En esta última categoría se encuentran los carbohidratos contenidos en alimentos con muy alto IG, como las papas y el azúcar refinado, que deben ser consumidos en muy baja cantidad por los pacientes diabéticos de acuerdo con las recomendaciones de la Asociación Americana de Diabetes (ADA por sus siglas en inglés). (3) No obstante, la ADA reconoce que el uso del IG tiene un beneficio modesto en los pacientes diabéticos, con relación al método en el que se formula un plan alimentario con base en los carbohidratos totales, y admite que no hay evidencia suficiente para llegar a la conclusión de que una dieta con IG bajo favorece el control de la diabetes y previene sus complicaciones. Por otro lado, es importante señalar que la selección de los alimentos por su IG, sólo representa una dimensión del manejo nutricional de los pacientes diabéticos, (9) en el que las recomendaciones alimentarias deben ser personalizadas. Además, se necesitan estándares y métodos aprobados internacionalmente para medir el IG de los alimentos, especialmente con propósitos de prevención de los daños renales.

La recomendación de mayor aceptación actual es la que se basa en la selección de granos enteros como fuente de carbohidratos complejos, reduciendo al mínimo posible los carbohidratos que se absorben muy rápido en el intestino (como las papas y cualquier alimento con edulcorantes). Es recomendable consumir de 20 a 25 g de fibra soluble, a partir de leguminosas, frutas y cereales (la avena es una buena opción, pero otras son el trigo, centeno y arroz integrales) y eliminar o reducir al mínimo los azúcares simples como la fructuosa y la glucosa, que están presentes en muchos alimentos procesados, bebidas gaseosas y medicamentos, porque su concentración elevada en sangre se ha relacionado con las complicaciones renales que desarrollan los pacientes diabéticos.

En particular, es importante destacar que la fructuosa es muy tóxica por su capacidad de elevar las concentraciones de ácido úrico (10) y por su capacidad de unirse a las proteínas y lípidos de los tejidos, alterando su función. Además, los pacientes diabéticos producen mayor cantidad de azúcares como la fructuosa y es probable que tengan la tendencia genética a una mayor absorción intestinal que las personas sanas. De interés reciente, es el aparente daño renal que causan las glicotoxinas que se producen durante el procesamiento de los alimentos y que demandan mayores estudios al respecto, así como intervenciones nu-

tricionales en las que se evalúe el impacto de la supresión de este tipo de alimentos (11) y de la elevación concomitante de la fibra dietaria (12) en la dieta de los pacientes diabéticos.

## **TOMAR LAS VITAMINAS Y MINERALES DE FUENTES NATURALES**

Los suplementos vitamínicos no tienen beneficios comprobables, a menos que el paciente tenga deficiencias específicas de algunas vitaminas. Aunque en ciertos casos la administración crónica de las vitaminas E y C mejora el estado general de los pacientes, el uso de estos suplementos ha sido fuertemente cuestionado por algunos investigadores, debido a que aún las vitaminas aparentemente inocuas como la vitamina C, la vitamina E y el ácido fólico, son capaces de alterar los procesos celulares normales; por ejemplo, en el caso de la vitamina C, se ha demostrado su capacidad de reducir la adaptación de los procesos celulares requeridos naturalmente para el funcionamiento muscular (13) y en el caso del ácido fólico se cree que podría producir cambios celulares inesperados. (14) Por estas razones, se recomienda que los pacientes diabéticos sólo ingieran suplementos vitamínicos por prescripción médica.

Por el contrario, es altamente recomendable el consumo diario de 4-5 porciones al día de vegetales, por ejemplo, de brócoli, coliflor, cebolla, ajo, apio, lechuga, tomate, entre otros, porque tienen la cantidad precisa de vitaminas naturales requeridas por los pacientes diabéticos y un alto contenido de antioxidantes y colina, una molécula requerida en la reparación de los tejidos. Los vegetales tienen la ventaja adicional de mejorar la tolerancia a la glucosa, probablemente por su alto contenido de magnesio y su bajo IG.

## **DIETAS BAJAS EN GRASAS SATURADAS**

El consumo de alimentos ricos en grasas saturadas (abundantes en las carnes rojas, el queso cocido, la leche entera y el huevo) y de alimentos ricos en grasas "trans" (muy abundantes en las margarinas) está vinculado con el incremento en el riesgo de complicaciones renales (15) y cardiovasculares, porque promueve el aumento en los niveles de colesterol total y en las lipoproteínas de baja densidad (c-LDL). Por ello, es muy importante que el consumo de estos alimentos se limite a pequeñas raciones (en total 50-75 g) dos veces a la semana, de manera que se logre la meta de consumir menos de 200 mg de colesterol al día. (3)

En las últimas dos décadas, se ha investigado el valor de las grasas monoinsaturadas (por ejemplo en el aceite de olivo) y las grasas poliinsaturadas (abundantes en algunos pescados), para mejorar el estado de nutrición de los pacientes diabéticos. (3) De tales estudios, ha surgido la recomendación de consumir pescados (como la sardina o el salmón) dos veces por semana y consumir unas gotas de aceite de olivo al día. Otra fuente de lípidos recomendada ampliamente para los pacientes diabéticos es la soya, sin embargo, no hay suficiente evidencia científica que permita recomendar su uso generalizado entre estos pacientes.

## **DIETAS BAJAS EN PROTEÍNA**

La utilidad de las dietas bajas en proteína (DBP) merece una discusión particular, porque aunque han sido muy utilizadas para el manejo sintomático de la disfunción renal avanzada, todavía existen dudas acerca de sus aparentes beneficios. En los últimos años se han acumulado evidencias que demuestran que los pacientes con daños renales responden de buena forma cuando su alimentación contiene 0.8 g de proteína por Kg de peso corporal, al día, (3) obtenida principalmente de granos integrales, leguminosas, pescado y leche y quesos descremados. Sin embargo, no hay suficiente evidencia que sugiera que



deba reducirse el porcentaje de 15-20% de proteína de la dieta de los pacientes diabéticos que tienen función renal normal.

Por otro lado, se desconoce el efecto a largo plazo de las dietas muy bajas en proteína. Es más, algunos investigadores argumentan que la probabilidad de que se presente cierta desnutrición con pérdida de masa muscular y exacerbación de los daños renales es mayor cuando la alimentación es pobre en proteínas. (16) Desafortunadamente, la mayoría de los estudios para evaluar los efectos de la DBP sobre la progresión de los daños renales crónicos, se ha basado únicamente en estimaciones seriadas de creatinina sérica como marcador de función renal. Esta limitación exige precauciones en el manejo del porcentaje y calidad de proteína en la dieta, a fin de mantener un estado nutricional adecuado en los pacientes, así como la realización e interpretación de pruebas renales seriadas usando técnicas de laboratorio alternativas.

## **DIETAS BAJAS EN SAL**

En modelos experimentales de enfermedad renal crónica, la restricción del sodio en la dieta ha tenido resultados controvertidos; algunos autores reportan la prevención de los daños renales, después de la restricción de sal en la dieta. No se sabe mucho acerca de los efectos renales de las manipulaciones de potasio en la dieta, pero al parecer la sustitución del sodio por el potasio puede reducir la hipertensión sistémica y, de manera indirecta puede retrasar la progresión de la enfermedad renal crónica. Sin embargo, la ingestión de potasio en exceso puede provocar su elevación en la sangre, provocando otros daños a la salud.

Por otro lado, en la insuficiencia renal crónica, la dieta baja en calcio también parece detener la progresión de la enfermedad de la manera como lo hacen las dietas bajas en sodio y fósforo. En particular, el uso de las dietas restringidas en fosfato (300 a 600 mg/24 horas) es materia de debate entre los grupos de diabetólogos. Esto se debe a que la mayoría de las dietas bajas en proteína están restringidas en fosfato, de manera que es difícil determinar el beneficio derivado del déficit de este mineral sobre la evolución de los daños renales de la diabetes. Sin embargo, en algunos estudios los pacientes se han sometido a dietas controladas y bajas en este mineral (< 500 mg/24 horas) ha mejorado la función renal, lo que sugiere la necesidad de realizar estudios prospectivos a gran escala.

Es importante señalar que en los últimos estudios que intentan demostrar el beneficio de las dietas deficientes en fosfato, se tiene el inconveniente de haber usado dietas con un índice glicémico bajo, lo que probablemente esté oscureciendo el efecto de la reducción del mineral. Por ello, una de las tendencias actuales es la de fomentar la suplementación de las dietas manteniendo el balance de calcio, fósforo y sodio. (17)

## **BEBIDAS**

Los adultos diabéticos con función renal normal, que acostumbran consumir bebidas alcohólicas, deben limitar su consumo a una copa (mujeres) o dos copas (hombres) pequeñas de vino de mesa o cerveza al día. Sin embargo, el consumo de estas bebidas debe suprimirse completamente cuando ya hay evidencia de daños renales.

En cuanto al consumo de café, se ha sugerido que su consumo elevado (más de dos tazas al día) puede aumentar la presión arterial, lo que a su vez puede desencadenar efectos renales negativos. En segundo lugar, la cafeína puede producir elevaciones temporales de glucosa en sangre, que pueden ser tan intensas que contribuyan a la progresión de los daños renales. (18) Por lo anterior, es recomendable que los pacientes reduzcan, al mínimo, el café de su dieta.

## CONSIDERACIONES FINALES

Actualmente la terapia dietaria constituye más una esperanza, que una realidad para limitar la progresión de los daños renales en los pacientes diabéticos y aunque la selección de las mejores fuentes alimentarias de proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales, parece por lo pronto depender principalmente de las circunstancias individuales para alcanzar los objetivos de control de la diabetes, se necesitan numerosos ensayos clínicos para garantizar su seguridad.

Idealmente debe lograrse el control óptimo de la glucosa y lípidos en sangre, el control de la presión arterial, el control de la excreción de proteína urinaria y el control del peso. Cuando los pacientes diabéticos no tienen problemas renales, tales objetivos se logran con una dieta equilibrada, variada y completa (exactamente la dieta que es recomendable para una persona no diabética). Sin embargo, cuando los pacientes ya tienen daños renales, las recomendaciones alimentarias deben hacerse procurando elegir alimentos que compensen la pérdida (o la retención de nutrientes específicos) que se produce como consecuencia de las complicaciones renales.

En los próximos años se espera un progreso significativo en el conocimiento de la fisiopatología de la disfunción renal crónica, lo que brindará elementos para desarrollar mejores intervenciones dietarias; mientras tanto, en este trabajo se delinearón algunos de los elementos que constituyen la base de la definición de las recomendaciones alimentarias actuales para los pacientes diabéticos que desean prevenir daños renales o retrasar su progresión.

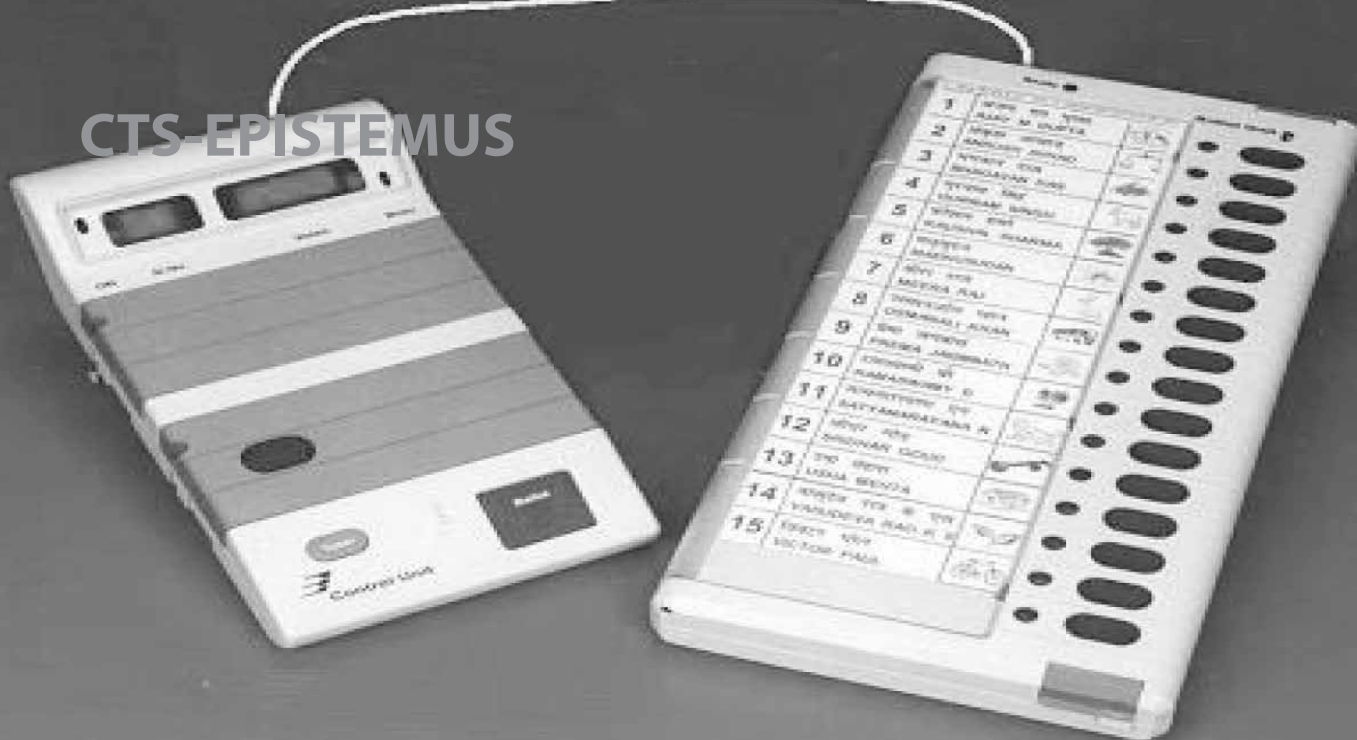
Finalmente, es importante señalar la necesidad de ajustar la terapia dietaria a las preferencias del paciente, pero sobre todo a su contexto familiar, laboral y económico, porque no hay una dieta general para los pacientes diabéticos, lo que hay son principios de nutrición básicos que deben ser ajustados individualmente de acuerdo con la situación de cada paciente. Por lo demás, cabe aclarar que la terapia dietaria constituye sólo una de las estrategias de tratamiento para la diabetes, cuya relevancia se debe contextualizar como parte del tratamiento integral de cada paciente.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Correa-Rotter R, Cusumano AM. (2008). Present, prevention, and management of chronic kidney disease in Latin America. *Blood Purif.* 26(1):90-4.
- 2) Levin A, Hemmelgarn B, Culeton B, Tobe S, McFarlane PI, Ruzicka M, Burns K, Manns B, White C, Madore F, Moist L, Klarenbach S, Barrett B, Foley R, Jindal K, Senior P, Pannu N, Shurraw S, Akbari A, Cohn A, Reslerova M, Deved V, Mendelssohn D, Nesrallah G, Kappel J, Tonelli M. (2008). Guidelines for the management of chronic kidney disease. *Clinical Guidelines. CMAJ.* 179(11):1154-62.
- 3) American Diabetes Association. (2008). Nutrition recommendations and interventions for diabetes: a position statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care.* 31(Suppl 1):S61-78.
- 4) Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-1994, para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus en la atención primaria, para quedar como Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-1994, para la prevención, tratamiento y control de la diabetes, modificación 2001. Secretaría de Salud. México.
- 5) UK prospective diabetes study (UKPDS) group (1998). Intensive blood-glucose control with sulphonylureas or insulin compared with conventional treatment and risk of complications in patients with type 2 diabetes (UKPDS 33). *Lancet.* 352(9131):837-53.
- 6) Wolever TM, Brand-Miller J, C, Abernethy J, Astrup A, Atkinson F, Axelsen M, Björck I, Brighenti F, Brown R, Brynes A, Casiraghi MC, Cazaubiel M, Dahlqvist L, Delpont E, Denyer GS, Erba D, Frost G, Granfeldt Y, Hampton S, Hart VA, Hästönen KA, Henry CJ, Hertzler S, Hull S, Jerling J, Johnston KL, Lightowler H, Mann N, Morgan L, Panlasigui LN, Pelkman C, Perry T,



- Pfeiffer AFH, Pieters M, Ramdath DD, Ramsingh RT, Robert SD, Robinson C, Sarkkinen E, Scazzina F, Sison DC, Sloth B, Staniforth J, Tapola N, Valsta LM, Verkooyen I, Weickert MO, Weseler AR, Wilkie P, Zhang J. (2008). Measuring the glycemic index of foods: interlaboratory study. *Am J Clin Nutr.* 87(1):247S-57S.
- 7) Livesey G, Taylor R, Hulshof T, Howlett J. (2008). Glycemic response and health—a systematic review and meta-analysis: the database, study characteristics, and macronutrient intakes. *Am J Clin Nutr.* 87(suppl):223S-36S.
  - 8) Wolever TM, Gibbs AL, Mehling C, Chiasson JL, Connelly PW, Josse RG, Leiter LA, Maheux P, Rabasa-Lhoret R, Rodger NW, Ryan EA. (2008). The Canadian Trial of Carbohydrates in Diabetes (CCD), a 1-y controlled trial of low glycemic-index dietary carbohydrate in type 2 diabetes: no effect on glycated hemoglobin but reduction in C-reactive protein. *Am J Clin Nutr.* 87(1):114-25.
  - 9) Onro JA, Sha M. (2008). Glycemic impact, glycemic glucose equivalents, glycemic index, and glycemic load: definitions, distinctions, and implications. *Am J Clin Nutr.* 87(1):237S-43S.
  - 10) Johnson RJ, Segal MS, Sautin Y. (2007). Potential role of sugar (fructose) in the epidemic of hypertension, obesity and the metabolic syndrome, diabetes, kidney disease, and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr.* 86(4):899-906.
  - 11) Koschinsky T, He CJ, Mitsuhashi T, Bucala R, Liu C, Blumenting C, Heitmann K, Vlassara H. (1997). Orally absorbed reactive glycation products (glycotoxins): an environmental risk factor in diabetic nephropathy. *Proc Natl Acad Sci.* 94(12):6474-9.
  - 12) Weickert MO, Pfeiffer AF. (2008). Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes. *J Nutr.* 138:439-42.
  - 13) Gomez-Cabrera MC, Domenech E, Romagnoli M, Arduini A, Borrás C, Pallardo FV, Sastre J, Viña J. (2008). Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *Am J Clin Nutr.* 87(1):142-9.
  - 14) Smith AD, Kim YI, Refsum H. (2008). Is folic acid good for everyone?. *Am J Clin Nutr.* 87(3):517-33.
  - 15) Ravid M, Brosh D, Ravid-Safran D, Levy Z, Rachmani R. (1998). Main risk factors for nephropathy in type 2 diabetes mellitus are plasma cholesterol levels, mean blood pressure, and hyperglycemia. *Arch Intern Med.* 158:998-1004.
  - 16) Menon V, Kopple JD, Wang X, Beck GJ, Collins AJ, Kusek JW, Greene T, Levey AS, Sarnak MJ. (2009). Effect of a very low-protein diet on outcomes: long-term follow-up of the Modification of Diet in Renal Disease (MDRD) Study. *Am J Kidney Dis.* 53(2):208-17.
  - 17) Wühl E, Schaefer F. (2008). Therapeutic strategies to slow chronic kidney disease progression. *Pediatr Nephrol.* 23(5):705-16.
  - 18) Lopez-García E, Van Dam RM, Rajpathak S, Willett WC, Manson JE, Hu FB. (2006). Changes in caffeine intake and long-term weight change in men and women. *Am J Clin Nutr.* 83(3):674-80.



## VOTO ELECTRÓNICO: ¿LA TECNOLOGÍA EN JAQUE?

HORACIO MUNGUÍA AGUILAR

En todas las democracias del mundo, pero más notablemente en las emergentes, el proceso electoral es una fuente constante de conflictos de diversa gravedad. Aunque muchos aspectos del proceso se han mejorado empleando diversas técnicas, la adopción de la tecnología electrónica ha encontrado inusuales cuestionamientos como elemento enriquecedor del proceso. Esencialmente, la electrónica permitiría la automatización del proceso mejorando su rapidez, seguridad y limpieza. En las siguientes líneas se presentan brevemente los diferentes aspectos que tendría un proceso de elección automatizado: los problemas que resuelve, las dudas que abre, las tecnologías implicadas y las nuevas reglas de operación que tendrían que surgir.

M.C. HORACIO MUNGUÍA AGUILAR  
Maestro en Ciencias del Departamento de Física  
Universidad de Sonora  
Correo: hmunguia@correo.fisica.uson.mx

## IMPRESIONANTE AVANCE DE LA TECNOLOGÍA

La abrumadora cantidad de novedades tecnológicas que nos encontramos día con día pareciera no tener límite. No hay necesidad, capricho o gusto que, dándole un tiempo adecuado, la tecnología no nos resuelva: televisores con imágenes impecables, teléfonos multiusos, computadoras ultra-veloces, refrigeradores digitalizados, etcétera. Sin embargo, una revisión un poco más detallada nos permite encontrar no una, sino varias promesas tecnológicas malogradas o incumplidas desde hace bastante tiempo. Ejemplos notables: el auto eléctrico, el libro electrónico y los sistemas de reconocimiento de voz e imagen. Cada una de ellas tiene explicaciones técnicas muy claras del por qué de sus magros alcances a pesar de los grandes esfuerzos que se han realizando para perfeccionarlos. En el terreno del quehacer político existe un problema muy delicado que parece que la tecnología no ha podido resolver satisfactoriamente: el sufragio electrónico. Este tiene que ver con la posibilidad de automatizar lo más posible el proceso completo de la elección de autoridades en una región, comunidad o país. El calificativo de “electrónico” resulta un poco engañoso en virtud de que desde hace mucho tiempo la tecnología electrónica participa en mayor o menor medida en diferentes partes del proceso. Aunque resulta claro que si el proceso de elección se puede automatizar, ésta será en virtud de la intervención masiva de la tecnología electrónica. Lo que está en discusión es si la tecnología no ha sido capaz de dar una respuesta satisfactoria a este asunto o si son factores extra-tecnológicos los que han impedido la aplicación masiva de la técnica a los procesos de elección.

Para apreciar el papel potencial de la tecnología en un proceso electoral, revisemos cuáles son las partes principales que conforman un proceso electoral típico en una democracia:

1. Emisión del voto: se lleva a cabo en una urna y tiene como características esenciales la identificación segura del votante, la secrecía del voto y el blindaje a la identificación del votante con su elección (anonimia).

2. Captura de la información en primera instancia: al cierre de la votación los votos captados en las urnas se vierten para su conteo y almacenamiento en una casilla o kiosco bajo la supervisión de los partidos participantes.

3. Captura de la información en segundas instancias: la información recabada en las casillas se transfiere a un centro intermedio (sección, distrito) para su cómputo, almacenamiento y, posiblemente, publicación. Dependiendo del ámbito de la elección, puede haber un proceso de transferencia adicional hacia una autoridad central que realiza el cómputo final.

4. En caso de dudas o impugnación de los resultados, la última etapa en el proceso electoral incluye un proceso de verificación o auditoría de los resultados.

Como es bien sabido, en nuestro país y en muchos otros lugares las etapas 3-4 se apoyan, desde hace mucho tiempo, en la tecnología de las comunicaciones para la transferencia inmediata de los resultados parciales obtenidos. Esta faceta tecnológica del proceso de ninguna manera la convierte en “electrónica” en el sentido que aquí estamos tratando. De hecho, existe el consenso universal de que la parte verdaderamente importante a considerar en el proceso de la automatización del proceso -y ciertamente las más problemáticas- se encuentran en las etapas 1 y 2.

## LOS PROCESOS ELECTRÓNICOS

Los procesos electorales automáticos o electrónicos (a veces llamados voto informático o voto cibernético) se pueden dividir en dos tipos: el voto a distancia y el voto presencial. En el primer tipo los votantes no tienen que presentarse en algún lugar específico para emitir el sufragio. Lo pueden hacer desde algún lugar remoto a través

de alguna terminal electrónica conectada a una red de comunicación. El Internet sería el caso más típico. Esta modalidad se encuentra casi descartada en la mayor parte de los países por razones de seguridad. Son ampliamente conocidos los problemas asociados a este sistema y sólo se le emplea en algunos países de forma limitada (1). El voto presencial es el voto clásico en el que el ciudadano se presenta a un lugar público especialmente adaptado para emitir el sufragio. En este lugar se dispone de una urna o módulo electrónico en donde el usuario, siguiendo algún procedimiento, emite su voto.

El voto automatizado no es nuevo. Desde el siglo XIX se han realizado intentos por mecanizar de alguna forma la emisión del sufragio (2). En la actualidad se emplea el voto electrónico, en sus diferentes modalidades, en diversas partes del mundo. De acuerdo a la tecnología específica empleada el voto electrónico presencial se puede clasificar en dos grandes grupos: las que emplean una boleta impresa sobre la cual el votante marca su selección, la cual es después leída por una lectora óptica o escáner que interpreta el resultado y lo registra electrónicamente, y las que emplean algún tipo de pantalla/teclado en la interacción con el usuario (urna electrónica) y que registran la selección en la memoria electrónica del aparato imprimiendo, eventualmente, una ficha de comprobación para el usuario.

Las tecnologías del primer grupo presentan el inconveniente de que no prescinden de la boleta de papel para la emisión del sufragio y por lo tanto no hay ahorro de este recurso. Sin embargo, tienen la ventaja de presentar cierta compatibilidad con los métodos tradicionales de sufragar y eso facilita la verificación posterior de los resultados en caso de que se presenten dudas. De cualquier forma, estas tecnologías están en franco retroceso respecto al segundo grupo (3).

Las siguientes son las ventajas más reconocidas que presenta un sistema de votación electrónica sobre uno tradicional:

- Mayor precisión y rapidez en el conteo de los votos.
- Ahorro de recursos en el proceso: ni boletas ni padrón impreso; reducción del personal requerido para el manejo de la casilla; eliminación de las actas impresas, entre otras.
- Disminución del número de errores en todo el proceso.
- Reducción de la posibilidad de fraude

Las principales desventajas que se tienen en un proceso electrónico de votación serían:

- Necesidad de estudiar, discutir y seleccionar una tecnología que convenga a todos los participantes del proceso.
- Necesidad de contar con personal técnico especializado para atender las nuevas características del proceso por parte de todos los actores políticos involucrados, principalmente de la autoridad.
- Necesidad de instruir a la población sobre el nuevo mecanismo de votación.
- Necesidad de una fuerte inversión inicial de recursos.

Algunos especialistas ponen en duda la supuesta ventaja electrónica de la seguridad ya que, afirman, estos sistemas presentan puntos de vulnerabilidad que pudiera facilitar el camino al fraude o alteración de los resultados. Sin embargo, estas observaciones quedan matizadas cuando se observa que se refieren a ciertos sistemas en particular que no toman en cuenta todos los estándares de seguridad informática actualmente existentes (firma digital, autenticación, encriptación, etcétera).

Dos nuevos argumentos se pueden agregar a favor de la implantación del voto electrónico y que en algunos países ha apresurado la toma de decisiones a este respecto:

- Aumento desmedido de la población.
- Comicios con resultados cada vez más cerrados.

Las poblaciones muy numerosas hacen cada vez más impráctico el despliegue de la infraestructura de los comicios tradicionales, sobre todo cuando se tiene una gran variabilidad geográfica con numerosas poblaciones marginadas. Por otra parte, cuando los resultados de las votaciones son muy apretados, los mecanismos de precisión en el conteo de los votos dejan de ser un lujo para convertirse en una necesidad.



## LA URNA ELECTRÓNICA

Como ya se mencionó anteriormente, las primeras dos etapas en un proceso electoral, la emisión del sufragio (depositar el voto en urna) y su primera instancia de conteo (el vaciado de las urnas), son las más críticas en lo que se refiere a la integridad de sus características: identificación segura del elector; secrecía, anonimato, facilidad y certeza en la emisión de su voto; seguridad y vigilancia de la urna; simplicidad y seguridad en el proceso de conteo de los sufragios al final de la jornada. La mayor parte de la polémica sobre la viabilidad del voto electrónico se centra en estos aspectos, y la mejor carta con que cuenta actualmente la tecnología es el sistema electrónico DRE (Direct Recording Electronic System) (4).

Este sistema de votación presencial consiste de una máquina electrónica autónoma y portátil que opera como un módulo de votación único para cada casilla. En operación no se encuentra conectada a ninguna otra máquina (no está en red) y dispone de algún tipo de pantalla y un teclado o conjunto de botones a través de los cuales el elector emite su voto, seleccionando las diferentes opciones mostradas. Los votos son registrados en una memoria interna que sólo pueden ser vaciados al final de la jornada. Este módulo, de la cual existen muchas versiones, es una máquina de propósito específico (no es una PC) que únicamente se utiliza en eventos electorales. En la figura 1 se muestra una versión de estas máquinas que se emplearon en las elecciones generales de la India del 2004.

Consiste de dos sub- módulos: el mayor, del tamaño de un teclado musical, es la urna propiamente dicha en donde el elector "deposita" su voto; curiosamente, la unidad no dispone de una pantalla electrónica sino de un espacio adjunto a los botones de selección en donde se coloca una cartulina con los nombres de los candidatos y el logo de sus partidos; esto lo convierte en un aparato muy económico sin arriesgar su seguridad. El otro sub-módulo, del tamaño de una impresora portátil, es la unidad de control a través de la cual, por medio de un cable de 5m de longitud, el oficial de casilla puede habilitar la emisión del voto del ciudadano en turno. El proceso del sufragio con este sistema se lleva a cabo de la siguiente forma:

1. El elector se presenta en la casilla de votación en donde se identifica con algún documento apropiado. El oficial a cargo de la casilla lo registra y le hace firmar una lista de control.

2. El elector pasa a un espacio privado donde se encuentra el módulo-urna. Desde la unidad de control el oficial habilita la urna permitiendo que el votante realice su selección. Después de efectuado el voto la urna comunica el sentido del voto a la unidad de control y se inhabilita para permitir el acceso a un nuevo votante. La unidad de control almacena el resultado -sin mostrarlo- en su memoria interna. Esta memoria no es removible sino que está integrada en sus circuitos (tipo flash o EEPROM).

3. Al término de la votación tanto la urna como la unidad de control son selladas en presencia de todos los funcionarios de la casilla utilizando técnicas convencionales (papel engomado e hilos de seguridad). El resultado del conteo no se da a conocer en tanto no se presione un botón totalizador del que dispone la unidad de control y que permanece también sellado.

4. Los módulos son trasladados a las oficinas del distrito correspondiente en donde, después de verificar su integridad, se rompen los sellos y se activa el botón totalizador en presencia de los representantes de los partidos. Los resultados parciales son transmitidos por medios convencionales a la autoridad central correspondiente.

5. En caso de impugnaciones y si así lo determina la máxima autoridad electoral se pueden revisar los resultados de los módulos de control cuestionados ya que éstas disponen de la capacidad de imprimir sus registros.



Figura 1. Urna electrónica de la India 2004

El empleo de este módulo en las elecciones generales de la India en 2004 fue todo un éxito. En total se emplearon 1 millón de estas unidades que presentaron un mínimo de problemas. El sistema electoral electrónico de la India ha sido considerado por todos como un ejemplo de imaginación y efectividad, por la forma de implementar el evento central de la democracia. Se trata de una solución sin muchos alardes tecnológicos pero muy efectivo para responder al principal reto de la mayor democracia del mundo: permitir el acceso al voto a 670 millones de votantes distribuidos en más de 3 millones de km<sup>2</sup> en forma ágil, segura y creíble. De alguna forma, se puede decir que rebasaron a la democracia más antigua del mundo en cuanto a la credibilidad y eficiencia de sus procedimientos democráticos.

En la otra esquina del escenario tenemos el ejemplo del sistema AccuVote empleado en algunos lugares de los Estados Unidos. Uno de los modelos se muestra en la figura 2. Este sistema, fabricado por la empresa Diebold (5), es un módulo electrónico sofisticado que consta de una pantalla sensible al tacto que se activa por medio de una tarjeta inteligente que el votante recibe al identificarse en la casilla. La tarjeta contiene algunos datos básicos que no incluyen la identificación del votante pero que se requieren para facilitar el sufragio (el idioma, por ejemplo). Sobre la pantalla aparecen las opciones políticas apropiadas que permiten al votante hacer su selección. El resultado se guarda en una tarjeta de memoria

PCMCIA y la tarjeta inteligente del usuario es borrada con el fin de evitar un doble sufragio. Al finalizar la jornada, del módulo se extrae la tarjeta de memoria para ser transferida a un centro de captura y conteo final de los sufragios. Aunque también es posible el envío de la información por red desde el mismo módulo hasta el centro de acopio.

Como es de suponer, el sistema AccuVote cuenta con todos los ingredientes modernos de un sistema informático: sistema operativo, código C++, puertos de comunicación, memoria PCMCIA, datos encriptados, impresora integrada, respaldo múltiple de datos, etcétera. Y por lo tanto, le acechan todos los peligros reales e imaginarios que un sistema informático moderno puede padecer: virus, hackers, bugs y demás. No es de extrañar que este sistema haya sido sometido a un análisis y a una crítica que pareciera desproporcionada. Sin embargo, sus fallas en campo, aunque menores, son bien conocidas (6).



Figura 2. Urna electrónica AccuVote de Diebold

Existe otra diferencia relevante entre el sistema hindú y el AccuVote: su precio. El primero cuesta alrededor de \$230 dólares mientras que el AccuVote rebasa los \$3,000 dólares. Lo que hay que resaltar es el hecho de que estos sistemas representan el espectro de lo ahora disponible en sistemas de sufragio electrónicos. Ambos sistemas mejoran en forma indiscutible los siguientes aspectos del proceso electoral: agilidad en la mecánica de la emisión del voto; menor vulnerabilidad a las trampas tradicionales; precisión y confiabilidad en el conteo, y rapidez en la emisión de los resultados.

## CONCLUSIONES

El voto electrónico en su modalidad remota es poco probable que sea universalmente aceptado como sustituto del sistema de sufragio tradicional. Pero no lo es por razones técnicas sino por cuestiones más bien culturales, como lo demuestra el hecho de que a diario se realizan miles de operaciones mercantiles, financieras y empresariales a través de la red sin mayores contratiempos. Sin embargo, habrá que reconocer que en un proceso electoral intervienen actores que están muy lejos de tener la cultura técnica que sí poseen los usuarios tradicionales de la banca, el comercio, etcétera.

Pero por otra parte, con la tecnología presencial DRE se ha demostrado que sí es posible llevar a cabo procesos electorales confiables mejores que los tradicionales. El caso de la India es particularmente llamativo por la forma en que, con tecnología propia y con mucha imaginación, lograron vencer el reto que representa la mayor masificación de un proceso democrático. Este es un ejemplo típico de cuando la tecnología se adapta a la necesidad y no que las necesidades se subordinen a la tecnología.

Indudablemente que el futuro traerá problemas nuevos a las nuevas formas de practicar la democracia. Uno de ellos, se puede ya vislumbrar, es el aspecto jurídico relacionado con las nuevas tecnologías. Se deben de redefinir los términos (boleta, urna); se deben estandarizar los procedimientos para la fabricación del equipo a emplear en los procesos electorales; se debe normar su forma de operación; se tienen que desarrollar procedimientos para la preparación y certificación de los técnicos a cargo de los procesos, entre otros puntos.

Ningún país de los que emplean el voto electrónico lo ha hecho sin antes haber tenido experiencias de prueba. En el caso de nuestro país se han tenido muy escasos eventos de prueba y con una difusión casi nula. No hay duda de que el voto electrónico es un camino que México debería explorar con el fin de mejorar sus procesos electorales. Sin embargo, no hay duda tampoco, de que si los actores no tienen verdadera vocación democrática, no habrá sistema electoral en el mundo que se ajuste a sus exigencias.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Cherry Steven, The Perils of Polling, IEEE Spectrum, Octubre 2004.
- 2) Patente No. 90646, Registro de Voto Electrográfico, Thomas Alva Edison, 1869.
- 3) Panizo Alonso L., Aspectos tecnológicos del voto electrónico, Documento Universidad de León, España, 2007.
- 4) Téllez Valdez Julio, Importancia Actual del Voto Electrónico, Documento Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, México, 2008.
- 5) Matt Bishop et al: Analysis of Volume Testing of the AccuVote. Disponible en: [http://www.sos.ca.gov/elections/voting\\_systems/vstaab\\_volume\\_test\\_report.pdf](http://www.sos.ca.gov/elections/voting_systems/vstaab_volume_test_report.pdf).



# HABLEMOS DE AGUA

## AGUA VIRTUAL Y HUELLA DEL AGUA

LUIGI RADELLI

Se habla mucho del problema del agua, de su escasez y de la consiguiente necesidad de ahorrarla. No es seguro, sin embargo, que este problema sea visto comúnmente en su dimensión real, que rebasa por mucho al de las señoras que habitualmente riegan su jardín. Se definen los conceptos de Agua Virtual y Huella del Agua que permiten darse cuenta de los términos reales del problema del consumo y de la escasez del agua a nivel global. Es lo que se tratará de mostrar en las líneas que siguen.

DR. LUIGI RADELLI,  
Doctor en ciencias de la tierra,  
Departamento de Geología de la Universidad de Sonora.  
Correo: luigi.radelli@gmail.com

## EMPEZAMOS POR CONSTATAR ALGO CIERTO

Los humanos al comienzo del 1900 éramos 1000 millones, y a la mitad de ese mismo siglo éramos 2500 millones; al comienzo del siglo XXI ya somos más de 6500 millones y seguimos creciendo.

Es evidente que para vivir toda esta gente va a necesitar de tomar y comer. Para tomar y para producir comida necesita agua. La demanda global de agua triplicó en los últimos 50 años y se calcula que aumentará en un 25% antes del 2030. El problema es grande puesto que ya hoy en día 500 millones de personas viven en áreas que estructural y permanentemente les falta el agua; y que las previsiones son que para el año 2050 4000 millones de personas se encontrarán en esta condición.

### ¿Por qué este problema puesto que el 71 % de la superficie del planeta Tierra está cubierto por agua?

La primera respuesta a esta pregunta es que la casi totalidad del agua corresponde al agua de los Océanos, que es salada, contra los 1413 x 1021 gr de agua salada del los Océanos tenemos 0.5 x 1021 gr de agua dulce y 3 x 1021 gr de hielos continentales. Y la segunda respuesta a la misma pregunta es que el agua dulce no está distribuida de una manera uniforme en las tierras emergidas: por ejemplo, hay zonas lluviosas y desiertos.

La distribución no uniforme de los 0.5 x 1021 gr de agua dulce podrá constituir un problema social, moral y político. Es posible, y hasta probable, que en el futuro de lugar a guerras, por ejemplo para el control de las aguas de un río. Pero este es un tema que hoy no trataremos.

Hoy trataremos de entender de que modo, a cuáles fines gastamos el agua dulce disponible, cuál es el consumo del agua.

Para evaluarlo, dos conceptos han sido elaborados por el WORLD WATER COUNCIL (UNESCO) [Consejo Mundial del Agua de la Unesco] y el Wwf (World wide fund for Nature [Fondo Mundial para la Naturaleza]).

Estos dos conceptos son:

1 – El Agua Virtual (Virtual Water)

2 – La Huella del Agua (Water Footprint)

## EL AGUA VIRTUAL

Es la cantidad de agua necesaria para la producción de un producto comestible y/o de otros productos necesarios. Se puede comerciar, y de hecho se comercia, en agua virtual cada vez que un país importa o exporta bienes cuya producción necesita agua. Idealmente los países ricos en agua deberían exportar bienes cuya producción necesita mucha agua, mientras que los países pobres en agua deberían exportar productos que necesitan poca agua (que entonces se quedaría disponible para otros usos). Pero veremos que este equilibrio no se verifica siempre.

### LA HUELLA DEL AGUA (WATER FOOTPRINT)

Es sencillamente el volumen de agua usada, ya sea a nivel individual (litros) o al nivel de una nación.

Al nivel de una nación la Huella del Agua (Water Footprint) es igual al total de las aguas domésticas usadas menos el agua virtual exportada y más el agua virtual importada.

La Huella del Agua (Water Footprint) de una nación es un indicador muy útil de la medida en que una nación aprovecha de las aguas globales disponibles.

Debe ser muy claro - y los ejemplos que seguirán lo mostrarán - que la gente no consume agua solamente tomándola, dándose una ducha, lavando su ropa y eventualmente regando su jardín. Para estas cosas en los países ricos una persona gasta, poco más poco menos, unos 200 litros diarios, pero su consumo verdadero es enormemente mayor y medido por la Huella del Agua.

En realidad la Huella del Agua depende de 4 factores: cantidad y tipo de consumo, clima y técnicas agrícolas. Para hacer un ejemplo, una dieta vegetariana comporta un consumo virtual de 2000 litros de agua por persona y por día; pero una dieta que incluya el consumo de carne puede llegar a un consumo virtual de hasta 5000 litros por persona y por día.

Pero el Agua Virtual que gasta esa misma persona es muy diferente y muchos más alta, por ejemplo:

LA PRODUCCIÓN DE	NECESITA UN GASTO DE
1 taza de café	140 litros de agua
1 huevo	135 litros de agua
1 vaso de vino	120 litros de agua
1 litro de leche	800 litros de agua
1 kg de trigo	1100 litros de agua
1 kg de arroz	2300 litros de agua
300 gr de pechuga de pollo	1170 litros de agua
1 hamburguesa	2400 litros de agua
1kg de maíz	900 litros de agua
1kg de bistec	11500 litros de agua
1 camiseta de algodón	2000 litros de agua

Con el número actual de seres humanos - más de 6500 millones - (y sin contar los millones previstos para el final de este siglo) es fácil darse cuenta de las asombrosas cantidades de agua que son (y más aun serán) necesarias para su alimentación.

Podemos mirar las cosas desde un punto de vista algo diferente y tal vez más directamente instructivo.

Ha sido calculado que en el territorio de un país fértil como Italia (de una superficie de apenas el 50% mayor de la de Sonora), al estado natural, es decir viviendo de lo que da la buena Tierra, sin intervenir artificialmente sobre ella, podrían vivir 500 mil seres humanos. Pero en Italia vive ahora ¡una población de más de 50 millones! Es necesario entonces alimentar los 49.5 millones de seres humanos que corresponden a la diferencia entre los 50 millones de la población actual y los 500 mil de la población que podría vivir allí en el estado natural, es decir de lo que da la buena Tierra por sí sola. Es evidente que para alcanzarlo hay que intervenir sobre la naturaleza, en cierta forma violentarla, de hecho explotarla - empezando naturalmente con el agua, de la cual toda producción de alimento depende.

Ya hemos anotado que la distribución del agua dulce en la superficie de la Tierra no es uniforme: hay regiones ricas en agua y otras, en cambio, pobres o desérticas. Sin ir lejos, el estado de Sinaloa es rico en agua, mientras que el estado de Sonora es pobre en agua.

## LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA TIERRA

A esta distribución desigual se suma un consumo desigual de agua de los diferentes países.

Hemos visto que la huella del agua o volumen total del agua usada es igual a los recursos domésticos de agua usados menos el agua virtual exportada más el agua virtual importada.

Ahora bien, el volumen total del agua usada por persona y por año es, por ejemplo, de:

- 775 metros cúbicos en China, de los cuales sólo el 3% sale de China y prácticamente nada es importado;
- 1100 metros cúbicos en Japón, el 60% de los cuales son importados;
- 2300 metros cúbicos en Italia, España y Grecia;
- 2600 metros cúbicos en los EEUU;
- El promedio mundial es de unos 1200 metros cúbicos; el de los países pobres inferior a los 1000 metros cúbicos.

## ¿CUÁNTO SE GASTA DE AGUA EN EL MUNDO?

Mientras un ciudadano de los EEUU puede disponer de 400 litros de agua real diarios, y de 200 litros diarios un europeo, una persona pobre de los países del sur dispone de apenas 10 litros diarios para sus necesidades más indispensables. Pero esto no es todo, como lo muestran los siguientes ejemplos.

Un estudio del Wwf demuestra que solamente el 38% del agua usada por los ciudadanos británicos proviene de las aguas superficiales y/o del subsuelo de Inglaterra, mientras que el resto es importado desde el exterior en forma bienes primarios de gran consumo.

Un italiano gasta en promedio 215 litros de agua real por día para beber y bañarse, pero si se considera el Agua Virtual usada para producir su comida y sus vestidos su consumo es 30 veces más alto, llegando a unos 6500 litros por persona y por día. Y solamente el 30% de esa agua viene de los recursos hídricos italianos, mientras que el 70% viene desde el exterior, como agua incorporada en los productos que viajan en las rutas del comercio internacional. Es el "agua transportada".

## CONSIDERAMOS LA CARNE DE RES

En promedio un animal bovino vive tres años antes de ser sacrificado para producir unos 200 kilos de carne. En esos tres años el animal habrá consumido unos 1300 kilos de granos y más de 7200 kilos de fibra. Habrá tomado unos 24 metros cúbicos de agua. Otros 7 metros cúbicos de agua habrán sido gastados además para el higiene y otros servicios de rancho y engorda. Al final, en un kilo de bistec se "esconden" 11.500 litros de agua. Si el animal es exportado, ya sea en pie o en canal, lleva consigo de un país al otro esa cantidad de agua virtual.

En términos generales en los países ricos de Europa ya no hay bastante tierra de cultivo. Por lo tanto para alimentar su población estos países utilizan forzosamente el suelo y el agua de otros. Así no hay duda de que los países ricos sustraen recursos a otros territorios.

## OTROS EJEMPLOS

Hay algo más que muchas veces se olvida a pesar de que está bajo los ojos de todos. Hemos utilizado y seguimos utilizando mal el suelo, contaminando los mantos freáticos. Ya ahora, y siempre más, tenemos que hacer gastos enormes para purificar el agua antes de usarla. Sabemos que producir un tomate "cuesta" 13 litros de agua, una hoja de papel 10 litros, una rebanada de pan 40 y un par de zapatos de cuero ¡8000! Todavía no sabemos con precisión a cuanta contaminación da lugar la producción de esos bienes, pero lo que es cierto es que esa contaminación se queda en los países de origen de esos bienes, no en los que los importan.

## EN EL ESTADO DE SONORA

Este marco, ya de por sí complejo, se complica aún más cuando se considera que no siempre son los países ricos en agua que exportan su agua virtual. Por ejemplo, Sonora, que es pobre en el recurso doméstico del agua, exporta mucha agua virtual en forma de alimento: trigo, uva, carne de res y puerco, pollos, huevos. Esto significa, en nuestro ejemplo, que poco a poco Sonora va agotando sus recursos de agua, explotando y sobre-explotando sus mantos acuíferos; y/o contaminándolos ya sea ocasionando invasiones salinas como la de la cuenca de Guaymas, ya sea por infiltraciones orgánicas hasta el manto acuífero de los productos de disolución del estiércol y de la orina de las vacas, animales importados, es decir en principio no en equilibrio natural con el ambiente.

Un caso paradójico es el de España, este país europeo exporta grandes cantidades de frutas, por ejemplo naranjas para producir una de las cuales necesita 50 litros de agua. Como no la tiene, para producirlas está obligada a importar agua desde Francia.

## REFLEXIONES: LA TIERRA UN SISTEMA GLOBAL

Pero el planeta Tierra es un sistema global y hay que considerarlo en su conjunto. Y cuando lo consideramos en su conjunto vemos que ya hemos sobrepasado el nivel del consumo sustentable del agua. Y la situación, si no se corrige, va a empeorar.

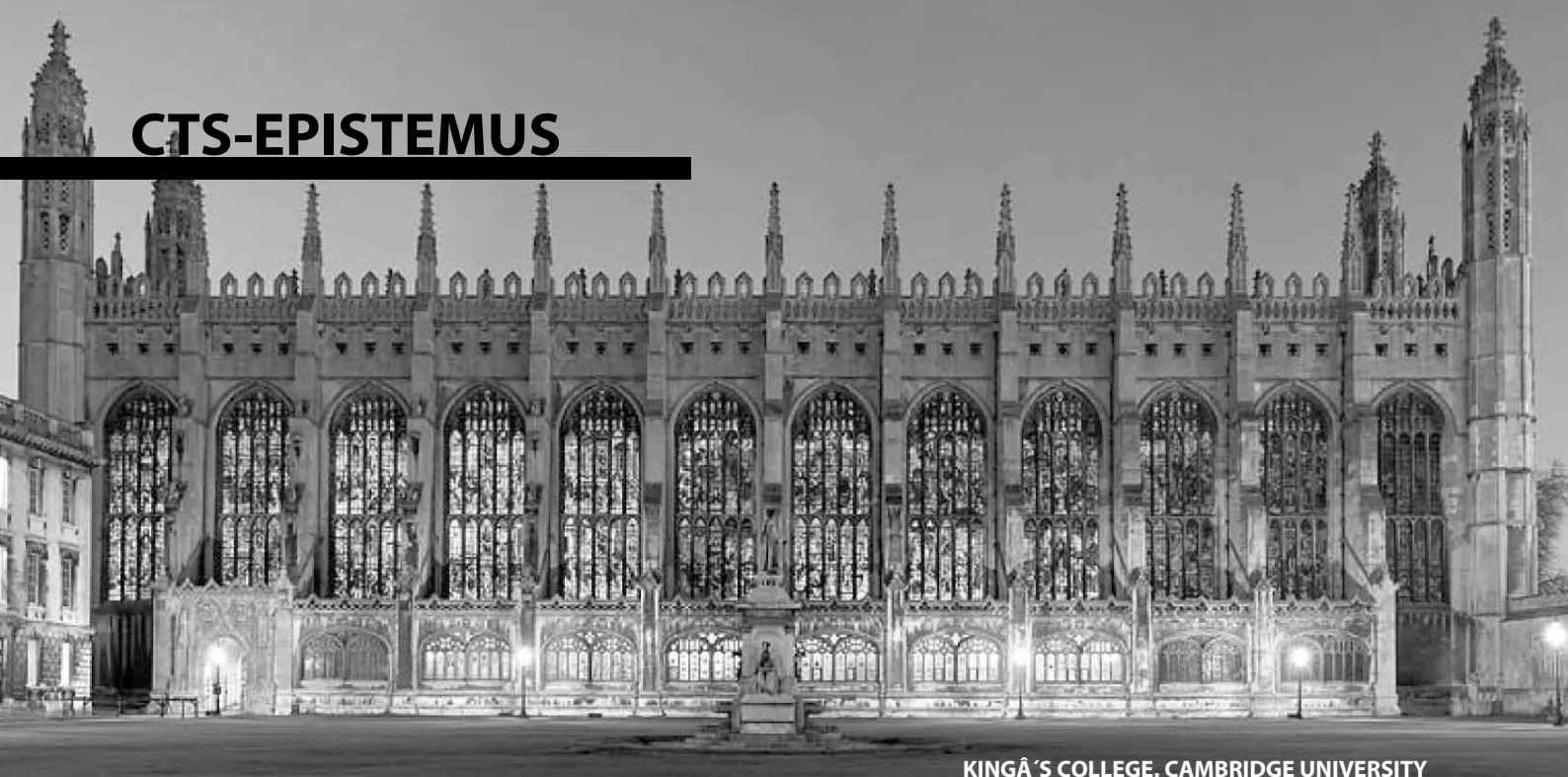
Según la ONU la quinta parte de la población mundial vive hoy en condiciones de falta de agua; 2500 millones de personas carecen de servicios higiénicos; 5000 niños mueren cada día de disentería debido a la falta de agua.

En Asia, donde vive el 60% de la población mundial, el desarrollo económico de los últimos años trajo consigo un decremento de los recursos hídricos; hoy en día cada habitante de Asia cuenta con el 20% menos del agua de que disponía en los años 50 del siglo pasado.

Existen 263 ríos que cruzan fronteras nacionales. En el Medio Oriente ya hubo conflictos y hay que temer que empiecen verdaderas guerras por el agua.

Para que esto no ocurra y para repartir de manera justa los recursos hídricos es necesario reglamentar a escala mundial el consumo del mismo. La dificultad está en que a nivel global la industria del oro azul necesitaría de inversiones enormes, del orden de los 300 mil millones de dólares.

La ONU elaboró un programa, hay que esperar que se cumpla antes de que sea demasiado tarde.

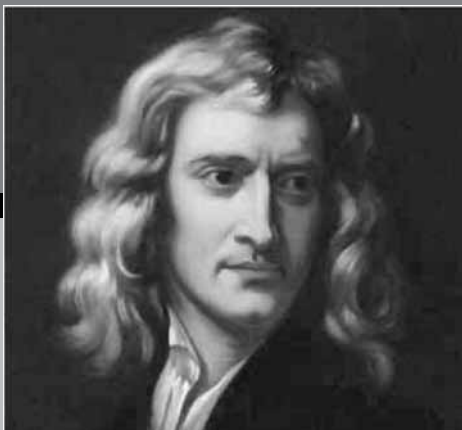


KING'S COLLEGE. CAMBRIDGE UNIVERSITY

## EL TRONO DE LAS CIENCIAS EXACTAS

RICARDO RODRÍGUEZ MIJANGOS

A fines de de septiembre apareció una nota en uno de los periódicos locales de la ciudad de Hermosillo, Sonora, Méxic.: A partir del 1 de octubre Hawking deja "la silla de Newton" ¿Qué significa esto para el peatón típico, no familiarizado con los nombres de los científicos Hawking y Newton? Es más ¿dónde está esa silla? Da la impresión de que Hawking se la devuelve a Newton.



Sir Issac Newton, segundo ocupante de la Cátedra Lucasiana

RICARDO RODRIGUEZ MIJANGOS  
Doctor en física, Departamento de Investigación en Física,  
Universidad de Sonora.  
Correo: mijangos@cajeme.cifus.uson.mx

## INICIO DEL DEBATE

Comencemos por el asunto de la silla. Está relacionado con las palabras inglesas "Newton chair" que literalmente significa silla de Newton, está relacionado al significado que tiene en el mundo anglosajón la palabra inglesa: chairman que significa líder o poseedor del poder en un grupo social, puede ser político, académico o de otro tipo, pero volviendo al español "el hombre de la silla" tiene el control de un grupo organizado. En el ámbito académico "Mathematic's chair" significaría el poseedor de la materia de matemáticas o el titular o catedrático de tal materia. Usamos tal ejemplo, porque precisamente: "Newton chair" significa la cátedra de Newton, específicamente la cátedra de matemáticas, del cual fue titular Newton, en el siglo XVII y que posteriormente han ocupado otros científicos. El titular de tal cátedra la ocupaba Stephen Hawking por sus altos méritos académicos, a partir de año de 1979 y que dejó vacante a partir del 1 de octubre de 2009.

Debido a que esta cátedra fue ocupada por segunda ocasión desde su creación por uno de los grandes pilares de la ciencia, Sir Isaac Newton, científico inglés del siglo XVII que descubrió las Leyes de la Mecánica, se cuida que el ocupante en turno tenga un perfil casi de genio, que es lo que fue Newton. Ahora bien, la cátedra de Newton (Newton chair) realmente no tiene ese nombre. Popularmente, sobre todo en la prensa, le dan ese nombre para resaltar la relevancia del ocupante de tal cátedra. En realidad se denomina cátedra Lucasiana (Lucasian chair) surgida en la Universidad de Cambridge, Inglaterra. En líneas más adelante explicaremos brevemente su origen e historia. En tanto, ¿Por qué deja Hawking esta cátedra? Es por reglamento, si el ocupante cumple la edad de 67 años, en ese momento la debe dejar. Se considera que Hawking fue un digno sucesor de la cátedra Lucasiana, ya que para muchos es el genio heredero de las ideas de Einstein en la búsqueda del conocimiento de los orígenes del Universo. Es considerado por varios, el mayor genio científico de la actualidad: dio mayor consistencia a la idea de la existencia de los agujeros negros e incluso descubrió que realmente no son totalmente negros, ya que para cumplir con la segunda ley de la termodinámica, de la cual ninguna entidad física en este Universo se puede escapar, encontró que emiten radiación. Cuando anunció esto, causó conmoción: "¡Herejía! los agujeros negros ¿no son totalmente negros?" Ahora ya se acepta esta situación y la radiación que emiten los agujeros negros se le denomina: "Radiación Hawking"

Así, este científico que abandona la cátedra Lucasiana, (Lucasian chair of Mathematics), deja de ser Profesor Lucasiano por normatividad. Stephen Hawking debido a una enfermedad degenerativa irreversible, está amarrado a una silla de ruedas, no puede mover su cuerpo, no puede hablar, es casi una mente pura, pensante, que a través de dos dedos se comunica con el mundo exterior y controla su silla de ruedas motorizada con la cual se desplaza. Hawking añade a su aguda inteligencia un gran sentido del humor, jugando con la palabra "chair" y refiriéndose a su silla de ruedas, bromea "la silla de Newton" que ocupó se ha vuelto motorizada y móvil a través del planeta, ya que ha viajado a todos los lugares imaginables, a Norteamérica, a Rusia, al Vaticano e innumerables Universidades en el mundo. Ahora el nuevo ocupante seguramente no tendrá una silla motorizada y otra vez estará estática en Cambridge. Pero dada la realeza intelectual de los ocupantes, físicos y matemáticos por igual, a la silla de Newton bien podría también denominarsele: El Trono de las Ciencias Exactas.

## PROFESOR LUCASIANO

Un puesto importante de Profesor de Matemáticas nació en diciembre de 1663 en la Universidad de Cambridge, Inglaterra, como consecuencia de un regalo del aristócrata y diputado inglés Henry Lucas, para la universidad. El Profesor Lucasiano de Matemáticas es el puesto académico más famoso en el mundo. Esto se debe en gran parte a que el último ocupante de "la silla", el Profesor Stephen Hawking, es un físico teórico muy conocido, y a que Sir Isaac Newton fue el segundo titular de "la silla". Lo que comúnmente no es muy conocido es que "la silla" ha sido sostenida por otros que representan las mentes más influyentes en la ciencia y la tecnología que el mundo conocía.

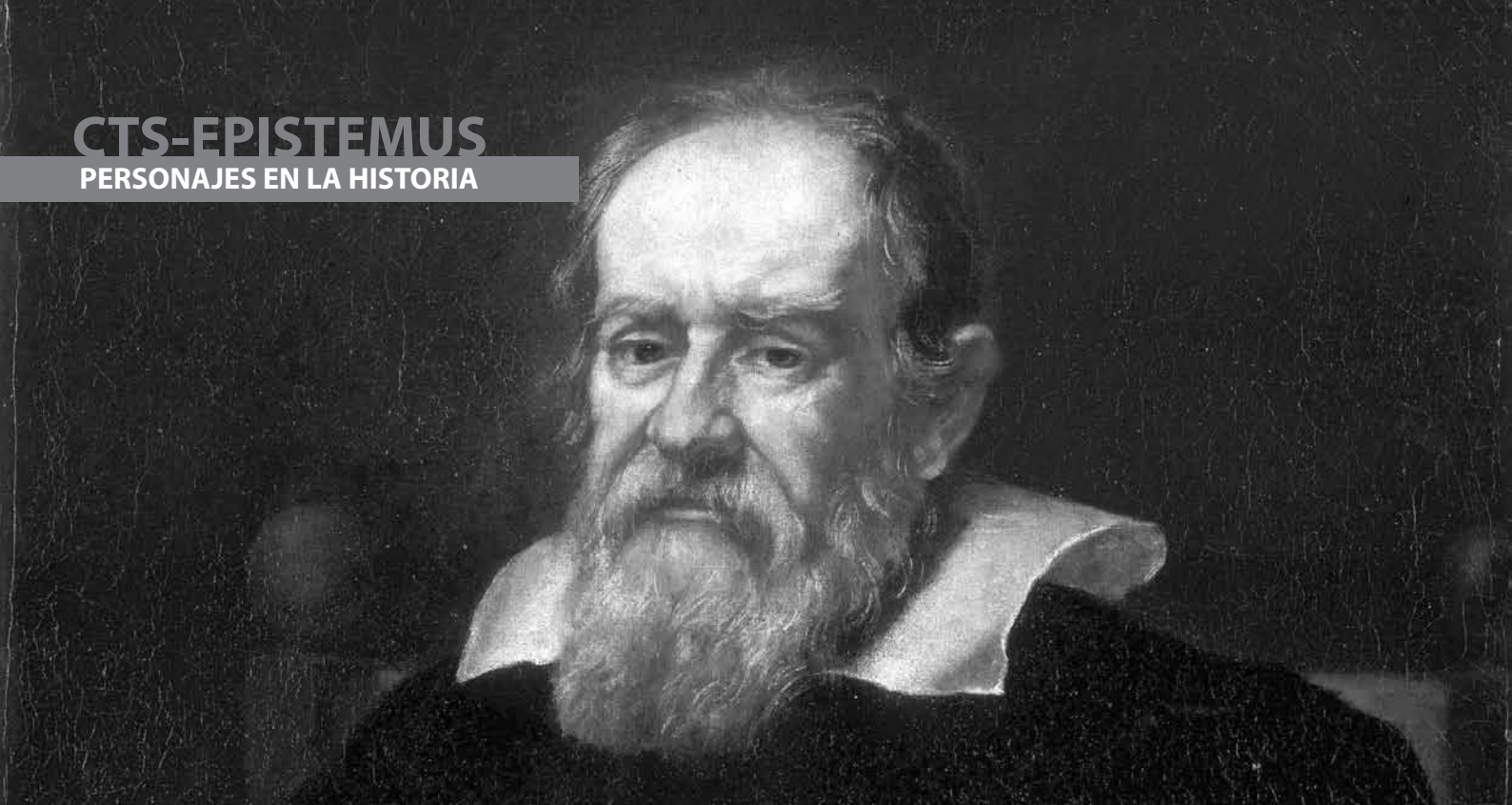
Como un grupo, los diecisiete hombres que han sostenido el puesto han hecho una contribución única al mundo. Los trescientos treinta años que han pasado desde su fundación han visto una evolución dramática de ciencia. "La Silla" representa un microcosmo del progresivo liderazgo mundial de la ciencia durante los tres siglos pasados, así como de la revolución científica que ha llevado al mundo a la tecnología que conocemos hoy.

Tabla 1 Lista de los nombres, años y disciplinas de los profesores que han detentado "The Lucasian chair", aunque todos comenzaron como matemáticos, varios se especializaron en campos afines.

PROFESOR	VIDA	LUCASIANO	ESPECIALIDAD
Isaac Barrow	1630-1677	1664-1669	Matemáticas
Sir Isaac Newton	1642-1727	1669-1702	Matemáticas y Física
William Whiston	1667-1752	1702-1710	Matemáticas
Nicolas Saunderson	1682-1739	1711-1739	Matemáticas
John Colson	1680-1760	1739-1760	Matemáticas
Edward Waring	1736-1798	1760-1798	Matemáticas
Isaac Milner	1750-1820	1798-1820	Matemáticas y Química
Robert Woodhouse	1773-1827	1820-1822	Matemáticas
Thomas Turton	1780-1864	1822-1826	Matemáticas
Sir George Airy	1801-1892	1826-1828	Astronomía
Charles Babbage	1792-1871	1828-1839	Matemáticas y Computación
Joshua King	1798-1857	1839-1849	Matemáticas
Sir George Stokes	1819-1903	1849-1903	Física y Mecánica Fluidos
Sir Joseph Larmor	1857-1942	1903-1932	Física
Paul Dirac	1902-1984	1932-1969	Física
Sir M. James Lighthill	1924-1998	1969-1980	Mecánica de Fluidos
Stephen Hawking	1942-	1980-2009	Física Teórica



STEPHEN HAWKING. El científico Stephen Hawking, autor de "Una breve historia del tiempo", abandona la titularidad de la famosa cátedra Lucasiana de Matemáticas de la Universidad de Cambridge, Hawking, de 67 años y que padece esclerosis lateral amiotrófica (ELA) -un mal neurodegenerativo progresivo que le impide moverse y hablar como ya se mencionó-, sin embargo, continuará trabajando en la universidad.



## **GALILEO GALILEI Y LA CIENCIA MODERNA**

MIGUEL ARTURO CERVANTES M.

En el 2009 se cumplen 400 años de los descubrimientos de Galileo Galileo (1564-1642) que cambiaron la concepción del universo hasta entonces conocido. Construyó su primer telescopio en 1609 con base en otros telescopios rudimentarios, construidos; principalmente en Holanda, los cuales amplificaban los objetos unas tres veces. Él construyó telescopios que podían amplificar las vistas hasta veinte veces. Con éstos pudo observar cráteres y montañas en la luna, descubrir cuatro satélites en Júpiter, los anillos de Saturno, observar una supernova, verificar las fases de Venus y descubrir manchas en la superficie del sol. Sus descubrimientos pusieron en evidencia que el sistema copernicano es el correcto y no el geocéntrico. Según el primero, la tierra y otros planetas giran alrededor del sol. Anteriormente se tenía la creencia de que el universo era tal que el Sol y los demás cuerpos celestes giraban alrededor de la tierra, como en apariencia ocurría.

DR. MIGUEL ARTURO CERVANTES M.  
Doctor en física, Departamento de Investigación en Física  
Universidad de Sonora  
Correo: mcervan@cajeme.cifus.uson.mx



## LA CONTRIBUCIÓN GALILEANA

La importancia de la contribución de Galileo reside en un hecho: la base de la concepción y formulación de un modelo de universo es la observación experimental de hechos que ocurren naturalmente y que pueden ser corroborados controlada y repetidamente de manera objetiva por muchos observadores. La reproducibilidad de las observaciones, independientemente del lugar en que se realicen, les concede objetividad. Lo anterior adquiere una importancia monumental si nos percatamos de que este criterio es reconocido históricamente por la mayoría de los científicos como el fundamento medular de toda la ciencia moderna. Así pues, este constituye el principio esencial, es la base lógica y filosófica de la ciencia contemporánea.

La creencia de que el sistema copernicano es correcto eventualmente condujo a Galileo a una confrontación con la Iglesia Católica. La Inquisición, que era una institución permanente de ésta, estaba encargada de erradicar las herejías (blasfemias). Un comité de consultores declaró a la Inquisición que la proposición copernicana de que el Sol es el centro del universo era una herejía. Y puesto que Galileo creía en el sistema copernicano fue advertido por la Iglesia, encabezada por el Papa Urbano VIII que no debía defender o argumentar a favor de las teorías copernicanas. En 1624, a Galileo le fue otorgado por el mismo Papa que podría escribir acerca de la teoría copernicana siempre y cuando la considerara una proposición de carácter matemático. Sin embargo, al publicar Galileo su libro: *Diálogo acerca de los dos principales sistemas del mundo*, este fue llamado ante la presencia de los inquisidores de nuevo en 1633. En esta ocasión fue declarado culpable y enviado a su casa en Florencia donde permaneció bajo arresto domiciliario por el resto de su vida. En 1642, ya entonces completamente ciego, murió en su casa, en Arcetri, en la cercanía de dicha ciudad.

Galileo tiene otras contribuciones científicas: Principalmente en la mecánica de los cuerpos rígidos y los fluidos.

En 1581 empezó estudios en la Universidad de Pisa donde su padre esperaba que estudiara medicina. Allí empezó el estudio del péndulo mientras observaba detenidamente una lámpara mecerse del techo de la catedral de Pisa, según cuenta la leyenda. Sin embargo fue hasta 1602 que Galileo hizo su más notable descubrimiento acerca de los péndulos: el *isocronismo*, que significa que el tiempo que tarda el péndulo en hacer un ciclo de vaivén completo –llamado período- no depende de la longitud del arco de oscilación. Eventualmente, este descubrimiento conduciría a un estudio completo de Galileo sobre los tiempos de oscilación al desarrollo de la idea del reloj de péndulo.

En la misma Universidad de Pisa, Galileo aprendió el punto de vista de Aristóteles acerca del movimiento de los cuerpos. Sin embargo, cuestionó su enfoque: Aristóteles creía que los objetos pesados caen

más rápidamente que los ligeros a través de un medio como el aire. Galileo rechazó eventualmente esta idea aseverando que todos los cuerpos caen con la misma rapidez en el vacío independientemente de su densidad. Para comprobar esto, Galileo realizó varios experimentos en los que dejó caer objetos desde cierta altura en uno de los cuales dejó rodar varias esferas en un plano inclinado y determinó sus posiciones después de intervalos de tiempo iguales. El escribió sus observaciones en un libro que intituló: *De Motu*, que significa Acerca del movimiento.

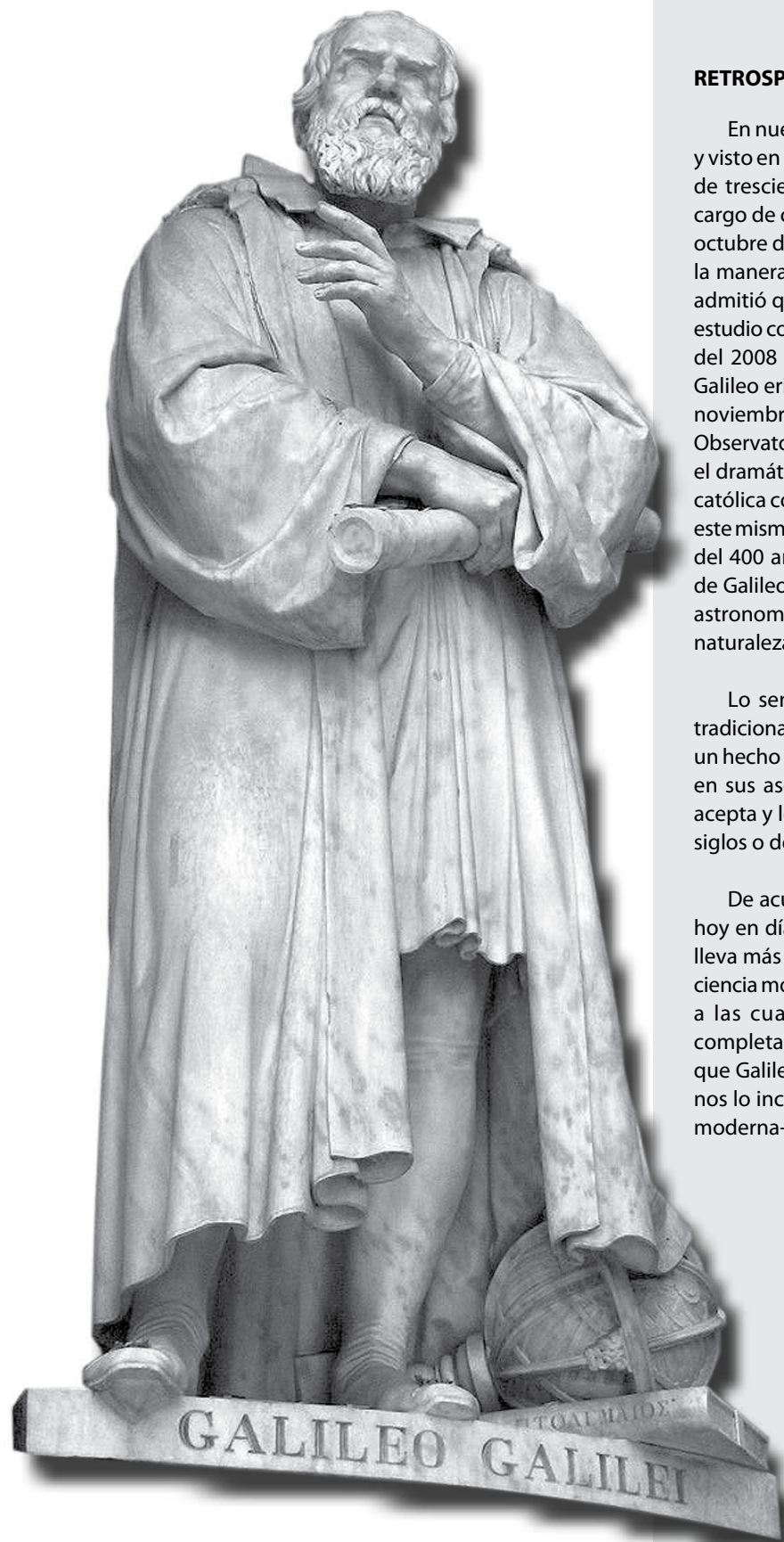
## LOS DETRACTORES

Galileo parece ir de triunfo en triunfo y convence a mucha gente de la Europa de aquellos tiempos. Así pues, los partidarios de la teoría geocéntrica según Aristóteles se convierten en enemigos encarnizados y los ataques contra él comienzan con la aparición del escrito *Sidereus Nuncius* (el mensajero de las estrellas). Ellos no pueden permitirse el perder la afrenta y no quieren ver su ciencia puesta en cuestión.

Además, los métodos de Galileo, basados en la observación y la experiencia en vez de la autoridad de los partidarios de las teorías geocéntricas (que se apoyan sobre el prestigio de Aristóteles), están en oposición completa con los suyos, hasta tal punto que Galileo rechaza compararse con ellos.

Paulatinamente los opositores a sus ideas que ya tienen muchos adeptos se organizan y los ataques se hacen más violentos. Galileo, parece invencible desde el punto de vista astronómico. Sus adversarios van entonces a criticar su teoría de los cuerpos flotantes. Galileo pretende que el hielo flota porque es más ligero que el agua, mientras que los aristotélicos piensan que flota porque es de su naturaleza el flotar. (La física cuantitativa y matemática de Galileo contra la física cualitativa de Aristóteles). Galileo se opone a los profesores de Pisa durante lo que se denomina la « batalla de los cuerpos flotantes ». Galileo sale victorioso del intercambio. Varios meses más tarde, sacará una obra en la que se presentará su teoría.

La polémica sobre el verdadero sistema del mundo transcurre por cerca de 20 años, aproximadamente, entre 1612 y 1633 entre los dos puntos de vista: el aristotélico y el copernicano siendo protagonizada por los partidarios y los detractores de Galileo. Miembros de la Iglesia católica se encontraban en ambos grupos. En 1633 se emite la sentencia en el convento dominicano de Santa María sopra Minerva, en Roma: Galileo es condenado a prisión perpetua y su obra es prohibida, pena que fue conmutada a arresto domiciliario por intervención del Papa Urbano VIII. Muchos, en la época, piensan que Galileo era la víctima de una confabulación de los Jesuitas que se vengaban de las afrentas sufridas por el astrónomo jesuita Horazio Grassi quien en 1619 fue ridiculizado por Galileo en uno de sus escritos.



## RETROSPECTIVA

En nuestros días, este suceso histórico, cómo es reconocido; y visto en retrospectiva, nos estimula a reflexionar: Durante más de trescientos años la injusticia cometida con Galileo fue un cargo de conciencia en la historia de la Iglesia Católica. El 31 de octubre de 1992 el Papa Juan Pablo II expresó lamentación por la manera en que fue manejado el caso Galileo y oficialmente admitió que la tierra no era estacionaria como resultado de un estudio conducido por el Concejo Pontificio de Cultura. En marzo del 2008 el Vaticano propuso completar su rehabilitación de Galileo erigiendo una estatua de él dentro en sus dominios. En noviembre de 2008, el Vaticano declaró a través del director del Observatorio Vaticano: La existencia de heridas aún abiertas por el dramático enfrentamiento de algunos hombres de la Iglesia católica con el científico italiano Galileo Galilei. En diciembre de este mismo año, durante los eventos que marcaron la celebración del 400 aniversario de las observaciones telescópicas iniciales de Galileo, el Papa Benedicto XVI alabó sus contribuciones a la astronomía diciendo que: ... el entendimiento de las leyes de la naturaleza podría estimular una apreciación de la obra de Dios.

Lo sensacional de este cambio de opinión en la postura tradicional de la Iglesia Católica desvía la atención un poco hacia un hecho importante: que la Iglesia también puede equivocarse en sus aseveraciones pero que transcurrido cierto tiempo lo acepta y lo corrige. Aunque ese período de tiempo pueden ser siglos o decenas de décadas.

De acuerdo con Stephen Hawking -científico que continúa hoy en día la obra de Albert Einstein- Galileo, probablemente, lleva más que nadie la responsabilidad por el nacimiento de la ciencia moderna. El mismo Einstein expresaba: Las proposiciones a las cuales se llega por medios puramente lógicos son completamente vacías en lo que respecta a realidad. Puesto que Galileo se dio cuenta de esto, y particularmente porque él nos lo inculcó en el mundo científico, él es el padre de la física moderna- más aún, de la ciencia moderna.

### EL ASTRÓNOMO ANTONIO SÁNCHEZ IBARRA UN GRAN DIVULGADOR



### FALLECE UNO DE LOS MÁS CONNOTADOS DIVULGADORES DE LAS CIENCIAS DE LA ASTRONOMÍA EN SONORA.

La Universidad de Sonora se vio consternada al iniciar sus labores de un día lunes al enterarse del fallecimiento de Antonio Sánchez Ibarra. El 14 de septiembre fue la primera vez que Antonio Sánchez Ibarra llegó tarde a la Universidad, su casa de trabajo: a las 10:00 de la mañana arribó su cuerpo en una carroza fúnebre de color negro. En las escalinatas de la Rectoría autoridades, compañeros, alumnos, amigos y familiares se reunieron para brindarle un homenaje por su ardua labor en la divulgación, pero no sólo eso, también por su calidad humana y su alto sentido de la enseñanza, pues nunca se negó a compartir sus conocimientos y estaba siempre disponible para quien solicitara una colaboración de su parte.

Los asistentes destacaron la incansable tarea del astrónomo y dieron información de lo que fue su vida y los logros obtenidos en su profesión; describieron sus aficiones, su gusto por la ciencia y la música. Luego su cuerpo volvió a la carroza, que recorrió algunas calles de la alma máter hasta llegar al DIFUS, su espacio académico: la siguieron una comitiva de dolientes y una camioneta cargada de flores. El féretro volvió a pisar tierra al llegar al sitio que albergó a Antonio diariamente en la Universidad, y quedó justo frente al observatorio que tanto promovió instalar en la institución: ahí se realizó otra despedida, una más íntima, una que recogió astros y luces fugaces para formar ramilletes y depositarlos junto a Antonio para que su tránsito por la memoria sea siempre luminoso.



### SU LLEGADA A LA UNIVERSIDAD DE SONORA

Con un bagaje científico de excelencia en el campo de la astronomía, llegó un día de 1990 a la Universidad de Sonora: se integró rápidamente al Centro de Investigación en Física y formó el área de astronomía dentro del mismo centro, en el que presentó el proyecto para conformar un aula en el observatorio solar. Con ello nació la "Estación de Observación Solar" (EOS), que fue la plataforma donde se construyeron universos alternos al celeste martillados con el esfuerzo diario, la responsabilidad y un espíritu indoblegable. Sus compañeros universitarios dicen que Antonio se sabía de memoria los mapas celestes porque los había recorrido miles de veces ayudado con el telescopio o jugando con la imaginación o modelándolos con los sueños en un día tras día los últimos 19 años de su vida puntualmente. Pero la muerte no tiene palabra de honor, y en cualquier momento resquebraja toda esperanza.

Marcela Barraza, su esposa por muchos años, y también divulgadora de la astronomía y de las ciencias en general, conceptualizó a Antonio con las palabras adoloridas de un amor inacabado: "Nos enseñó a disfrutar lo que es el universo, a conocer las maravillas de nuestra estrella, el sol, trayéndolo desde otra perspectiva." Infinidad de veces los niños le daban las gracias porque les había mostrado algo que jamás hubieran podido leer en un libro. Su trabajo y particularmente sus cursos básicos de astronomía eran abiertos a todas las edades, solamente pidiendo el deseo de conocer el cosmos y la potencialidad que tiene la mente humana para construirse a sí misma y evolucionar.



Antonio se ha ganado la inmortalidad a pulso: desde el viernes 18 de septiembre el observatorio astronómico del Centro Ecológico de Sonora lleva su nombre en honor a su legado en investigación y por haberse distinguido de manera extraordinaria en la divulgación y difusión de las ciencias astronómicas. No podría ser de otra forma el homenaje para un hombre que distinguió una constelación a los cinco años de edad: una noche cuando acostumbraba a salir a caminar por la banqueta, viendo la oscura concavidad del cielo, reconoció una de esas estrellas que observaba en los libros y fue así como tuvo su primer encuentro con la astronomía más allá de las páginas de papel, porque más que una ciencia para Antonio Sánchez Ibarra, la cosmografía fue su forma de vida.

Entre las participaciones más relevantes de su carrera se destaca la Sociedad Astronómica Orión en Nogales, que fundó en 1972; fue corresponsal para México de 1984 a 1988 de programa "International Halley Watch", que organizaron la NASA y la Agencia Europea del Espacio. En el 2000 se le otorgó el reconocimiento al Mérito Ciudadano por el H. Ayuntamiento de Hermosillo. Por si fuera poco participó como traductor para la NASA de materiales educativos sobre Física Solar. Gracias a su labor en la divulgación se hizo merecedor del Premio Nacional de Divulgación Científica que otorga la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICYT).

Por su trayectoria, participó en diferentes países en observaciones e investigaciones sobre los fenómenos astronómicos: Unión Soviética, Moscú, Japón, Egipto, China, entre otros lugares fueron testigos de su tenacidad y conocimientos.

Descanse en paz al maestro y amigo Antonio Sánchez Ibarra.

Parte del artículo fue tomado de la Gaceta de la Universidad de Sonora.

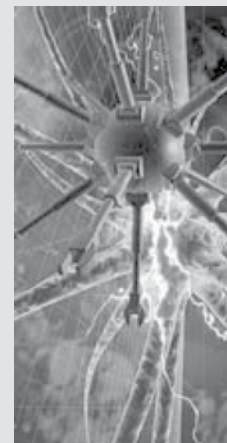
## **SEXTO ENCUENTRO INTERNACIONAL SOBRE MATERIALES NANOESTRUCTURADOS Y NANOTECNOLOGÍA, NANOTECH 2009**

El evento se llevó a cabo del 17 al 19 de septiembre de 2009 y fue organizado por la Universidad de Sonora a través del Departamento de Investigación en Física. San Carlos, Nuevo Guaymas, fue el escenario para la presentación de 2 cursos cortos, 8 contribuciones orales y 88 carteles, además de las 10 conferencias invitadas presentadas por científicos de renombre mundial y empresarios sonorenses.

El objetivo de NANOTECH 2009 fue proporcionar un foro para que científicos, ingenieros y empresarios busquen solución a problemas científicos que conduzcan a aplicaciones prácticas. Los tópicos que se trataron fueron de la ciencia básica a las aplicaciones y técnicas de comercialización. Algunos de los principales temas discutidos aquí fueron los nanotubos de carbono, nanomateriales magnéticos y nanoestructuras metálicas (plasmones), celdas solares y de combustible, nanofósforos incluyendo óxidos, nitruros, tierras raras, y orgánicos; nanomedicina, nanocristales lineales y no lineales y cristales fotónicos, entre otros.

"Nanotech", permitió a la Universidad de Sonora establecer colaboración con tres empresas locales que desean aplicar la nanotecnología en procesos industriales. Uno de los organizadores de este encuentro, Rafael García Gutiérrez del comité organizador, manifestó que otro resultado es la oportunidad de realizar visitas guiadas a dichas empresas, además de que los investigadores participantes coincidieron que es necesario reforzar este tipo de vinculación.

Como parte del evento, el rector Heriberto Grijalva Monteverde entregó reconocimientos a los académicos Elder de la Rosa Cruz y David Díaz por sus aportaciones como fundadores y organizadores de Nanotech, contribuciones al campo de la nanotecnología y formación de recursos humanos de alto nivel. Se externó el agradecimiento por el apoyo financiero de la Dirección Adjunta de Desarrollo Científico y Académico, CONACYT (México), Red Temática de Nanociencias y Nanotecnología, Rubio Pharma y Asociados, y RD Research & Technology.



## **CONSOLIDA LA UNIVERSIDAD DE SONORA SUCALIDAD ACADÉMICA**



La Universidad de Sonora ha sido calificada como una de las cinco Instituciones de Educación Superior mejor evaluadas en el Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI), y gracias a ello es una de las más beneficiadas con estos recursos extraordinarios. Con estos fondos especiales del PIFI la Universidad ha podido crecer en términos de calidad académica, mejorar las condiciones de trabajo de alumnos y maestros, y sobre todo realizar una planeación estratégica adecuada para trabajar en función de metas concretas. Uno de los objetivos primordiales de este esquema, implementado a partir del 2001 por el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Educación Pública, específicamente de la Subsecretaría de Educación Superior, es fomentar la mejora continua de la calidad de los programas educativos y servicios que ofrecen las universidades públicas.

Como antecedente a este apoyo extraordinario ya existían el Fondo de Modernización para la Educación Superior (Fomes) y el Fondo de Inversión de Universidades Públicas Estatales con evaluación de la ANUIES, pero más enfocado a rubros como la construcción. Un aspecto importante era que al implementarse el PIFI cada institución identificara sus fortalezas y áreas de oportunidad, de tal manera que los recursos se enfocaran a superar esas debilidades y mantener las fortalezas, explicó Enrique Velázquez Contreras, Secretario General Académico de la Universidad de Sonora y representante institucional del PIFI.

### BREVIARIOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA



EMILIANO SALINAS COVARRUBIAS, correo: esalinas@fisica.uson.mx  
Departamento de Física, Universidad de Sonora, México Edición 2, 2009.

Como es sabido, los estados físicos de agregación de la materia son tres: sólido, líquido y gaseoso; y se puede pasar de un estado a otro regulando la temperatura. De esta manera, el hielo se transforma en agua líquida y ésta en vapor de agua.

Sin embargo, no todas las sustancias se comportan como el agua, sino que hay casos en que la transición de sólido a líquido no es directa, presentándose un estado intermedio entre ambas fases, el llamado estado de cristal líquido.

Se llama sólido cristalino a aquel cuyas moléculas ocupan posiciones fijas y se orientan, unas con respecto a otras, de una manera determinada, contrario a lo que sucede con los líquidos cuyas moléculas están completamente desordenadas con lo cual adquieren su fluidez característica, es decir, pueden adoptar la forma del recipiente que los contiene. Los cristales líquidos tienen algunas de las características de ambos estados, orden molecular y fluidez.

En la actualidad, los cristales líquidos tienen muchas aplicaciones como pantallas de cristal líquido, mejor conocidas como LCD por sus siglas en inglés (Liquid Crystal Display), y las encontramos en calculadoras, relojes digitales, televisores, monitores de computadora, ventanas que cambian de traslúcidas a opacas, etcétera.

Una pantalla de cristal no produce luz sino que refleja la luz blanca que le llega del exterior, ya sea natural o artificial.

Estas pantallas se forman con un polarizador en el frente, el cristal líquido, un segundo polarizador y al fondo un espejo. Un polarizador sólo deja pasar la luz cuyas oscilaciones transversales de sus ondas electromagnéticas coinciden con la orientación del polarizador, de otra manera la luz no pasa.

Un tipo de cristal líquido llamado cristal nemático de torsión hace que la luz polarizada que le llega, gire 90 grados al atravesarlo y logre pasar por el segundo polarizador, que es transversal al primero, y se refleje en el espejo pasando en su viaje de regreso al exterior por los polarizadores, en un proceso inverso al de entrada y la pantalla se ve de color claro.

Todo esto lo hace el cristal líquido de una manera natural dado que sus moléculas son alargadas o en forma de disco y se orientan formando espirales, pero cuando se le aplica un voltaje esta situación desaparece y la luz polarizada que llega al cristal no alcanza a girar los 90 grados mencionados y por lo tanto es absorbida por el segundo polarizador y la pantalla se ve oscura.

Esta luz incidente hay que polarizarla porque como proviene del sol o de alguna fuente artificial (cualquier lámpara fluorescente, de diodo emisor de luz, incandescente, etcétera), al atravesar el cristal líquido, no se tendría control sobre ella para que regrese al exterior o no, y se forme o no una imagen. La luz que sale de la pantalla está polarizada, basta con ver, por ejemplo, la carátula de un reloj digital de pulsera con unos lentes polarizantes para darse cuenta que al girar el reloj o los lentes, aquel se oscurece o se aclara.

#### PANTALLAS SIN COLOR.

Cuando la pantalla se utiliza para desplegar números cambiantes (relojes, básculas, calculadoras, termómetros, etcétera) éstos se forman con una matriz de siete segmentos colocados formando un 8 de lados rectos paralelos. Cada segmento se obtiene aplicando una película transparente y conductora de electricidad, el cual se verá oscuro en la pantalla al aplicarle un cierto voltaje eléctrico: el 1 se obtiene aplicando el voltaje a dos segmentos verticales, el 2 y el 3, aplicando voltaje a 5 segmentos, etcétera y los demás segmentos sin voltaje se verán blancos, como la pantalla.

Las pantallas de los televisores, de las computadoras, etcétera, se forman con pequeños cuadros del tamaño de un punto (semejante a hoja de papel milimétrico) llamados píxeles (de *picture element*, o elemento de imagen); dependiendo la resolución del número de píxeles que contenga a lo largo y ancho de la pantalla.

#### Pantallas a color.

Para obtener las pantallas a color, cada píxel se divide en tres sub-píxeles agregando a cada uno un filtro de color (verde, rojo y azul) con los cuales se controlan las intensidades de los tres colores dando como resultado una gama enorme de colores del espectro visible.

La tarea de control se realiza con transistores, que se conectan a los píxeles (uno por cada subpíxel), que dejan pasar más o menos corriente eléctrica, controlando a su vez la cantidad de luz que se deja pasar o se bloquea.

Como un hecho curioso, para una pantalla de 1024 x 768 píxeles se requerirán más de dos millones de transistores ( $1024 \times 768 \times 3 = 2,359,296$  transistores).

**El propósito de este material es la divulgación de la ciencia y la tecnología: circúlalo, cópialo, intercámbialo, coleccionalo.**

# CIENTIGRAMA

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

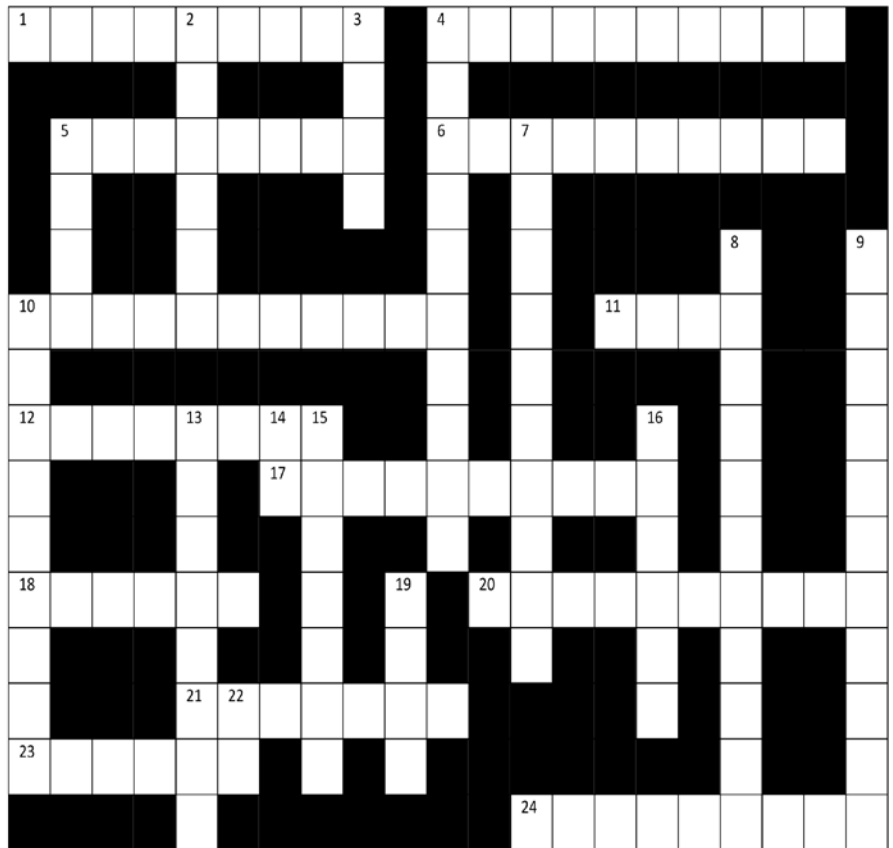
EMILIANO SALINAS COVARRUBIAS  
Departamento de Física  
esalinas@fisica.uson.mx

## HORIZONTALES

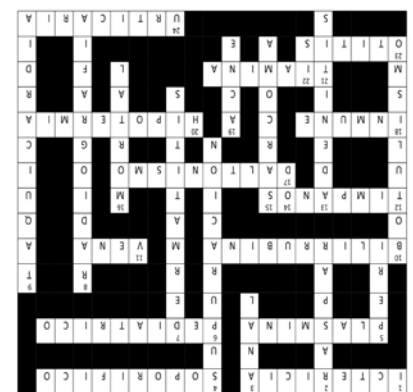
- 1) Coloración amarillenta de la piel, por aumento de la bilirrubina.
- 4) Que causa o induce sueño o estupor.
- 5) Enzima de la sangre que degrada las proteínas del plasma sanguíneo.
- 6) Relativo a la rama de la medicina que trata a los niños.
- 10) Compuesto resultante de la transformación de la hemoglobina, al destruirse los glóbulos rojos.
- 11) Vaso que introduce la sangre al corazón a través de las aurículas.
- 12) Membrana del oído medio (plural).
- 17) Imposibilidad de distinguir los colores.
- 18) Protegido contra una infección.
- 20) Descenso de la temperatura corporal por debajo de los 35° C.
- 21) Vitamina B1.
- 23) Inflamación del oído.
- 24) Erupción cutánea, caracterizada por la formación de pápulas rosadas en la piel.

## VERTICALES

- 2) Retirar la epidermis por medios mecánicos.
- 3) Relativo o perteneciente al ano.
- 4) Formación de pus.
- 5) Prefijo cuyo significado es "alrededor de"
- 7) Inflamación de la piel.
- 8) Fotografía del interior del cuerpo humano usando rayos x.
- 9) Aumento del ritmo cardíaco más allá de 100 pulsaciones por minuto.
- 10) Intoxicación alimentaria provocada por la exotoxina de un germen.
- 13) Trastorno inflamatorio de las glándulas.
- 14) Iniciales de ósmosis directa.
- 15) Tumor maligno del tejido blando (conjuntivo, muscular, etcétera).
- 16) Que ha de morir.
- 19) Erupción cutánea inflamatoria causada por degradación bacteriana del sebo.
- 22) Terminación de palabras que indican inflamación.



## SOLUCIÓN CIENTIGRAMA





El saber de mis hijos hara  
mi grandeza.

# UNIVERSIDAD DE SONORA

Unidad Regional Centro

## DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

### PROGRAMAS DE POSGRADO EN CIENCIAS MAESTRIA Y DOCTORADO EN FÍSICA

Miembro del Padrón Nacional de Posgrado  
con la opción de becas del CONACYT.

#### ANTECEDENTES

La investigación en Física en la Universidad de Sonora data del año de 1977. Desde entonces, se ha venido haciendo un enorme esfuerzo por consolidar grupos de investigación y por desarrollar programas de posgrado en ciencias (Física). El programa de maestría inició en 1984, y a través de sus 20 años de existencia, ha titulado a 37 Maestros en Ciencias (Física), la gran mayoría han realizado estudios de doctorado y ahora se dedican a labores de investigación y/o docencia en instituciones de nivel superior del país.

El incremento de la planta académica, tanto en número como en nivel, así como la consolidación de los grupos de investigación del Departamento de Investigación en Física (DIFUS), trajo como consecuencia la apertura del programa de Doctorado en Ciencias (Física). Este programa fue aprobado por los órganos colegiados de la Universidad de Sonora en Octubre de 1995. Pese a su corta edad, dicho programa cuenta con una planta académica de gran madurez, la cual se ve reflejada en su alta producción científica y en la gran calidad de las tesis que se dirigen.

#### OBJETIVOS

1. Formación de cuadros docentes de alto nivel para la realización de labores de enseñanza de la física.
2. Preparar personal con conocimientos y métodos de trabajo requeridos para la realización de investigación científica.
3. Estimular en los participantes del Programa el desarrollo de la capacidad innovadora para la solución de problemas no solo relacionados con la física fundamental sino también de aquellos planteados por las distintas áreas productivas de la región y del país.
4. Acercar a los participantes del Programa a problemas de frontera de posible repercusión tecnológica en los campos de la Física del Estado Sólido y la Óptica Física.

#### CONTENIDO TEMÁTICO

- Dosimetría termoluminiscente y no termoluminiscente de halogenuros alcalinos dopados con iones de  $\text{Eu}^{2+}$ .
- Mecanismos de formación de daños en halogenuros alcalinos.
- Espectroscopia de materiales aislantes dopados con impurezas divalentes ( $\text{Eu}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ , etc.)
- Vidrios y cerámicas.
- Fabricación de materiales nanoestructurados ópticamente funcionales.
- Transporte en películas delgadas semiconductoras.
- Fabricación y caracterización de películas delgadas semiconductoras de amplio gap.
- Nanoestructuras semiconductoras.
- Percolación eléctrica en películas policristalinas.
- Caracterización de materiales por técnicas fotoacústicas.
- Instrumentación electrónica.
- Óptica no lineal: materiales fotorrefractivos.
- Procesamiento de imágenes digitales.
- Redes Neuronales.
- Microscopía óptica coherente.
- Rugosidades coherentes periódicas y aleatorias en películas delgadas.
- Solución a las ecuaciones de Einstein.
- Sistemas de baja dimensionalidad.

#### Departamento de Investigación en Física

Edificio 3-I, Campus U.R.C., UNISON.  
C.P. 83000, Hermosillo, Sonora.  
Tel: 259 21 56, Fax: 212 66 49.

Coordinador: Dr. Alvaro Posada Amarillas  
Email: [posada@cajeme.cifus.uson.mx](mailto:posada@cajeme.cifus.uson.mx)  
<http://posgrado.cifus.uson.mx>



El saber de mis hijos hará  
mi grandeza

# UNIVERSIDAD DE SONORA

Unidad Regional Centro

## División de Ingeniería

### PROGRAMAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



#### CONTENIDO DE LA REVISTA

Proyectos de investigación, desde la academia, reseñas, ensayos e información de ciencia, tecnología y sociedad

## REVISTA EPISTEMUS

Ciencia, tecnología y salud

#### OBJETIVO DE LA REVISTA

Promover una cultura científica, tecnológica y de la salud de la sociedad, así como fortalecer la vinculación entre la Universidad de Sonora con los diversos sectores de la sociedad.

#### ÁREAS GENERALES DE CONOCIMIENTO

- Ingenierías: materiales, metalurgia, civil, minas, industrial, ambiental, hidráulica, sistemas de información.
- Ciencias exactas y naturales: geología, física, matemáticas.
- Ciencias biológicas y de la salud: investigación en alimentos, desarrollo regional, acuacultura, medicina, biología, agricultura.

## PROGRAMA DE RADIO INGENIO

"La manera inteligente de transformar"

#### OBJETIVO

Contar con un programa de comunicación radiofónica que permita establecer un medio de comunicación entre las diversas disciplinas de las ingenierías y la sociedad, con énfasis en el sector productivo y educativo para promover una cultura científica, tecnológica y humanística y constituir un puente entre los que generan el conocimiento y los que lo pueden aplicar o ser beneficiados.

#### EJES TEMÁTICOS

Innovación tecnológica, medio ambiente y sociedad, desarrollo urbano, desarrollo comunitario, biotecnología, energía, desarrollo sustentable, uso racional de los recursos naturales, entre otros.



Blog

<http://divulgacionciencia.blogspot.com>

Todos los miércoles de 8:00 a 9:30 horas  
Radio Universidad, XHUSH, 107.5 FM  
o en <http://www.radio.uson.mx>



## SALA DE MEDIOS

#### OBJETIVO

Capacitar y actualizar a la comunidad académica para fortalecer el proceso de enseñanza - aprendizaje y la investigación, mediante la utilización de las Nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

#### SERVICIOS

Cursos, talleres y posgrados en línea.

Lunes - Viernes 7:00 a 21:00 horas  
Edificio 5R - División de Ingeniería

Ing. Rafael Pacheco Rodríguez  
Coordinador de Divulgación Científica y Tecnológica de la División de Ingeniería

[pacheco@comedi.uson.mx](mailto:pacheco@comedi.uson.mx)

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

## División de Ingeniería

Bld. Luis Encinas y Rosales, Col. Centro,  
Hermosillo, Sonora. C.P. 83000

Teléfono: 2592157

Fax: 2592253