

EPISTEMUS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD

ISSN: 2007-4530

UNIVERSIDAD DE SONORA, DICIEMBRE 2015, NÚMERO 19



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Condiciones socio-ambientales como factores de riesgo a la salud

INVESTIGACIÓN

- Ansiedad y calidad de vida en la mujer con cáncer de mama.
- Aula solar: un proyecto sustentable.

DESDE LA ACADEMIA

- El grupo fundamental.
- La física llevada al límite.

POLÍTICAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

- Estudios químicos y moleculares de jatrophas de Sonora como fuente potencial de aceites.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

- La Experiencia de la aplicación del modelo mit-nextlab sobre innovación y emprendimiento en la Universidad de Sonora.

Indexada en:

REDIB Red Iberoamericana
de Innovación y Conocimiento Científico

Sistema Regional de Información
en Línea para Revistas Científicas
de América Latina, el Caribe, España y Portugal

latindex

Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias **PERIÓDICA**

Bibliografía Latinoamericana **liblat**



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Universidad de Sonora

UNIDAD REGIONAL CENTRO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SALUD ESPECIALIZACIÓN EN INMUNOHEMATOLOGÍA DIAGNÓSTICA

Objetivo General

Formar recursos humanos con capacidad para prestar servicios de diagnóstico hematológico e inmunológico, capaces de proponer alternativas para la investigación de problemas de diagnóstico así como para transmitir sus conocimientos mediante actividades docentes y de difusión de información científica.

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD

Objetivo General

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

DOCTORADO EN CIENCIAS (QUÍMICO BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD)

Objetivo General

Formar personal altamente calificado en las áreas de química, biología y ciencias de la salud, con una visión interdisciplinaria, que contribuya a solventar la problemática de salud.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS (CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE GRANOS; CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS MARINOS)

Objetivo General

Formación de personal calificado y competente de alto nivel que sea capaz de resolver problemas alimentarios en los sectores de investigación, educación, de los sectores público y privado, vinculados con el manejo, almacenamiento, conservación y procesamiento de granos o productos marinos.

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS (CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE GRANOS; CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS MARINOS)

Objetivo General

Formación de personal de alto nivel académico que sea capaz de generar conocimiento, a través del planteamiento, diseño y desarrollo de proyectos de investigación relevantes al desarrollo de la ciencia de los alimentos y a la resolución de la problemática de la producción y procesamiento de alimentos

POSGRADO EN BIOCENCIAS (MAESTRÍA)

Objetivo general

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

POSGRADO EN BIOCENCIAS (DOCTORADO)

Objetivo General

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

Posgrados no incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS (No incluida en la padrón)

Objetivos Generales

1. Formar profesores investigadores con una alta preparación académica y capacidad innovadora, capaces de generar y transmitir el conocimiento científico; aptos para crear y desarrollar proyectos y programas de investigación científica y tecnológica, tendientes a mejorar la productividad agropecuaria nacional.

2.- Preparar personal altamente capacitado para ejercer labores docentes de licenciatura y posgrado en las Instituciones de Educación Superior dedicadas a la generación de conocimientos y tecnología en las áreas de fisiología vegetal, genética y mejoramiento de plantas, manejo de agostaderos, praderas irrigadas, producción de carne y leche, nutrición y reproducción animal.



<http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm>

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Rosales y Blvd. Luis Encinas., Edificio 10k, Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000, Tel. (662) 259-21-62 y 259-22-59



CONTENIDO

CONTENIDO	1
DIRECTORIO	2
EDITORIAL	3
BASES	4

INVESTIGACIÓN



INFLUENCIA DE LA ESTRATEGIA "TOMA DE DECISIONES "EN EL AUTOCONCEPTO DE ADOLESCENTESCONSUMIDORES DE ALCOHOL	5
REYNA ISABEL HERNÁNDEZ PEDROZA, MA. LOURDES JORDÁN JINEZ, MARÍA DE LOURDES GARCÍA CAMPOS, EVA ANGELINA HERNÁNDEZ VILLA	



ANSIEDAD Y CALIDAD DE VIDA EN LA MUJER CON CÁNCER DE MAMA	14
EUSTOLIA VELÁZQUEZ LEYVA, MARÍA LAURA RUIZ PALOALTO, NICOLÁS PADILLA RAYGOZA, MARÍA ALEJANDRA FAVELA OCAÑO, OLGA BARRAGÁN HERNÁNDEZ	



DELIMITACIÓN DE ZONAS FEDERALES Y ÁREAS DE AMORTIGUAMIENTO EN RÍOS AFECTADOS POR EL CRECIMIENTO URBANO COMO ESTRATEGIA PARA PREVENIR INUNDACIONES	24
ADRIÁN LEONARDO FERRIÑO FIERRO, DAGOBERTO BURGOS FLORES	



DETERMINANDO PATRONES GEOGRÁFICOS DEL CONSUMO DE AGUA DOMÉSTICA EN HERMOSILLO, SONORA	34
ARTURO OJEDA DE LA CRUZ, JESÚS TREVIÑO CANTÚ, MARCO ANTONIO RAMOS CORELLA, JESÚS QUINTANA PACHECO	

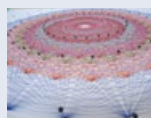


UNA APROXIMACIÓN AL VALOR DEL SUELO HABITACIONAL: CASO HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO	43
JESÚS QUINTANA PACHECO, ANA CECILIA BORBÓN ALMADA, ARTURO OJEDA DE LA CRUZ, MARCO ANTONIO RAMOS CORELLA, JESÚS FERNANDO GARCÍA ARVIZU	



AULA SOLAR: UN PROYECTO SUSTENTABLE	52
HORACIO MUNGUÍA AGUILAR, ARMANDO AYALA CORONA, RIGOBERTO FRANCO MALDONADO	

DESDE LA ACADEMIA

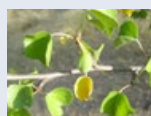


EL GRUPO FUNDAMENTAL	60
CARLOS A. ROBLES CORBALÁ, RAFAEL R. RAMOS FIGUEROA	



LA FÍSICA LLEVADA AL LÍMITE	68
EDUARDO VERDÍN LÓPEZ	

POLÍTICAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



ESTUDIOS QUÍMICOS Y MOLECULARES DE JATROPHAS DE SONORA COMO FUENTE POTENCIAL DE ACEITES	78
LUIS ÁNGEL MEDINA JUÁREZ, ÁNGELA CORINA HAYANO KANASHIRO, JOSÉ PABLO LOVIO FRAGOSO, OMAR ALEJANDRO REYNA VALENZUELA, NOHEMÍ GÁMEZ MEZA	

CTS-EPISTEMUS



LA EXPERIENCIA DE LA APLICACIÓN DEL MODELO MIT-NEXTLAB SOBRE INNOVACION Y EMPRENDIMIENTO EN LA UNIVERSIDAD DE SONORA	87
SERGIO F. PÉREZ RAMÍREZ*, RICARDO A. RODRÍGUEZ CARVAJAL, F. JAVIER PÉREZ RIVERA, JORGE L. TADDEI BRINGAS	

EPISTEMUS

UNIVERSIDAD DE SONORA

EPISTEMUS. Año 9, No. 19, julio-diciembre 2015, es una publicación semestral arbitrada y es editada por la Universidad de Sonora a través de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud. Blvd. Luis Encinas y Blvd. Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo Sonora; Tel. (662) 2592105, (662)2592183 ext. 2650, www.epistemus.uson.mx, revista.epistemus@correom.uson.mx. Editor ejecutivo: Dr. José Luis Díaz Gómez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2012-101210334800-102. ISSN: 2007-4530 otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido: 15747, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Color Express de México, S. A. de C. V., 12 de octubre No. 130, Col. San Benito, C.P. 83190, Hermosillo, Sonora; este número se terminó de imprimir el 30 de diciembre del 2015, con un tiraje de 1000 ejemplares.

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

Información del contacto institucional de la publicación: Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Tel. (662)2592155, correo electrónico: revista.epistemus@correom.uson.mx, At'n. Dr. José Luis Díaz Gómez, Editor ejecutivo.

EPISTEMUS está Indexada en la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB), el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX), en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias (PERIÓDICA) y en el portal especializado en Revistas Científicas y Académicas publicadas en América Latina y el Caribe (biblat).

REVISTA EPISTEMUS

Universidad de Sonora
Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y
Rosales, s/n, Col. Centro, C.P. 83000,
Hermosillo, Sonora, México.
Teléfono: (662) 2592155.
Correo: revista.epistemus@correom.uson.mx
Atn. Dr. José Luis Díaz Gómez
Editor Ejecutivo



UNIVERSIDAD DE SONORA

Dr. Heriberto Grijalva Monteverde
Rector
Dr. Enrique F. Velázquez Contreras
Secretario General Académico
M.C. María Magdalena González Agramón
Secretaría General Administrativa
Dra. Arminda Gpe. García de León Peñúñuri
Vicerrectora de la Unidad Regional Centro
M.D.O. Manuel Ignacio Guerra Robles
Director de Vinculación y Difusión

DIRECCIÓN GENERAL

Dra. Rosa María Montesinos Cisneros
Dr. Jesús Leobardo Valenzuela García
Dr. Ramón Enrique Robles Zepeda

DIRECCIÓN EJECUTIVA

Dr. José Luis Díaz Gómez

COMITÉ EDITORIAL

M.I. Eva Lourdes Vega Granillo
Secretaria del Comité Editorial
M.I. Jesús Fernando García Arvizu
M. C. Sylvia Lorenia López Mazón
División de Ingeniería
M.C. Olga Barragán Hernández
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
Dr. José Luis Díaz Gómez
M.I. Eva Lourdes Vega Granillo
División de Ciencias Exactas y Naturales

CORRECCIÓN DE ESTILO

M. C. Sylvia Lorenia López Mazón
M. I. Eva Lourdes Vega Granillo
Universidad de Sonora

DISEÑO

L.D.G. José Benito Montaño Dórame

IMPRESIÓN

COLOR EXPRESS DE MÉXICO, S.A DE C.V.
12 de Octubre No. 130, C.P. 83190,
Col. San Benito, Hermosillo, Sonora, México.

PAGINA WEB

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

La vida académica y científica de los universitarios está regida por una serie de normas y convenciones que articulan su funcionamiento interno. Los profesores e investigadores, tienen sus propios medios de promoción interna, sus mecanismos de aceptación, movilidad y méritos. En la Universidad de Sonora es a través del Estatuto de Personal Académico.

Uno de los elementos clave es la publicación de los resultados de su trabajo. Podemos decir sin equivocarnos que una gran parte de la vida académica está condicionada por la publicación. Los profesores son evaluados de acuerdo a su volumen de publicación. Cada año se les piden cuentas de lo que han publicado y de dónde lo han hecho. Del resultado obtenido dependen muchos factores: la percepción del salario, y la construcción de su currículum académico que le permita su promoción, y la obtención de ayudas para proyectos, becas, etcétera.

Sin embargo, estos mecanismos de evaluación consideran únicamente las publicaciones que se encuentran en los catálogos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y del Journal Citation Report (JCR) dejando a un lado las revistas universitarias que no han logrado entrar a estos catálogos, que si bien cumplen satisfactoriamente muchos de los requisitos solicitados, han dejado de ser un medio para alcanzar la promoción académica.

Lo anterior representa un reto para las publicaciones universitarias, así en la Revista Epistemus cada número representa un cambio con el objetivo de lograr estar indexada en el catálogo del CONACYT o del JCR. Por lo pronto, la revista ha sido incluida en el índice de la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB).

En el presente ejemplar de Epistemus correspondiente al número 19, se incluyen 5 artículos en la sección de investigación, 2 en desde la academia, 1 en políticas de ciencia y tecnología, y 1

en ciencia, tecnología y sociedad. Entre los artículos de investigación se tocan varias temáticas como la influencia de la estrategia en la toma de decisiones en adolescentes que consumen alcohol; la ansiedad y la calidad de vida de la mujer con cáncer de mama desde el momento del diagnóstico, siendo éste un estudio cuantitativo, correlacional y no experimental; los patrones de consumo de agua en los hogares de Hermosillo; una aproximación para conocer el valor del suelo habitacional también en la capital de Sonora; y un proyecto sobre la implementación de un aula energéticamente sustentable.

En la sección desde la academia, el artículo del grupo fundamental aborda un problema clásico para poder detectar si dos espacios topológicos son homeomorfos o no; y el otro escrito es una visión de los temas que revolucionaron la física desde el siglo pasado.

El único texto en políticas de ciencia y tecnología trata sobre los estudios químicos y moleculares de la planta del género *Jatrophas* de Sonora, cuyas semillas son consideradas para un uso potencial como biocombustibles por su alto contenido de aceites.

En la última sección, la de ciencia, tecnología y sociedad, se presenta la experiencia de un proyecto desarrollado por maestros y estudiantes de la Universidad de Sonora en la realización de un programa de aprendizaje sobre Innovación y Emprendimiento basado en tecnologías móviles.

La mayor parte de los artículos tienen como autores a maestros de la Universidad de Sonora en coautoría con profesores de la Universidad de Guanajuato y de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Los árbitros de los diversos escritos, aunque anónimos para los autores, fueron reconocidos profesionistas del Instituto Politécnico Nacional, El Colegio de Sonora, Universidad Lasalle en Bogotá, Colombia y Universidad de Sevilla, España, entre otros.



POLÍTICA EDITORIAL

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

OBJETIVO

Divulgar el conocimiento que se crea, genera y enseña en las áreas de Ingenierías, Ciencias Exactas y Naturales y las Ciencias Biológicas y de la Salud para favorecer el debate académico y la producción de nuevos conocimientos para generar un espacio de difusión, reflexión y crítica, en nuestro entorno.

DIRIGIDA A

Está dirigida a investigadores, profesores y estudiantes de las Ingenierías, las Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y la Salud, y a todos aquellos profesionales que desarrollan la ciencia y la aplican en estas áreas.

SECCIONES DE LA REVISTA

La revista publica artículos originales e inéditos de proyectos de investigación, reseñas, ensayos, y comunicaciones breves sobre ciencia y tecnología y salud, en las siguientes secciones:

Investigación

- Incluye resultados de proyectos de investigación y requiere mostrar la metodología del caso.

Divulgación

- **Desde la academia.** Comprende los temas relacionados con el quehacer académico, ensayos, reseñas, desarrollo de problemas, temas de la vida académica y su relación con el entorno.
- **Políticas de Ciencia y Tecnología.** Incluye temas que tienen que ver con el análisis de las políticas en materia de ciencia y tecnología, la relación entre la investigación y el desarrollo, la innovación y las políticas públicas.
- **Ciencia, Tecnología y Sociedad.** Se trata de promover una cultura científica, tecnológica, de la salud y de la sociedad, abordando diversos temas específicos que inviten a la reflexión, y/o al análisis para comprender el conocimiento.

ARBITRAJE

Todos los artículos se revisarán por pares utilizando la técnica del doble ciego y los manuscritos que cumplan las normas establecidas en la revista tendrán corrección y estilo. El proceso de dictamen y arbitraje será inapelable.

EXCLUSIVIDAD

Todos los textos deberán ser originales e inéditos, enviando declaratoria de originalidad (bajar carta de originalidad) y de no presentarse en paralelo para otras publicaciones. Se deberá asumir la responsabilidad si se detecta falsificación de datos y falta de autenticidad en la publicación.

DERECHOS DE AUTOR

La revista adquiere los derechos patrimoniales de los artículos sólo para difusión sin ningún fin de lucro, sin menoscabo de los propios derechos de autoría (bajar carta de cesión de derechos).

FORMATO GENERAL

1. **Título** de la colaboración, máximo de 12 palabras. Debe representar

el contenido del artículo y permitir al lector situarse en el contexto específico que aborda.

2. **Autor:** Nombre(es), ámbito disciplinar, institución académica, dirección de correo electrónico de autor(es).
3. **Resumen:** Aproximadamente de 100 a 150 palabras, colocado después de los autores del artículo. Debe contener información concisa de principales resultados, métodos y conclusiones.
4. **Palabras clave:** Mínimo 3 y máximo 5.
5. **Abstract:** La traducción al inglés del resumen es responsabilidad del autor.
6. **Keywords:** Mínimo 3 y máximo 5. La traducción al inglés es responsabilidad del autor
7. **Estructura deseable para artículos de investigación**
 - a. Introducción
 - b. Objetivo
 - c. Planteamiento del problema
 - d. Método de trabajo
 - e. Resultados
 - f. Discusión
 - g. Conclusiones
 - h. Extensión máxima de 3500 palabras y hasta 20 cuartillas.
8. **Estructura deseable para artículos de divulgación**
 - a. Introducción
 - b. Desarrollo
 - c. Conclusiones
 - d. Extensión máxima de 3000 palabras y hasta 15 cuartillas.
9. **Citas y referencias:** Preferentemente de los últimos 5 años; deben seguir el formato IEEE e ir al final de la colaboración.
10. **Contenido:** Elaborado en Microsoft Word de Windows. Utilizar letra tipo Arial de 12 puntos, normal, a doble espacio, justificada. Para las expresiones matemáticas debe usarse un editor de ecuaciones y deberán estar numeradas consecutivamente entre paréntesis. No incluir notas en pie de página.
11. **Tablas, fotos y gráficos** se deben incluir en archivos separados. Incluir el título (como nombre Figura1.ext). Fotos y gráficos en formato jpg o tif con una resolución máxima de 1200 píxeles, las tablas en Excel. Las imágenes deben ser originales o de licencia creative commons (libres de regalías).

POLÍTICA DE ACCESO ABIERTO

Esta revista proporciona un acceso abierto inmediato a su contenido, basado en el principio de que ofrecer al público un acceso libre a las investigaciones ayuda a un mayor intercambio global de conocimiento. Las personas que utilicen la información contenida en la revista para su difusión están obligadas a referenciar la revista como fuente de información. Esta revista no aplica ningún cargo económico ni en la entrega de artículos ni para la producción editorial de los artículos.

CLÁUSULA DE EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del Comité Editorial de la publicación. Las imágenes son responsabilidad de los autores y o del despacho que realiza el diseño. El Comité Editorial declina toda responsabilidad por los derechos que pudieran derivarse de ellas.

FECHAS DE RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS

Los artículos se reciben durante todo el año de manera electrónica en el correo:

revista.epistemus@correom.uson.mx

- Cierre de la edición del primer número del año: Primera quincena de marzo
- Cierre de la edición del segundo número del año: Primera quincena de septiembre
- Impresión y distribución: Junio y Diciembre de cada año.

MAYORES INFORMES AL CORREO Y PÁGINA WEB

revista.epistemus@correom.uson.mx
www.epistemus.uson.mx



INFLUENCIA DE LA ESTRATEGIA "TOMA DE DECISIONES" EN EL AUTOCONCEPTO DE ADOLESCENTES CONSUMIDORES DE ALCOHOL

REYNA ISABEL HERNÁNDEZ PEDROZA*, MA. LOURDES JORDÁN JINEZ, MARÍA DE LOURDES GARCÍA CAMPOS, EVA ANGELINA HERNÁNDEZ VILLA

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de la estrategia "toma de decisiones" en el autoconcepto de adolescentes consumidores de alcohol. Se aplicó un estudio longitudinal, pre-experimental. Se incluyeron 30 adolescentes, previo consentimiento informado de estudiantes y padres. La recolección de datos se realizó con AUDIT, test de conflicto decisional y The Tennessee Self-Concept Scale (TSCS). Se encontró que la edad promedio fue 16.56 ± 0.85 años, 60% hombres, el 100% de los adolescentes presentaron conflicto decisional. El 100% habían consumido alcohol alguna vez en su vida. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el autoconcepto pre y post intervención ($p = 0.27$), excepto en la dimensión Yo moral ($p = 0.01$). Se concluye de acuerdo a los resultados obtenidos en la pre y post intervención que la estrategia de intervención tuvo una influencia en la dimensión del autoconcepto Yo Moral del adolescente consumidor de alcohol. Es posible que esto influyera en la percepción de sí mismo al encontrarse con la realidad de que por primera vez consideraba su capacidad o incapacidad para tomar decisiones.

Palabras clave: Autoconcepto, toma de decisiones, adolescentes, consumo de alcohol.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of the "decision making" strategy on the self-perspective of alcohol-consuming students. It was applied as a pre-experimental, longitudinal study. The study included 30 teenagers with prior, informed consent from students and parents. The collection of data was done with AUDIT, a decision-making conflict test, and the Tennessee Self-Concept Scale (TSCS). This study found that the average age was 16.56 ± 0.85 years, 60% male, the 100% of the teenagers presented a decision-making conflict. 100% of the teenagers had consumed alcohol at some point in their lives. There was not a statistically significant difference between the self-perspective prior and after intervention ($p = 0.27$), except in the "I am Moral" dimension ($p = 0.01$). It is concluded with results obtained prior to, and after, the intervention strategy, that the intervention had an influence on the "I am moral" auto-concept dimension of the alcohol-consuming teenager. It's possible that this influenced the teenagers' perceptions of him or herself when faced with the reality of the first time they considered their competence or incompetence to make decisions.

Keywords: self-perspective, decision-making, teenagers, alcohol consumption.

M.C. REYNA ISABEL HERNÁNDEZ PEDROZA
 Depto. de Ciencias de la Salud, Campus
 Cajeme, Universidad de Sonora
 Correo: reyna.hernandez@cajeme.uson.mx
 DRA. MA. LOURDES JORDÁN JINEZ
 Depto. de Enfermería y Obstetricia, Campus
 Celaya-Salvatierra,
 Universidad de Guanajuato
 Correo: jordanjinez@yahoo.com.mx

M.C.M. MARÍA DE LOURDES GARCÍA CAMPOS
 Depto. de Enfermería Clínica, Campus Celaya-
 Salvatierra, Universidad de Guanajuato
 Correo: lourdesortizosorio@yahoo.com.mx
 M.C. EVA ANGELINA HERNÁNDEZ VILLA
 Depto. de Enfermería, Universidad de Sonora
 Correo: eva_angelina_h@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La adolescencia es la etapa que se caracteriza por su transformación en todos los aspectos humanos en la que se presenta una lucha por descubrirse, ser auténtico y a la vez ser copia de los pares, los estereotipos, etcétera. Se considera que no se puede sobrellevar sin ayuda, sin apoyo, sin alguien que esté a un lado que sea soporte para el adolescente tan necesitado de comprensión y autonomía [1]. Aunado a lo anterior, la literatura muestra que el uso experimental de alcohol se presenta cada vez a edades más tempranas, en promedio 12.5 años [2-4] justificado por el papel socializador (la relación con amigos) que esa sustancia proporciona [5].

En el estado de Sonora localizado al norte del país, tiene 2'662,480 habitantes, de los cuales se estima que el 52% se encuentra entre los 15 y 29 años, de acuerdo al censo del 2010 [6]. Según la Encuesta Nacional de Estudiantes de Enseñanza Media y Media Superior respecto al consumo de alcohol, el 56.5% del total de la población estudiantil había consumido alcohol alguna vez en su vida, de los cuales el 64.1% son hombres y el 48.4% mujeres [7].

Si bien las últimas investigaciones han demostrado que son múltiples las razones (impulsividad, conducta antisocial, búsqueda de sensaciones, autoconcepto) por las



cuales los jóvenes son vulnerables al consumo excesivo de alcohol [8-11], enfrentándose a una fase de desarrollo donde configuran su identidad frente al grupo de pares, lo cual los puede llevar a adoptar modelos de comportamientos arriesgados, incluyendo consumo de drogas lícitas e ilícitas [12].

Parte de esa definición de la identidad del adolescente está en el autoconcepto definido por Roy, como un conjunto de creencias y sensaciones que una persona tiene de sí misma en un momento dado [13]. Un autoconcepto integrado, favorece el sentimiento de seguridad en el adolescente, por el contrario cuando se tiene comprometido el autoconcepto, la persona no tendrá la capacidad de decidir a favor de su bienestar o salud, adoptando conductas de riesgo como el consumo de alcohol. Por ello entonces, el papel que juega el autoconcepto, como lo es la autoestima, en el inicio del consumo de alcohol, así como otras sustancias psicoactivas, es a través de la contribución de las capacidades que el adolescente puede tener para resistir la presión del medio ambiente social para consumir alcohol, tomar decisiones saludables y enfrentar el estrés.

La investigación realizada por Nuño y Flores [14] explica la representación social donde se construyó el modelo de toma de decisiones para iniciar, continuar o





cesar el consumo de drogas en un grupo de usuarios en rehabilitación en los Centros de Integración Juvenil (CIJ) de la ciudad de Guadalajara, siendo esta representación social la búsqueda de un mundo diferente al de su tradición familiar. Al considerar la definición de Moscovici [15] sobre la toma de decisiones como productos razonados que subyacen en conocimientos y sistemas de creencias que giran alrededor del objeto, se ha partido del supuesto en este estudio de que cuando el adolescente se encuentra en un proceso consciente sobre cómo toma sus decisiones, tiene mejor orientación para realizarlas.

En la figura 1 se muestra la relación de las variables de estudio con el modelo de adaptación de Roy [13], en la cual se observa gráficamente, cómo el modelo de Roy explica la situación por la que pasa el adolescente, que como toda persona cuenta con 4 modos adaptativos: el fisiológico, el autoconcepto, el interdependiente y el de rol-relaciones.

Cada uno de estos modos, conlleva ciertos estímulos que por medio del proceso de afrontamiento (subsistemas), hará frente para buscar la adaptación integral y por consecuencia presentar comportamiento (respuestas eficaces o ineficaces). Como por ejemplo, en el modo fisiológico, los estímulos internos, como se muestra en la figura 1, suelen producir a partir de esos cambios físicos, la transición de una infancia a una etapa más independiente y al mismo tiempo dependiente; por otra parte, se hacen presente estímulos externos como las drogas lícitas e ilícitas, que lo llevarán de cierta forma a presentar un proceso de afrontamiento, y que el presente estudio relaciona el anterior proceso (especialmente con el subsistema relacionador), con la toma de decisiones basado en el modelo de Ottawa, que puede ayudar a hacer

frente a estos estímulos y presentar comportamientos con respuestas eficaces como comenta el modelo de Roy; de aquí la importancia de brindarles a los adolescentes, en pocas palabras, un modelo para la toma de decisiones.

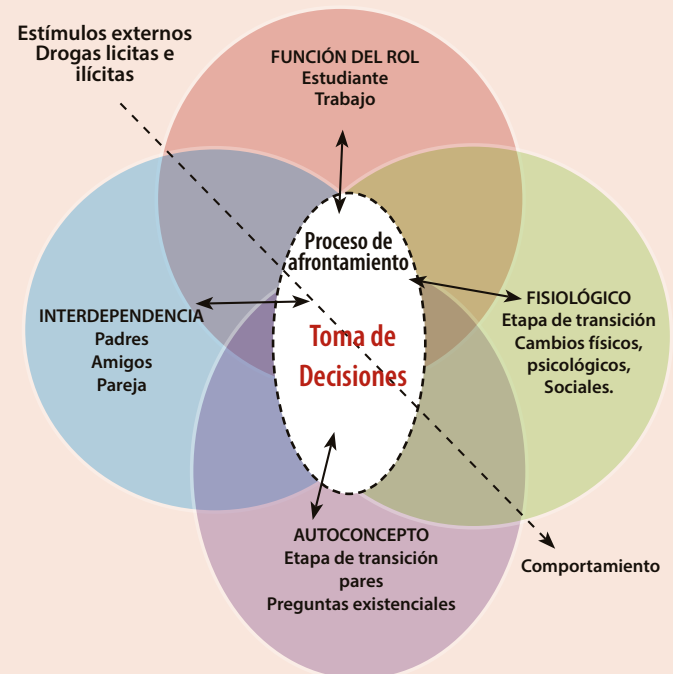


Figura 1. Adaptación del modelo de adaptación de Roy y la toma de decisiones (Adaptado por RIHP en agosto del 2012).



El objetivo del estudio fue determinar la influencia de la estrategia “toma de decisiones” en el autoconcepto de adolescentes consumidores de alcohol.

La hipótesis de investigación que se planteó para el presente estudio fue si la estrategia toma de decisiones influye positivamente en el autoconcepto de adolescentes consumidores de alcohol.

MATERIALES Y MÉTODO

Se desarrolló un estudio preexperimental, en una escuela de nivel medio superior de Hermosillo, Sonora. Del Universo integrado por 72 estudiantes, la muestra consistió en 30 alumnos y el muestreo fue por conveniencia. Se incluyeron: estudiantes consumidores de alcohol (según la escala AUDIT) de primer año, menores de 18 años. Los padres firmaron el consentimiento informado, descartando a los que no habían consumido alcohol ninguna vez en su vida. Para la recolección de datos se utilizaron tres cuestionarios: el primero fue el test de identificación de los trastornos debidos al consumo de alcohol (AUDIT). Este instrumento tuvo como finalidad evaluar el consumo de alcohol en el adolescente como criterio de inclusión. Consta de 10 preguntas, cada una de las preguntas tiene opciones de respuesta en una escala de puntuación de 0 a 4. El puntaje total se clasifica de la siguiente manera: 0-7 puntos se considera bebedor moderado, 8-15 puntos es consumo de riesgo, 16-19 puntos, consumo nocivo del alcohol y 20-40 puntos, dependencia del alcohol. El test AUDIT posee un buen nivel de consistencia interna con $\text{Alpha} = 0.88$ [16].

El segundo instrumento fue *The Tennessee Self-Concept Scale (TSCS)*, alfa de Cronbach = 0.897 para todas las escalas (Yo físico = 0.712; moral/ético = 0.677; personal = 0.750; familiar = 0.728; y social = 0.615) [17]. El instrumento consta de tres dimensiones en las que se estructura la experiencia sensible del sujeto que constituyen los factores internos: Identidad (predominio del componente cognitivo), autosatisfacción (área afectiva) y conducta (referido al área comportamental).



Así mismo, el TSCS consta de cinco dimensiones o factores externos que abarcan todo el campo experiencial del sujeto y que son definidas de la siguiente manera:

- Ser físico, se refiere al punto de vista del sujeto sobre su propio cuerpo material.
- Ser ético-moral, hace referencia a la percepción del sujeto sobre su propia fuerza moral.
- Ser personal, trata sobre la autopercepción, sobre los valores interiores del sujeto.
- Ser familiar, refleja el propio sentimiento de valoración e importancia del individuo como miembro de una familia y perteneciente a un círculo restringido de amigos.
- Ser social, tiene que ver con sí mismo, percibido en su relación con los otros.

El test consta de 100 reactivos, de los cuales, 45 ítems corresponden a afirmaciones negativas y 45 a positivas, con opciones de respuesta tipo *likert*, que va del 1 al 5 ("completamente falso" y "completamente cierto" respectivamente). Los 10 reactivos restantes corresponden a la escala de autocrítica *L-Scale Of Minnesota Multiphase Personality Inventory* (1951) de la Universidad de Minnesota. La prueba es autoadministrada, ya sea a nivel individual o grupal, y el tiempo de respuesta es entre 10 y 20 minutos [18].

El tercer cuestionario que se aplicó fue la Escala de conflicto decisional que midió la incertidumbre y los factores que intervienen en ella. Existen dos versiones de este instrumento, una larga y una corta. En el presente estudio se aplicó la corta, la cual consiste en una escala de tipo *likert* que mide opciones con un puntaje de 0 a 4, significando el valor 0 estar fuertemente de acuerdo y el

valor 4 fuertemente en desacuerdo. Los resultados van desde conflicto decisional bajo a alto, interpretando los puntajes de 2 o menor valor, como proceso de toma de decisión sin dificultades, y los resultados con mayores de 2.5, con una demora en la toma de decisiones. Se realizó un estudio de validación en una versión en español de la escala, demostrando una alta confiabilidad de 0.8076 [19].

Los datos se analizaron a través del software *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)* Versión 17. A todas las variables cuantitativas se les aplicó las pruebas de distribución normal, a través de la prueba *W* de Shapiro-Wilk. Los datos se analizaron con estadística descriptiva e inferencial promedio y desviación estándar para la prueba de hipótesis *T de Student* para muestras dependientes (*T* pareada), para analizar las diferencias de las variables dependientes, pre y post intervención.

La estrategia de intervención consistió en un taller, con una duración de 10 sesiones de 2 horas cada una, basado en el Modelo de Toma de Decisiones en Salud de Ottawa (MTDSO).

La presente investigación cumplió con los aspectos éticos que garantizan el respeto a la dignidad y protección de los derechos y el bienestar de los adolescentes que participaron en el estudio. En el desarrollo de la misma se consideró el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la Salud y el Artículo 14º. Se siguieron los principios del convenio sobre los derechos del hombre y la biomedicina, conocido como Convenio de Oviedo. Así mismo, todos y cada uno de los adolescentes del estudio, se trataron siguiendo los mandatos de la Declaración de Helsinki, revisada el 3 de octubre del año 2000, en Edimburgo, Escocia.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de edad fue de 16.56 ± 0.85 años, el 60% fue del género masculino; cabe mencionar que de acuerdo al INEGI, el 26.3% de la población sonoreNSE masculina se encuentra entre 15 y 29 años de edad [6]. Esta edad se considera una etapa de búsqueda, concediendo mucha importancia a su grupo de pares, con conflictos consigo mismo y con la familia, lo que lo hace más vulnerable a situaciones externas, tales como el consumo de drogas, delincuencia y conductas sexuales de riesgo, copiando los patrones de consumo de la población adulta [20-21].

El 50% de los adolescentes refirió ingresos económicos entre 2,700 y 6,799 pesos, mientras que el 13.3% vive con ingresos económicos entre 0 y 2,699 pesos; el 56.7% profesa la religión católica; el 46.7% de los padres están casados; y por último, el 36.7% de los padres y madres de los adolescentes tienen un nivel de escolaridad de secundaria terminada.

El 73.3% de los adolescentes tienen un consumo sin riesgo según el AUDIT, el resto se encuentra entre un consumo de riesgo (20.1%) y una dependencia al alcohol (3.3%) (Tabla 1). Algunos autores mencionan que el consumo de sustancias forma parte del proceso de crecimiento y desarrollo del adolescente [22], lo que hace suponer, que el problema radica en la tolerancia de los adultos y de la sociedad en general frente al consumo



de alcohol en menores de edad. La socialización y aceptación social del consumo de alcohol entre la población adulta está tan arraigada en la cultura mexicana, que parece difícil que padres y educadores transmitan a los adolescentes el mensaje de que el alcohol puede afectar seriamente su salud [23].

Tabla 1. Clasificación del tipo de consumo de alcohol de los adolescentes.

Dimensiones	f	%
Consumo sin riesgo	22	73.33
Consumo de riesgo	6	20.00
Consumo nocivo de alcohol	1	3.33
Dependencia del alcohol	1	3.33

Fuente: AUDIT

n = 30

El 90% de los adolescentes presentó conflicto decisional alto, el adolescente se encuentra en una especie de encrucijada al momento de tomar una decisión, lo cual lo lleva a una serie de opciones, como es tomar cualquier decisión, dejar que otros tomen la decisión por él o simplemente no tomar ninguna decisión. Langer y colaboradores [24], plantean que algunos adolescentes tienden a tomar decisiones teniendo en consideración sus

propios intereses, creencias, actitudes y valores; otros toman decisiones atendiendo a las expectativas de sus padres y otros en función de lo que piensa el grupo de pares. Trujillo [25], citando a Gambara y González, comenta que las decisiones más difíciles de tomar para el adolescente, por orden de importancia, son las relacionadas con la familia, los estudios y los amigos.

Chacón [26] menciona que el proceso de toma de decisiones se encuentra asociado con la maduración de la corteza prefrontal, ya que los procesos necesarios, tales como el reconocimiento de una disyuntiva, la identificación de las opciones, la valoración de riesgos y la ganancia y la previsión de las consecuencias, son funciones cognitivas que se desarrollan con la corteza prefrontal, lo que permite suponer que el adolescente con conflicto decisional, es susceptible de ser entrenado en el proceso de toma de decisiones.

Para probar la hipótesis, se calcularon las diferencias de medias, pre y post intervención del autoconcepto de los adolescentes. Los adolescentes del presente estudio presentaron una media sobre el autoconcepto total (suma de los tres componentes o 5 dimensiones del TSCS) de 332.67 ± 20.15 en la primera medición, versus 327.07 ± 26.96 postintervención, lo que se interpreta como adolescentes autoconfiados, adaptados y sin ansiedad. Resultados similares con el estudio de Coria [27], donde el resultado de la media en el autoconcepto total para el grupo experimental fue de 338.09 ± 24.19 y para el grupo control de 336.46 ± 24 vs 341.21 ± 28.69 y 338 ± 24.35 ($p = .001$), experimental y control respectivamente. Tapia [28] en su estudio concluye que los adolescentes que poseen un adecuado concepto de sí mismo en situaciones interpersonales se sentirían apoyados, experimentarían satisfacción en las relaciones sociales y una adecuada confianza con sus pares y otras personas significativas.

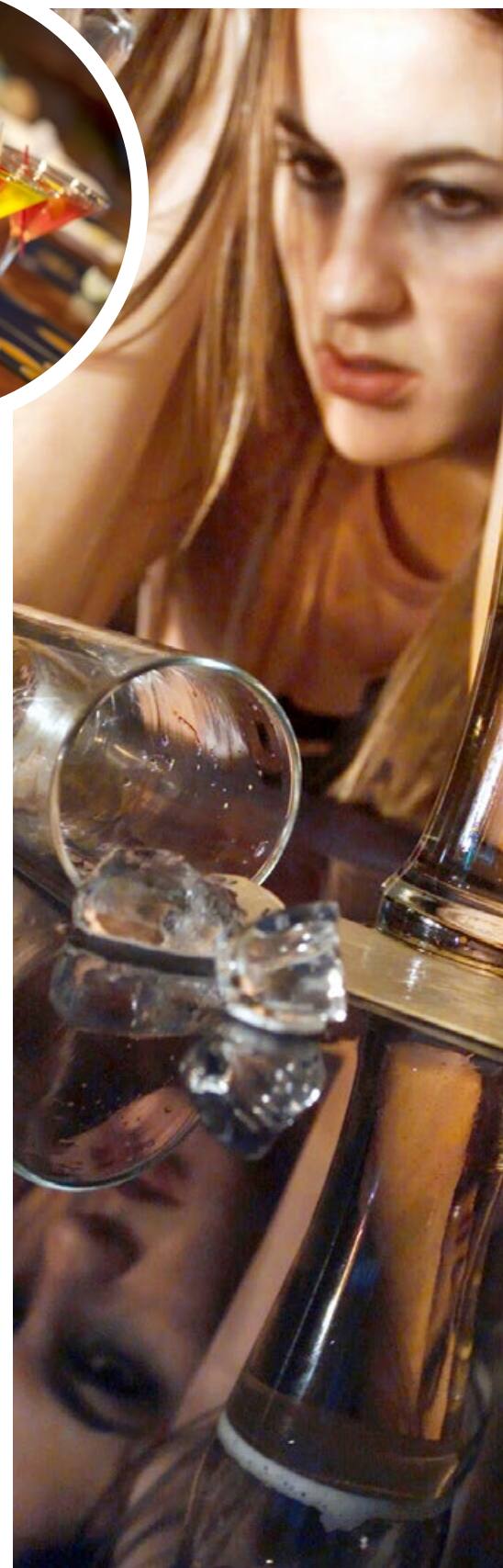
Sin embargo, en los resultados se observa que sólo hay diferencia estadísticamente significativa en la dimensión Yo moral ($t = 2.67$, $p = 0.01$), en el resto de las dimensiones, no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($t = 1.12$, $p = 0.27$) (Tabla 2). De lo anterior se concluye que, no hay elementos estadísticos para aceptar que la estrategia toma de decisiones influya positivamente en el autoconcepto de adolescentes consumidores de alcohol.

Tabla 2. Diferencia de medias, pre y post intervención del autoconcepto de los adolescentes.

Estímulos	Dimensiones	Pre media ± DE	Post media ± DE	Prueba t	p
Internos	Identidad	100.97 ± 8.95	98.53 ± 8.71	1.27	0.21
	Autosatisfacción	119.73 ± 10.33	119.20 ± 11.52	-0.45	0.65
	Comportamiento	111.97 ± 9.64	107.67 ± 12.44	1.72	0.09
Externos	Yo físico	56.37 ± 5.82	54.60 ± 6.28	1.51	0.14
	Yo moral	59.70 ± 6.97	56.40 ± 6.87	2.67	0.01*
	Yo personal	58.97 ± 3.35	57.33 ± 5.44	1.41	0.16
	Yo familiar	63.60 ± 7.44	62.70 ± 7.68	0.81	0.42
	Yo social	60.63 ± 6.57	61.10 ± 6.35	-0.31	0.75
	Autocrítica	33.40 ± 7.20	34.93 ± 12.17	-0.57	0.56
Autoconcepto total		332.67 ± 20.15	327.07 ± 26.96	1.12	0.27

*Diferencia significativa $p < 0.05$

Fuente: TSCS n=30





De acuerdo a los resultados en el Yo físico del adolescente, similares a otros estudios [29], concuerda con las características y la percepción de su propio cuerpo, su estado de salud, su capacidad y sexualidad. Al relacionar dicho resultado con la literatura, se encuentra a Esnaola [30] que concluye que las valoraciones más elevadas en autoconcepto físico se dan al inicio y en la mitad de la vida y las más bajas en la adolescencia.

En cuanto a la diferencia estadística que se observó en el Yo moral en la primera y segunda medición, es probable que el adolescente se haya apreciado bajo en sus valores, religión y en sus sentimientos de ser una persona buena, por haberse encontrado con la realidad de que por primera vez consideraba su capacidad o incapacidad para tomar decisiones, que requiere conocer las opciones, clarificar los valores y creencias con respecto a cada una de ellas, así como conocer y reconocer los apoyos en cada una de estas opciones. Es posible que esto haya influido en



su percepción de sí mismo, desde su Yo, hasta manifestar una identidad baja (estímulo interno, el 100% de los adolescentes manifestó baja identidad), lo cual se asemeja al estudio de Amar [17], donde el 100% de la muestra estudiada también mostró baja identidad.

CONCLUSIONES

Se encontró diferencia estadísticamente significativa en la dimensión Yo moral ($t = 2.67, p = 0.01$) a favor de la intervención; en el resto de las dimensiones, no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($t = 1.12, p = 0.27$), por lo que se concluye que, no hay elementos estadísticos para aceptar la hipótesis planteada.

El presente estudio permite acercarse al fenómeno de las adicciones desde el enfoque de la disciplina de enfermería, según Roy la intervención de la enfermería deberá ir dirigida al aumento, disminución o mantenimiento de los estímulos focales, contextuales y residuales de manera que la persona pueda enfrentarse a ellos. Una manera de afrontar estos estímulos, es el desarrollo de habilidades como la toma de decisiones de manera más consciente y lograr ser una persona integrada y total, meta de la conducta de una persona y la capacidad de ésta de ser un organismo adaptativo, como asegura la



teoría de enfermería de Roy. El tema de las drogas, ya sean lícitas o ilícitas, es complejo, la literatura explica factores protectores y factores de riesgo para su consumo, sin embargo, es limitado el estudio sobre investigaciones que impliquen intervenciones, ya sea de manera directa para la disminución o eliminación del consumo, o indirecta como sería el abordaje desde los procesos de afrontamiento que tienen las personas ante tal estímulo. El presente estudio pretendió abordar el tema de manera indirecta, evaluando el autoconcepto de una población consumidora de alcohol, sin pretender evaluar el consumo pre y post intervención, de igual manera no se evaluó la toma de decisiones, partiendo de la idea misma del MTDSO que considera que no siempre buenas decisiones dan como producto buenos resultados, los cuales van a depender de los valores personales y del conocimiento y apoyo con que se cuente para tomar una decisión.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) K. Newman, L. Harrison, C. Dashiff, S. Davies. Relações entre modelos de pais e comportamentos de risco na saúde do adolescente: uma revisão integrativa da literatura. *Rev. Latino-am Enfermagem* [periódico na Internet] 2008 Fev. 16(1):142-50. Disponible en: http://www.scielo.br/pdf/rlae/v16n1/pt_21.pdf.
- 2) M.G. Matos. Equipa do Projecto Aventura Social e Saúde. A saúde dos adolescentes portugueses (quatro anos depois). Relatório Português Estudo HBSC. Lisboa: FMH; 2003.
- 3) D.E. Papalia, S.W. Olds. A child's world. Infancy through adolescence. McGraw-Hill. [internet] (Acceso: 10 de abril de 2013). Disponible en: <http://www.cepvi.com/psicologia-infantil/identidad3.shtm>.
- 4) M. Campillo, V. Vizcay. Caracterización del consumo de bebidas alcohólicas en adolescentes de un consultorio médico. *Rev. Cubana Med. Gen. Integral*, 19 (3). 2003.
- 5) F. Facundo, M. Castillo. Adquisición del uso de alcohol en un grupo de adolescentes mexicanos: el efecto de la relación con amigos. *Revista Electrónica de Salud Mental, Alcohol y drogas. Brasil*, 1 (002). 2005.
- 6) Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Acceso: 10 de abril de 2013) Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&e=26>.
- 7) Encuesta nacional sobre el uso de drogas entre la comunidad escolar. (Acceso: 19 de marzo de 2012). Disponible en: <http://bibliotecas.salud.gob.mx/gsd/collect/publin1/index/assoc/ASHc3a9.dir/doc.pdf>.
- 8) G. Henríquez, V. Berger. Consumo de tabaco en adolescentes: factores de riesgo y factores de protección. *Cienc. Enferm.* 8 (2):1-12. 2002.
- 9) M. Nebot, Z. Tomas, S. Ariza, S. Valmayor, M. López, O. Juárez. Factores asociados con el inicio del tabaquismo: seguimiento a los tres años de una cohorte de escolares. *Arch. Bronconeumol.* 40(11): 495-501. 2004.
- 10) A. Llorens, P. Palmer, M. Perellón del Río. Características de personalidad en adolescentes como predictores de la conducta de consumo de sustancias psicoactivas. *Trastornos adictivos*, 7(2):90-6. 2005.
- 11) F.R. Guzmán-Facundo, J.L. Pedrao, L. Rodríguez-Aguilar, K.S. López-García, S.E. Esparza-Almanza. Trastornos por consumo de alcohol en adolescentes y jóvenes marginales de México. *Rev. Esc. Anna. Nery.* 11(4): 611-8. 2007.
- 12) J.D. Hawkins, R.F. Catalano, J.F. Miller. Risk and protective factors for alcohol and other drug problems in adolescence and early adulthood: Implications for substance abuse prevention. *Psychol. Bull.* 112:64-105. 1992.
- 13) R. Callista, A. Heather. El modelo de adaptación de Roy. 2da. ed. Stamford, CT: Appleton & Lange, 1999.
- 14) B. Nuño, F. Flores. La búsqueda de un mundo diferente. La representación social que determina la toma de decisiones en adolescentes mexicanos usuarios de drogas ilegales. *Salud Mental*, 37(4): 26-34. 2004 (Acceso: 19 de marzo de 2012). Disponible en: <http://berthanuno.com/documentos/7.pdf>.
- 15) S. Muscovici. El psicoanálisis, su imagen y su público. Argentina: Ed. Huemul. 1979.
- 16) M. Contel Guillamón, A. Gual Solé, J. Colom Farran. Test para la identificación de trastornos por uso de alcohol (AUDIT): traducción y validación del AUDIT al catalán y castellano. *Adicciones*, 11(4):337/347. 1999 (Acceso: 11 de abril de 2013). Disponible en: http://www.veuselquebeus.net/CATALA/intro/Article_Traduccion_y_validacion_del_AUDIT_al_catalan_y_castellano.pdf.
- 17) J. Amar, B. Hernández. Autoconcepto y adolescentes embarazadas primigestas solteras. *Psicología del Caribe. Colombia.* 15: 1-17. 2005.
- 18) D. Justicia, M. Pichardo. Self-concept and gender in Spanish low-vision adolescents. *Visual Impairment Research. España.* 3(1) pp. 7-16. 2001.
- 19) M. Urrutia, S. Campos, A. O'Connor. Validación de una versión en español de la Escala de Conflicto Decisional. *Revista Médica de Chile*, 136: 1439-1447. 2008.
- 20) M. Jordán, J. Molina, S. Pillon. Uso de drogas y factores de riesgo entre estudiantes de enseñanza media. *Rev. Latino-am Enfermagem.* 17 (2). 2009. (Acceso: 25 de junio de 2012). Disponible en: www.eerp.usp.br/rlae.
- 21) Comisión Nacional contra las Adicciones (CONADIC). Encuesta Nacional de Adicciones 2008. (Acceso: 12 de septiembre de 2011). Disponible en: www.conadic.salud.gob.mx/pdfs/ena08/ENA08_NACIONAL.pdf.
- 22) T. Barroso, A. Mendes, A. Barbosa. Analysis of the alcohol consumption phenomenon among adolescents: study carried out with adolescents in intermediate public education. *Rev. Latino-am Enfermagem.* Maio-junho, 17(3): 347-53. 2009.
- 23) M.E. Villarreal-González, J.C. Sánchez-Sosa, G. Musitu. El consumo de alcohol en adolescentes escolarizados: propuesta de un modelo sociocomunitario. *Intervención psicosocial.* 19 (3): 253-264. 2010.
- 24) L.M. Langer, R.S. Zimmerman, G.J. Warheit, R.C. Duncan. Decision-Making Orientation and AIDS-Related Knowledge, Attitudes and Behaviors of Hispanic, African-American, and White adolescents. *Health Psychol.* 3, 227-234. 1993.
- 25) E. Trujillo, J. Henao, C. González. Toma de decisiones sexuales y reproductivas en la adolescencia. *Acta colombiana de Psicología.* 10 (001) pp. 49-63. 2007.
- 26) L. Chacón. Diferentes aproximaciones teóricas al estudio de la toma de decisiones. En: *Cómo tomamos decisiones. Cuerpo, mente y estilos de vida.* Guanajuato, México. Linotipografía Dávalos Hermanos, pp.15-44. 2011.
- 27) M. Coria, C. Pino, G. Toro. Aprendizaje cooperativo y desarrollo del autoconcepto en estudiantes chilenos. *Revista de Pedagogía.* 28 (81). 2007.
- 28) M. Tapia, M. Fiorentino, M. Correché. Soledad y tendencia al aislamiento en estudiantes adolescentes. Su relación con el autoconcepto. *Fundamentos en humanidades, Universidad de San Luis.* 2003.
- 29) D. Molero, M. Zagalaz-Sánchez, J. Cachon-Zagalaz. Estudio comparativo del autoconcepto físico a lo largo del ciclo vital. *Revista de Psicología del Deporte*, 22, 135-142. 2013.
- 30) I. Esnaola. El autoconcepto físico durante el ciclo vital. *Anales de Psicología.* 24(1), 1-8. 2008.





ANSIEDAD Y CALIDAD DE VIDA EN LA MUJER CON CÁNCER DE MAMA

EUSTOLIA VELÁZQUEZ LEYVA*, MARÍA LAURA RUIZ PALOALTO, NICOLÁS PADILLA RAYGOZA, MARÍA ALEJANDRA FAVELA OCAÑO, OLGA BARRAGÁN HERNÁNDEZ

RESUMEN

La ansiedad surge en la mujer con Cáncer de Mama (CaMa) desde el momento del diagnóstico, por tal motivo el presente estudio tiene como objetivo medir la relación de la ansiedad como factor estresor intrapersonal en la calidad de vida de la mujer con CaMa, en un hospital de Sonora. Es un estudio cuantitativo, correlacional y no experimental; el muestreo es no probabilístico, con una significancia de 0.05 y poder de 0.80, muestra de 65 individuos. Se empleó estadística descriptiva e inferencial, se aplicó la prueba de correlación de Pearson, se utilizó la escala de Hamilton para medir la ansiedad, y el WHOQOL-BREF para determinar la calidad de vida. La edad media fue 52.43 años y la ansiedad tuvo una relación negativa significativa ($r = -0.270$, $p < 0.01$) con la calidad de vida. Se concluye que es importante desarrollar intervenciones que promuevan una mejor calidad de vida y disminuyan la ansiedad en las mujeres con CaMa.

Palabras clave: Cáncer de mama, ansiedad, calidad de vida.

ABSTRACT

Anxiety arises in women with breast cancer (BC) from the time of diagnosis; therefore, the study aims to measure the relationship of anxiety as intrapersonal stressor factor in the quality of life of women with BC in a hospital in Sonora. This is a quantitative, correlational and non experimental study. We use Non-probability sampling, with a 0.05 significance and a power of 0.80, the sample is of 65 individuals. Descriptive and inferential statistics were used and the Pearson correlation test was applied. Hamilton scale was used to measure anxiety and WHOQOL-BREF to determine the quality of life. Mean age was 52.43 years and anxiety had a significant negative correlation ($r = -0.270$, $p < 0.01$) with the quality of life. It concludes that it is important to develop interventions that promote a better quality of life and reduce anxiety in women with BC.

Keywords: Breast cancer, anxiety, quality of life.

M.C.E. EUSTOLIA VELÁZQUEZ LEYVA
Depto. de Enfermería, Universidad de Sonora
Correo: eustolia_velazquez@hotmail.com

DRA. MARÍA LAURA RUIZ PALOALTO
Depto. de Enfermería Clínica,
Campus Celaya Salvatierra,
Universidad de Guanajuato
Correo: lauraruizpaloalto@hotmail.com

DR. NICOLÁS PADILLA RAYGOZA
Depto. de Enfermería Clínica,
Campus Celaya Salvatierra,
Universidad de Guanajuato
Correo: raygosan@ugto.mx

M.C.E. MARÍA ALEJANDRA FAVELA OCAÑO
Depto. de Enfermería, Universidad de Sonora
Correo: alejandrafavela@enfermeria.uson.mx
M.C. OLGA BARRAGÁN HERNÁNDEZ
Depto. de Enfermería, Universidad de Sonora
Correo: barragan@enfermeria.uson.mx

*Autor para correspondencia: M.C.E. Eustolia Velázquez Leyva
Correo electrónico: eustolia_velazquez@hotmail.com

Recibido: 22 de septiembre de 2015
Aceptado: 27 de noviembre de 2015

ISSN: 2007-4530

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cáncer de mama (CaMa) es el más frecuente en la mujer, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo; se estiman 1.38 millones de casos nuevos diagnosticados en todo el mundo en el 2008. La tasa de incidencia en México fue de 27.2 casos por cada 100,000 habitantes, con una tasa de mortalidad de 10.1 por 100,000 habitantes [1]. Se encontraron once estados que concentran el 50% de las muertes por esta causa, los cuales se caracterizan por tener mayor nivel socioeconómico, éstos son: Baja California Norte, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa, Jalisco, Guanajuato y Distrito Federal [2].

La experiencia del período del CaMa expone a la mujer a numerosos factores estresantes, relacionados con el afrontamiento de una enfermedad crónica compleja que amenaza su integridad y exige cuidados específicos. La calidad de vida (CV) se relaciona con todos los aspectos de la vida de una persona, que incluyen las funciones físicas, psicológicas e interacciones sociales [3]. La ansiedad surge desde antes de ser diagnosticada, pasando por las diferentes etapas de sufrimiento, abandono de la vida cotidiana, pérdida del sentido de la vida y disminución del

bienestar afectando la calidad de vida de las mujeres que lo padecen [4].

La ansiedad se refiere a la ansiedad "natural", como fenómeno de vida cotidiana, con función motivadora, que moviliza recursos para adaptación del individuo a nuevas situaciones. Las pacientes sufren de este síntoma no sólo desde la esfera psíquica (miedos, dudas, aprensiones), problemas cognitivos (atención y concentración), manifestaciones somáticas (taquicardia, dolor, sensación de ahogo) y alteración en las actividades diarias [5]. El modelo de sistemas de la Dra. Betty Neuman, se centra en el estrés, sus efectos sobre la salud y la reducción del mismo. Los agentes estresores se clasifican en: intrapersonales (estímulos que se producen dentro de la persona, como la ansiedad), interpersonales (se producen entre dos o más personas, como la comunicación), y los extrapersonales (se producen fuera de la persona, como las circunstancias económicas) [6].

El diagnóstico de CaMa es considerado un factor estresor potente que ocasiona reacciones emocionales, como la ansiedad. Esta enfermedad se relaciona con cambios físicos negativos, dolor, mutilación y





muerte, por lo que debilita las redes sociales de quién la padece, desarrollando otras conforme evoluciona la patología y su tratamiento. La influencia del apoyo de otras personas que comparten sus experiencias puede mejorar su bienestar psicológico [7].

El diagnóstico de cáncer modifica el estilo de vida de quien lo padece, genera sentimientos desagradables que la llevan a evaluar su posición, función social, familiar y laboral, induciendo respuestas propias de las diferentes fases del duelo que le permitirán adaptarse a su nueva realidad [8]. Es común que el CaMa genere altos niveles de ansiedad, las personas experimentan miedo, aislamiento social, incapacidad para manejar las complicaciones que conllevan el tratamiento y un fuerte impacto en su entorno familiar y social [9].

Los estudios relacionados coinciden en que los tratamientos afectan el estado físico, emocional, social y la calidad de vida de la mujer. Además la comunicación entre el profesional de enfermería y la mujer disminuye situaciones de estrés, al establecer vínculos significativos para mantener la individualidad e importancia del cuidado humanizado [10, 11, 12]. Otro estudio concluyó que la calidad de vida fue menor, en lo general, como en los dominios físicos, psicológicos, sociales y del entorno, en quienes provenían de estratos socioeconómicos más bajos. Además las mujeres presentaron sintomatología ansiosa y depresiva durante la fase de tratamiento y aumentaron en estadios avanzados de la enfermedad [7, 13, 14].

El presente estudio tiene como objetivo analizar la relación del factor estresor intrapersonal ansiedad y la calidad de vida de la mujer con CaMa acorde al modelo de sistemas de la Dra. Betty Neuman, así como identificar variables sociodemográficas. Dicho modelo considera que los factores estresores intrapersonales se pueden producir en más de una variable ya sea fisiológica, psicológica, sociocultural, de desarrollo y espiritual [6]. Además, se plantea la siguiente hipótesis: la ansiedad como factor estresor intrapersonal se relaciona negativamente en la calidad de vida de la mujer con cáncer de mama.

METODOLOGÍA

Estudio cuantitativo, correlacional y no experimental. Los datos se obtuvieron a través de una entrevista a las mujeres que acudieron a consulta y/o a tratamiento de quimioterapia en un hospital de Hermosillo, Sonora. Para el cálculo del tamaño de muestra se utilizó el programa G*Power 3.1.9 [15]; tomando en cuenta la falta de estudios similares se consideró una correlación esperada mediana para la población de $P = 0.40$ [16], un nivel de significancia de 0.05 y un poder de 0.80, obteniendo una muestra de 65 personas. Se usó muestreo no probabilístico, por orden de registro o de llegada hasta completar el tamaño de la muestra.

Los criterios de inclusión fueron: mujeres con diagnóstico de CaMa, en estadio II y III, de 30 a 65 años de edad, que aceptaron participar en el estudio de



investigación y firmaron el consentimiento informado. Se excluyó a las mujeres con complicaciones propias de la enfermedad, en período agudo de la enfermedad, que cambiaron de residencia o que fallecieron en el transcurso del estudio.

La investigación fue aprobada por el Comité de Investigación y Bioética de la División de Ciencias de la Salud e Ingenierías del Campus Celaya Salvatierra de la Universidad de Guanajuato, también fue autorizado por el Comité de Investigación del hospital donde se llevó a cabo. Se aplicaron dos instrumentos, la escala de Hamilton que midió la ansiedad como factor estresor intrapersonal con un coeficiente de consistencia interna alfa de Cronbach de 0.89 [17]; y para medir la calidad de vida se empleó el WHOQOL-BREF (World Health Organization Quality of Life Instruments, o Cuestionario de Calidad de Vida de la OMS), que se encuentra conformado por 26 reactivos, de los cuales 24 corresponden a cuatro áreas o dominios: salud física, salud psicológica, relaciones sociales y ambiente. Además, dos preguntas generales: calidad de vida global y salud general, las cuales se examinan separadamente y cada reactivo tiene cinco opciones de respuesta ordinales tipo likert. Los cuatro dominios fueron calificados en una dirección positiva, es decir: a mayor puntaje, mejor calidad de vida. En los análisis de consistencia interna se obtuvo un alfa de Cronbach >0.70 [18].

Los datos se procesaron en el paquete estadístico SPSS versión 20. Se empleó estadística descriptiva e inferencial. Para comprobar la hipótesis del estudio se aplicó la prueba Correlación de Pearson a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS

Se estudiaron a 65 mujeres con CaMa, como se observa en la tabla 1, la media fue de 52.43 años, desviación estándar de 9.15 años. La escolaridad fue entre 5 y 22 años, con una media de 12.74 y una desviación estándar de 4.10 años. Con respecto a la ocupación, el 44.6% son profesionistas activas, 15.4% están jubiladas, 6.2% son empleadas y

29.2% son amas de casa. Respecto al estado civil, 53.8% están casadas y alrededor del 25%, se encuentran sin pareja, solteras o divorciadas. La religión que profesan en su mayoría es la católica con 86.2%.

Tabla 1. Variables sociodemográficas de mujeres con CaMa en un hospital de Hermosillo, Sonora.

Variable	Valor Mínimo	Valor Máximo	Media \pm D.E	
Edad	32	55	52.43	9.15
Escolaridad	5	22	12.74	4.10

Variable	f	%
Ocupación		
Empleada	4	6.2
Profesionista	29	44.6
Comerciante	3	4.6
Ama de casa	19	29.2
Jubilada	10	15.4
Estado civil		
Casada	35	53.8
Unión libre	3	4.6
Viuda	8	12.3
Soltera	10	15.4
Divorciada	9	13.8
Religión		
Católica	56	86.2
Cristiana	7	10.8
Testigo de Jehová	1	1.5

Fuente: Escala de Hamilton

n=65



En la tabla 2, el nivel de ansiedad general se ubica mayormente en grave con un 36%. Asimismo, se observa que la ansiedad psíquica mayormente se ubica en nivel grave con 39.6%, con 20% tanto para el nivel moderado como para el leve, sólo 7.3% contestó que su ansiedad estaba ausente. Se observa por variable en la ansiedad psíquica, niveles de muy grave en tensión (20%), insomnio (20%) y ansioso (18.5%).

Con respecto a la ansiedad somática, también el porcentaje más alto fue grave con 32.5%, pero se ve un aumento en la opción del nivel ausente (12.7%) con respecto de la ansiedad psíquica, con una diferencia del 7.3%. Individualmente, tres variables tienen porcentajes relativamente altos en la opción de ausente: síntomas genitourinarios (24.6%), cardiovasculares (29.2%) y respiratorios (30.8%).

Tabla 2. Factor estresor intrapersonal ansiedad de las mujeres con CaMa en Hermosillo, Sonora.

Escala/dimensión/variable	Ausente	Leve	Moderada	Grave	Muy Grave
Total escala	10.0	22.0	22.3	36.0	9.7
1. Ansiedad psíquica					
Estado de ánimo: Ansioso	1.5	21.5	7.7	50.8	18.5
Tensión	7.7	15.4	18.5	38.5	20.0
Temores	16.9	27.7	12.3	29.2	13.8
Insomnio	3.1	10.8	16.9	49.2	20.0
Intelectual (cognitivo)	6.2	15.4	27.7	40.0	10.8
Estado de ánimo deprimido	10.8	16.9	18.5	44.6	9.2
Comportamiento en la entrevista	4.6	32.3	38.5	24.6	0.0
Dimensión	7.3	20.0	20.0	39.6	13.2
2. Ansiedad somática					
Síntoma somáticos generales (musculares)	0.0	26.2	21.5	47.7	4.6
Síntoma somáticos generales (sensoriales)	1.5	21.5	43.1	27.7	6.2
Síntoma cardiovasculares	29.2	24.6	21.5	21.5	3.1
Síntomas respiratorios	30.8	26.2	20.0	20.0	3.1
Síntoma gastrointestinales	1.5	23.1	27.7	41.5	6.2
Síntoma genitourinarios	24.6	30.8	13.8	23.1	7.7
Síntoma del SN autónomo	1.5	15.4	24.6	46.2	12.3
Dimensión	12.7	24.0	24.6	32.5	6.2

Fuente: Escala de Ansiedad de Hamilton

n=65

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos sobre la escala de calidad de vida, para la pregunta sobre la calidad de vida en general, predominó la percepción del nivel normal con 56.9%, nadie respondió "Muy buena", resaltando cierta tendencia hacia la mala calidad de vida. Para la pregunta de "Salud en general", las mujeres se muestran "Insatisfechas" con 60%, seguida de un nivel "Normal" con 38.5%, además cabe resaltar que nadie expresa un nivel más alto de lo normal en relación a la satisfacción con su salud.

En general, para las dimensiones salud física, psicológica, relaciones sociales y medio ambiente la opción más frecuente fue "Normal", con cierta tendencia hacia las opciones "Nada" y "Un poco" ya que la respuesta "Muy satisfecha" fue muy baja en las 4 dimensiones.

Tabla 3. Calidad de vida de mujeres con cáncer de mama en tratamiento en un hospital de Hermosillo, Sonora.

Escala/dimensiones/ variables	Mala calidad de vida			Buena calidad de vida	
	1	2	3	4	5
Total escala	3.7	29.6	47.3	19.0	0.4
Pregunta calidad de vida en general	9.2	32.3	56.9	1.5	0.0
Pregunta salud en general	1.5	60.0	38.5	0.0	0.0
1. Salud física					
Dolor y malestar	4.6	44.6	18.5	30.8	1.5
Energía y fatiga	1.5	41.5	41.5	15.4	0.0
Dormir y descansar	3.1	47.7	40.0	9.2	0.0
Dependencia de medicación	0.0	20.0	30.8	49.2	0.0
Movilidad	3.1	6.2	56.9	33.8	0.0
Actividades de la vida diaria	0.0	43.1	53.8	3.1	0.0
Capacidad de trabajo	0.0	44.6	53.8	1.5	0.0
Total	1.8	35.4	42.2	20.4	0.2
2. Psicológica					
Setimientos positivos	3.1	40.0	38.5	18.5	0.0
Setimientos negativos	3.1	24.6	44.6	23.1	4.6
Autoestima	0.0	32.3	63.1	4.6	0.0
Aprendizaje, memoria y concentración	0.0	32.3	60.0	7.7	0.0
Imagen corporal	16.9	35.4	33.8	13.8	0.0
Espiritualidad y religión	1.5	16.9	55.4	26.2	0.0
Total	4.1	30.3	49.2	15.6	0.8
3. Relaciones sociales					
Relaciones personales	3.1	12.3	72.3	12.3	0.0
Sexo	3.1	60.0	32.3	4.6	0.0
Apoyo social práctico	3.1	6.2	70.8	20.0	0.0
Total	3.1	26.2	58.5	12.3	0.0
4. Medio ambiente					
Recursos financieros	1.5	38.5	56.9	3.1	0.0
Información y habilidades	6.2	40.0	38.5	13.8	1.5
Recreación y ocio	10.8	40.0	40.0	9.2	0.0
Entorno familiar	3.1	6.2	70.8	20.0	0.0
Acceso a la atención sanitaria y social	6.2	3.1	13.8	76.9	0.0
Seguridad y protección física	3.1	23.1	66.2	7.7	0.0
Entorno físico	4.6	16.9	66.2	10.8	1.5
Transporte	4.6	1.5	16.9	76.9	0.0
Total	5.0	21.2	46.2	27.3	0.4

Fuente: Instrumento WHOQOL-BREF

n=65





Para la comprobación de la hipótesis se empleó la prueba de correlación de Pearson. La tabla 4, muestra que la media y la media recortada al 5% son muy semejantes, porque los valores extremos no afectan en gran medida

a la media como estadístico de localización central y con respecto a la forma de distribución de las dimensiones de "Psicología" y "Salud física", además en la escala total tienen una distribución normal ($\text{sig.} > 0.05$).

Tabla 4. Localización y distribución para la escala de calidad de vida de las mujeres con CaMa en Hermosillo.

Estadísticos	¿Cómo puntuaría su calidad de vida?	¿Cuán satisfecho/a está con su salud?	Salud física	Psicológica	Relaciones sociales	Medio ambiente	Calidad de vida (WHOQOL-BREF)
Media	2.51	2.37	45.49	44.68	41.15	49.23	180.56
Media recortada al 5%	2.55	2.37	45.51	44.34	41.38	49.69	180.42
Mediana	3.00	2.00	46.43	45.83	41.67	50.00	174.11
Desviación estándar	.687	.517	6.478	12.204	9.646	8.379	27.447
Mínimo	1	1	29	25	8	25	131
Máximo	4	3	61	75	58	66	243
Rango	3	2	32	50	50	41	113
Rango intercuartil	1	1	7	17	17	13	47
Asimetría	-.773	.203	-.304	.174	-.501	-.772	.110
Curtosis	-.109	-1.184	.633	-.246	.756	.955	-.851
Error estándar asimetría	.297	.297	.297	.297	.297	.297	.297
Error estándar curtosis	.586	.586	.586	.586	.586	.586	.586
Shapiro-Wilk (sig.)	.000	.000	.021	.025	.000	.003	.146

Fuente: Instrumento WHOQOL-BREF

n=65

En la tabla 5, la ansiedad psíquica tuvo una correlación negativa media ($r = -0.33$) con la pregunta general sobre la calidad de vida, lo que significa que a menos ansiedad psíquica mayor es la percepción de calidad de vida con una fuerza de correlación media.

Tabla 5. Correlación entre las escalas de ansiedad de Hamilton y WHOQOL-BREF.

		¿Cómo puntuaría su calidad de vida?	¿Cuán satisfecho/a está con su salud?	Salud física	Psicológica	Relaciones sociales	Medio ambiente	Calidad de vida (WHOQOL-BREF)
Ansiedad psíquica	Correlación de Pearson	-.329**	-.422**	-.106	-.250*	-.148	-.148	-.234
	Sig. (bilateral)	.007	.000	.400	.044	.238	.238	.061
Ansiedad somática	Correlación de Pearson	-.118	-.278*	.129	.211	.046	.065	.160
	Sig. (bilateral)	.347	.025	.306	.092	.718	.605	.203
Ansiedad	Correlación de Pearson	-.270*	.419**	.009	-.032	-.065	-.053	-.051
	Sig. (bilateral)	.030	.001	.941	.801	.609	.674	.687

**La correlación es significativa en el nivel 0.01 (2 colas)

**La correlación es significativa en el nivel 0.05 (2 colas)

DISCUSIÓN

En México, los registros epidemiológicos del INEGI muestran que el número de casos nuevos reportados de cáncer de mama va en aumento. Actualmente ocupa el primer lugar como causa de muerte por neoplasia maligna en mujeres mayores de 25 años. En este estudio, el 6.2% pertenecía a mujeres con 32 años de edad y la media fue de 52 años [2, 19].

También se encontró que los años de escolaridad que predominaron entre las pacientes fue de 12 años que corresponde a nivel secundaria con un 30.8%, diferente a lo que refiere Santiago [14], que señala que el 63.75% sólo culminaron la educación primaria.

Un 53.8% de mujeres tenían cónyuge, factor que contribuye para el afrontamiento del efecto estresor que implica la enfermedad, contribuyendo con apoyo psicológico y económico de la familia, que podría favorecer a la disminución del nivel de ansiedad. Pero a su vez Moreno-López y colaboradores [20], señalan que las parejas de las pacientes presentan modificaciones desde la estructura familiar, ya que el hombre toma roles que antes tenía su esposa y ahora no puede desempeñar, agregando responsabilidades adicionales, experimentando por su parte estresores intrapersonales, por lo que es importante que también se incluya a la pareja y al sistema familiar en las intervenciones de enfermería.

La mayoría de las participantes eran profesionistas y tenían prestación de salud por parte de su trabajo o de su esposo, lo que les permitía dejar temporalmente sus ocupaciones y dedicarse totalmente a su tratamiento. Con respecto a la religión, todas profesaban algún tipo de fe, siendo el 86.2% de religión católica. Al respecto, algunos estudios han mostrado que las pacientes que





refirieron tener alguna creencia personal o espiritual les funcionaron como fortaleza para enfrentar las dificultades del diagnóstico y tratamiento [12].

Todas las mujeres evaluadas experimentaron algún grado de ansiedad; los valores de ansiedad global fue en promedio de 29.88 puntos que las ubica en el grado moderado de ansiedad; estos resultados difieren a los encontrados por Ornelas-Mejorada y colaboradores [13], que reportan que el 41% de su muestra presentó algún nivel de ansiedad.

En relación a la calidad de vida global se obtuvo un promedio de 2.51 y de 2.37 en su satisfacción con la salud, difiriendo a lo mostrado por Salas y Grisales [7], que refieren una puntuación normal.

El dominio de salud física presentó una media de 45.49 lo que indica una calificación de poca calidad de vida, similar al estudio de Yelamos y otros [10] que demostró que las pacientes con linfedema tenían un peor estado físico de salud. El dominio psicológico obtuvo un promedio de 44.68 puntos lo que muestra efectos negativos, resultados que concuerdan con Domínguez y otros [21] que obtuvieron puntuaciones más bajas (50.2) en cuanto a la evaluación de la calidad de vida después del tratamiento primario de cáncer de mama.

El dominio social, con una media de 41.15, representa efectos negativos en este dominio coincidiendo con Vázquez y colaboradores [22] en el ajuste sexual e imagen corporal en mujeres mastectomizadas por cáncer de mama. En lo referente al dominio del entorno se obtuvo una puntuación media de 49.23, menor a la obtenida por Salas y Grisales [7], con una media de 64.6 puntos en calidad de vida y factores asociados en mujeres con cáncer de mama en Antioquia, Colombia.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mostraron una ansiedad moderada y una tendencia hacia la mala la calidad de vida de las pacientes con cáncer de mama, tanto en lo general, como en los dominios físicos, psicológicos, sociales y del entorno.

Esta investigación permitió reconocer algunos

elementos como la recreación y el ocio, la imagen corporal, el sexo, así como la mayoría de los elementos del dominio de salud física, que la mujer percibe con mayor frecuencia con tendencia hacia la mala calidad de vida, por lo que es importante considerar la necesidad de prestar atención a la prevención así como al desarrollo de intervenciones que promuevan mayor calidad de vida en las mujeres con CaMa en estos aspectos. El tratamiento primario del CaMa continúa incapacitando a las pacientes y los efectos secundarios del tratamiento dificultan que las pacientes continúen desarrollando con normalidad sus actividades.

Según el modelo de la Dra. Betty Neuman, el profesional de enfermería debe participar en la reconstitución del sistema-paciente, dicha reconstitución debe empezar en sus factores inter, intra o extrapersonal, así como en las variables (fisiológica, psicológica, sociocultural de desarrollo y espiritual) mediante el reforzamiento de las líneas de defensa, con intervenciones primarias, secundarias o terciarias, y de esta manera evitar que afecte los recursos básicos de la estructura, sin perder de vista las experiencias de vida de las personas, considerando la calidad humana que debe tener el profesional de enfermería que proporciona los cuidados.

La mayoría de los tratamientos para el cáncer produce alteraciones en todos los aspectos de la vida tanto para la paciente como para su familia. Por ello, el profesional de enfermería desarrolla sus funciones de asistencia, docencia, gestión e investigación, utilizando el proceso de enfermería que le permita valorar, diagnosticar, intervenir, evaluar y determinar la influencia de sus servicios en la evolución física, psicosocial y espiritual de la mujer, que determinan su calidad de vida.

Este estudio permitió concluir que todas las escalas, dimensiones y variables que valoran ansiedad y calidad de vida deben ser objeto de reflexión y no debe abordarse sólo desde el punto de vista físico, sino desde el impacto integral que tiene en la usuaria y en los sistemas de los que forma parte. El profesional de enfermería debe establecer una relación terapéutica que disminuya los factores estresores y sus efectos, e incentive un aumento de la calidad de vida.



SUGERENCIAS

Afrontar el CaMa, sus tratamientos y la amenaza que supone para la vida de las personas implica un proceso de adaptación, como los referidos a los cambios en su imagen corporal, los sentimientos y actitudes que inevitablemente conlleva. Se debe de apoyar a las usuarias a través del cuidado humanizado, ya que durante todo este proceso puede presentar una pérdida de su identidad, y el cómo lo afronte dependerá de la conservación y transformación de sus redes sociales de apoyo.

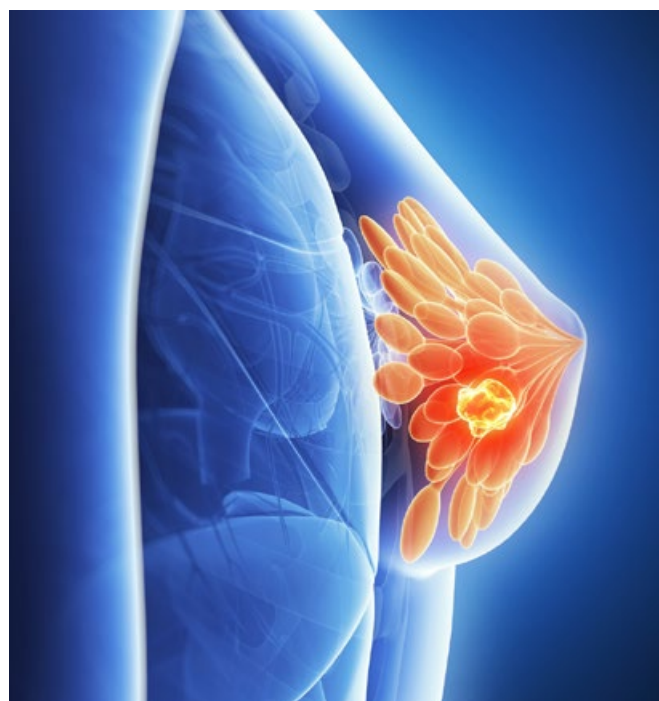
El soporte que se brinde desde el primer nivel de atención de salud para detectar el cáncer precozmente, favorecerá la probabilidad de ofrecer un tratamiento oportuno.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) M. González, L. González y G. Nigenda, «Formulación de políticas públicas sobre el cáncer de mama en América Latina,» *Rev. Panamá Salud Pública*, Vol. 33, No. 3, pp. 183-189, 2013.
- 2) J. Sanfilippo y M. Moreno, Seminario: El ejercicio actual de la medicina, Cáncer de mama, México, D.F.: Universidad Autónoma de México, 2008.
- 3) D. Sat-Muñoz, I. Contreras-Hernández, L. Balderas-Peña, G. Hernández-Chávez, P. Solano-Murillo, I. Mariscal-Ramírez, M. Lomeli-García, M. Díaz-Cortés, J. Mould-Quevedo, R. López-Mariscal, S. Prieto-Miranda, G. Morgan-Villela, «Calidad de Vida en Mujeres Mexicanas con Cáncer de Mama en Diferentes Etapas Clínicas y su Asociación con Características Socio-Demográficas, Estados Co-Mórbidos y Características del Proceso de Atención en el Instituto Mexicano del Seguro Social,» *Value in Health*, vol. 14, nº 5, pp. 133-136, 2011.
- 4) G. Silva y M. Dos Santos, «Factores estresantes del post-tratamiento del cáncer de mama,» *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, Vol. 18, No. 4, 2010.
- 5) P. Canicali, L. Nunes, P. Pires, C. F. y M. Costa, «Ansiedad en mujeres con cáncer de mama,» *Enfermería Global*, Vol. 11, No. 28, pp. 52-62, 2012.
- 6) G. Romero, E. Flores, P. Cárdenas y R. Ostiguín, «Análisis de las bases teóricas del modelo de sistemas de Betty Neuman,» *Revista Enfermería Universitaria*, Vol. 4, No. 1, pp. 44-48, 2009.
- 7) C. Salas y H. Grisales, «Calidad de vida y factores asociados en mujeres con cáncer de mama en Antioquia, Colombia,» *Rev. Panamericana de Salud Pública*, Vol. 28, No. 1, pp. 9-18, 2010.
- 8) M. Reich y E. Remor, «Variables psicosociales asociadas con calidad de vida relacionada con la salud en mujeres con cáncer de mama post-cirugía,» *Ciencias psicológicas*, Vol. 4, No. 2, pp. 179-223, 2010.
- 9) F. Knaul, G. Nigenda, R. Lozano, H. Arreola, A. Langer y J. Frenk, «Cáncer de mama en México: una prioridad apremiante,» *Salud Pública Mex.*, Vol. 51, No. 2, pp. 335-344, 2009.
- 10) C. Yelamos, F. Montesinos, A. Eguino, A. Fernández, M. García y A. Fernández, «Impacto del linfedema en la calidad de vida de las mujeres con cáncer de mama,» *Psicooncología*, Vol. 1, No. 4, pp. 143-163, 2007.
- 11) I. Araujo, I. Silva, I. Bonfim y A. Fernández, «La comunicación de la enfermera en la asistencia de enfermería en la mujer mastectomizada: un estudio de Grounded Theory,» *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, Vol. 18, No. 1, pp. 54-60, 2010.
- 12) F. Villa, «Cuidados paliativos: Una opción vital para pacientes con cáncer de mama,» *Rev. Haban Cienc Méd La Habana*,

Vol. 7, No. 4, pp. 1-12, 2008.

- 13) R. Ornelas-Mejorada, M. Tufiño y J. Sánchez-Sosa, «Ansiedad y depresión en mujeres con cáncer de mama en radioterapia,» *Acta de Investigación Psicológica*, Vol. 1, No. 3, pp. 401-414, 2011.
- 14) R. Santiago, Determinación del grado de depresión que experimentan las mujeres con cáncer de mama [Tesis Maestría], Celaya, Guanajuato: Universidad de Guanajuato, Departamento de Enfermería y Obstetricia, 2010.
- 15) F. Faul, E. Erdfelder y A. Buchner, «Statistical power analysis using G Power 3.1: Tests for correlation and regression analysis,» *Behavior Research Methods*, Vol. 41, No. 4, pp. 1149-1160, 2009.
- 16) P. Dattalo, Determining sample size. Balancing power, precision and practicality, New York. USA: Oxford University Press, 2008.
- 17) A. Lobo, L. Chamorro, A. Luque, R. Dal-Ré, X. Badia y E. Baró, «Validación de las versiones en español de la Montgomery-Asberg Depression Rating Scale y la Hamilton Anxiety Rating Scale para la evaluación de la depresión y de la ansiedad,» *Med. Clin. (Barc)*, Vol. 118, No. 13, pp. 483-499, 2002.
- 18) World Health Organization, WHOQOL-BREF, Introduction, administration, scoring and generic version of the assessment. Field Trial Version, Geneva: Programme on Mental Health, 1996.
- 19) Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, «A propósito del Día Internacional contra el Cáncer de Mama,» INEGI, Aguascalientes, 2013.
- 20) S. Moreno-López, F. Lara-Medina, S. Alvarado-Aguilar, «Impacto psicológico del cáncer de mama y la mastectomía,» *Gaceta Mexicana de Oncología*, Vol. 13, No. 1, pp. 53-58, 2014.
- 21) M. Domínguez, M. Acosta, I. Méndez, C. Pedrote, M. Frutos, «Evaluación de la calidad de vida tras el tratamiento primario del cáncer de mama,» *Index de enfermería digital*, Vol. 18, No. 4, pp. 246-248, 2009.
- 22) J. Vázquez, R. Antequera, A. Blanco, «Ajuste sexual e imagen corporal en mujeres mastectomizadas por cáncer de mama,» *Psicooncología*, Vol. 7, No. 2-3, pp. 433-451, 2010.





DELIMITACIÓN DE ZONAS FEDERALES Y ÁREAS DE AMORTIGUAMIENTO EN RÍOS AFECTADOS POR EL CRECIMIENTO URBANO COMO ESTRATEGIA PARA PREVENIR INUNDACIONES

ADRIÁN LEONARDO FERRIÑO FIERRO, DAGOBERTO BURGOS FLORES*

RESUMEN

En la actualidad, debido al crecimiento de las zonas urbanas y la ocupación de los márgenes de los ríos en las ciudades, vivimos en constante riesgo, invirtiendo enormes cantidades de recursos económicos en reconstrucciones y apoyo a damnificados por las inundaciones. Si bien las inundaciones son eventos naturales que se presentan en todo el mundo, sus consecuencias pueden variar según características de desarrollo histórico, socioeconómicas y culturales de las ciudades, y del respeto de las áreas hidráulicas y zonas de amortiguamiento de sus corrientes de agua. En la presente investigación, se desarrolló una propuesta para determinar áreas de amortiguamiento en ríos afectados por el crecimiento urbano para prevenir inundaciones, basada en aspectos técnicos, legales y ambientales. El caso de estudio fue el río Pesquería dentro de la zona metropolitana de Monterrey al cruzar por los municipios de García, Monterrey, General Escobedo, Apodaca, y Pesquería, Nuevo León.

Palabras clave: ríos, zonas federales, amortiguamientos, inundaciones.

ABSTRACT

Currently, due to the growth of urban areas, and the occupation of the banks of the rivers in the cities, we live in constant risk, investing huge amounts of financial resources in reconstruction and support to people affected by the floods. Although floods are natural events that occur around the world, its consequences may vary according to historical development, socio-economic and cultural characteristics of the cities and respect for its stream safeguard zones. In this research, a proposal was developed to determine areas of buffer in rivers affected by urban growth to prevent floods, based on technical, legal and environmental aspects. The case study was the "Pesquería" river within the Monterrey metropolitan area crossing the municipalities of García, Monterrey, General Escobedo, Apodaca y Pesquería, Nuevo León.

Keywords: rivers, river banks, buffer areas, floods.

M.C. ADRIÁN LEONARDO FERRIÑO FIERRO
 Fac.de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León
 Correo: adrian.ferrinofr@uanl.edu.mx
 DR. DAGOBERTO BURGOS FLORES
 Depto. de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora
 Correo: dburgos@dicym.uson.mx

*Autor para correspondencia: DR. Dagoberto Burgos Flores
 Correo electrónico: dburgos@dicym.uson.mx
 Recibido: 21 de septiembre de 2014
 Aceptado: 16 de noviembre de 2015
 ISSN: 2007-4530

INTRODUCCIÓN

De los riesgos naturales, las crecientes e inundaciones son los más extendidos mundialmente, ya que por estrategia de crecimiento y bienestar, la mayoría de las comunidades que formaron las ciudades se establecieron cerca de los cuerpos de agua, para garantizar el fácil abasto del vital líquido. Este proceso natural se reproduce periódicamente y forma llanuras en los valles de los ríos generando tierras fértiles que a lo largo del tiempo el humano ha utilizado para la agricultura y ganadería.

En la actualidad, en México como en otros países, son varios los factores que inciden en la vulnerabilidad de las comunidades ante los fenómenos hidrometeorológicos, pero éstos se pueden agrupar en tres grandes temas: a) de políticas públicas o normatividad, como la falta, el incumplimiento, o la ausencia de actualización de las mismas; b) social, como la falta de conocimiento del peligro y de la cuantificación de los daños causados por las inundaciones en las zonas urbanas; y c) de ordenamiento o planificación, los cuales alientan la ocupación de zonas aledañas a los ríos, quedando éstos dentro de las zonas de población haciendo altamente vulnerable a las comunidades. El crecimiento acelerado y sin planificación de las zonas metropolitanas y la actividad antropogénica han generado modificaciones en el comportamiento natural de los ríos y por ello, cuando ocurren lluvias ordinarias y extraordinarias, conllevan a problemas de inundaciones, daños a infraestructura, pérdidas económicas, y lo más grave, pérdida de vidas humanas [1].

En la presente investigación se identifican criterios para realizar una propuesta metodológica para delimitar y demarcar la zona federal de ríos intermitentes afectados por el crecimiento urbano, determinando sus áreas de amortiguamiento, la cual posibilite el almacenamiento, organización y análisis de los datos necesarios como estrategia para prevenir inundaciones. La propuesta consiste en seleccionar una cuenca con crecimiento urbano y realizar simulaciones hidrológicas e hidráulicas, usando precipitación estimada por sistemas tradicionales de medición; mediante la revisión exhaustiva de la legislación que compete a la materia, delimitar su zona federal y áreas de amortiguamiento, y obtener una evaluación económica de los daños que se evitarán al prevenir inundaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta propuesta para determinar áreas de amortiguamiento en ríos afectados por la urbanización, al delimitar y demarcar sus zonas federales, tiene un enfoque preventivo y orientado a usarse como una herramienta estratégica [2], que facilite la





planeación del ordenamiento territorial de las ciudades en las zonas aledañas a los ríos y arroyos para prevenir inundaciones.

Se debe de tomar en cuenta que esta propuesta tiene limitaciones, ya que se enfoca en ríos intermitentes que cruzan áreas urbanas, en donde comúnmente se presentan inundaciones repentinas (*flash flood*) y su clasificación no sólo depende de factores como el tiempo en que alcanza su máximo nivel, el volumen y velocidad de la escorrentía, sino también de las modificaciones y afectaciones que la urbanización ha generado en el cauce. Es importante subrayar que la propuesta presentada se circunscribe a la estimación de la mitigación de daños tangibles directos potenciales en las zonas en que se ubican dentro de la mancha de inundación o zona federal de ríos.

La propuesta que se desarrolló en este trabajo se explicará a través del estudio de caso del Río Pesquería, el cual es parte de la Región Hidrológica Número 24 (RH-24) [3] denominada Río Bravo, la más extensa del país con 379,604 km². El nacimiento de este río se encuentra en el estado de Coahuila a 25 km al noreste de la ciudad de Saltillo, nace en la serranía de Nacataz, muy cercano a la ciudad de Arteaga, sus aguas fluyen hacia la población de Ramos Arizpe y continúa rumbo al poblado de García (antes Villa de García) ya en el estado de Nuevo León (Figura 1), a la altura de la Cuesta de los Muertos. Ya dentro del estado de Nuevo León se le unen tres arroyos a la altura de las poblaciones La Soledad y Cristalosa. Recibe aportaciones del arroyo Ayancual que nace un poco antes del poblado de El Sabinal; en este arroyo es donde existen descargas de aguas residuales de la refinería de Cadereyta. Al final, el Río Pesquería desemboca sus aguas en el San Juan, entre la población de Dr. Coss y Cantú, a 4 km de esta última, en la finca Las Adjuntas, municipio de Dr. Coss. El caudal medio anual que aporta el Río Pesquería es de 482 m³/segundo, medidos en la estación hidrométrica Los Herreras, situada a 20 km aguas arriba de su confluencia.

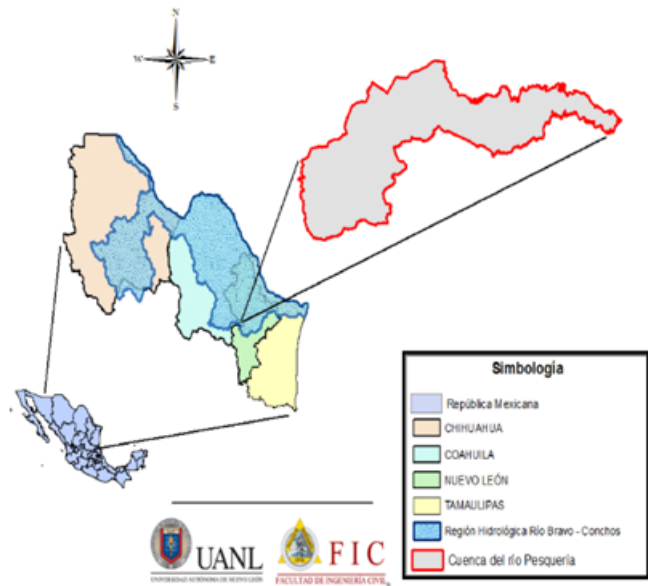


Figura 1. Ubicación de la RH-24, así como de la Cuenca del Río Pesquería.

Es importante mencionar que la Zona Metropolitana de Monterrey en los últimos años se ha incrementado significativamente, llegando prácticamente a unirse con las poblaciones antes mencionadas, de ahí el aumento de la importancia regional de este río ya que en pocos años quedará inmerso en esta gran metrópoli. Si no se regula previamente, se tendrán áreas vulnerables a inundaciones y cinturones de pobreza en las márgenes del río, por invasiones a la zona federal y áreas de amortiguamiento tal y como sucede en el Río Pesquería (Figura 2), Santa Catarina, La Silla, Arroyo El Obispo, Arroyo Seco, y Arroyo La Talaverna, entre otros.

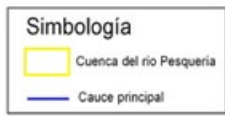


Figura 2. Cuenca del Río Pesquería hasta la Zona Metropolitana de Monterrey.

La metodología que se llevó a cabo en la investigación se divide en seis etapas que se representan gráficamente en bloques, tal y como se muestra en la figura 3.

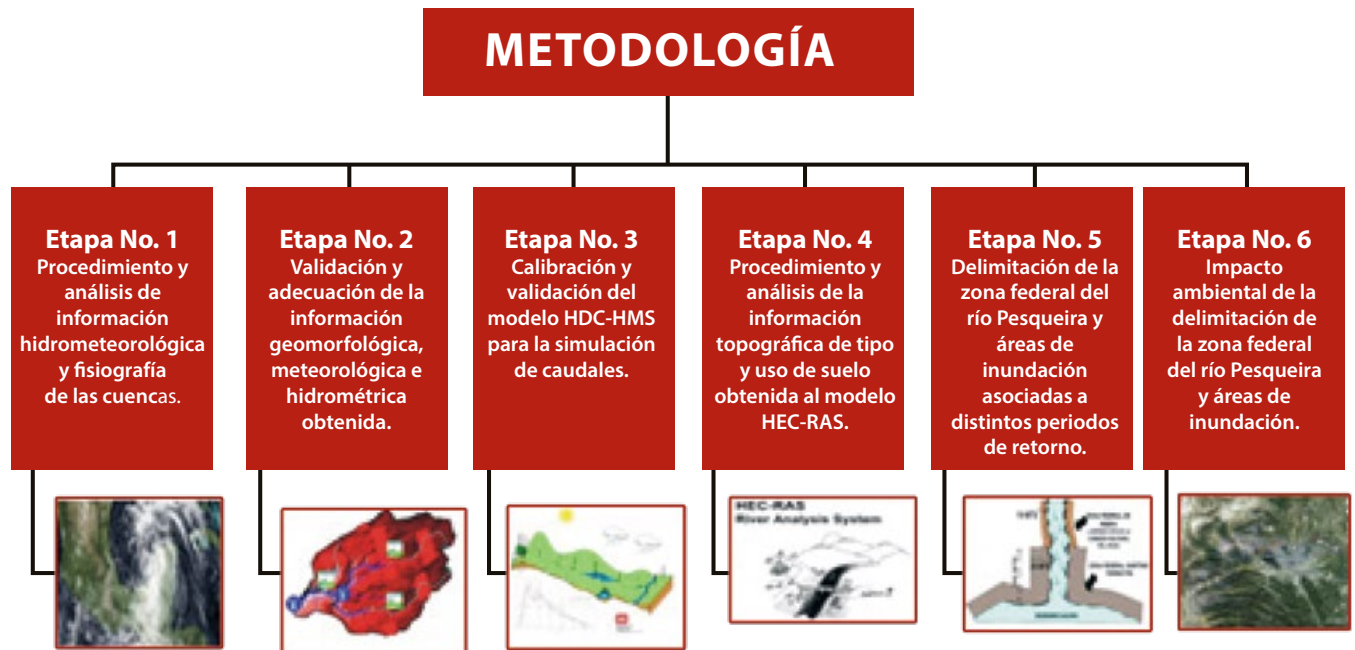


Figura 3. Etapas para la definición de la zona federal y áreas de inundación de un río.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del marco legal sobre ríos y zonas federales

El fin primario del aparato normativo en materia de regulación del uso, aprovechamiento y explotación del recurso agua y por ende de las riberas denominadas zonas federales, es el de satisfacer el interés general, tal y como lo establecen los numerales 1º de la Ley General de Bienes Nacionales y el 1º de la Ley de Aguas Nacionales [4, 6]. Esto significa, para el caso que nos ocupa, que dichas normas han sido creadas con el objeto de que el Estado, como ente que detenta la propiedad originaria del agua y de las zonas federales, ejerza un control efectivo que garantice su correcta distribución y preservación y oriente su uso, aprovechamiento y explotación al mejoramiento

de las condiciones de vida de la población, más allá de la obtención voraz de recursos económicos, relativos al cobro de derechos por tales actividades.

Así pues, para implementar una metodología auxiliar en la delimitación de las zonas federales que sea exitosa, las autoridades competentes en la materia, deben de tomar en consideración diversos factores que afectan el entorno, tales como los cambios climáticos que originan eventos hidrometeorológicos de grandes proporciones, así como el crecimiento y expansión de los centros de población y de zonas urbanas. Por lo anterior, se propone insertar a la normatividad vigente una planeación técnica y administrativa que sea susceptible de adecuarse a la totalidad de las regiones hidrológicas comprendidas en el territorio nacional, llevando a cabo un manejo integral que contemple evitar impactos negativos en el medio ambiente, graves afectaciones a la seguridad, al patrimonio y a la vida de los seres humanos, así como un equilibrio fáctico entre las necesidades de desarrollo económico y estructural.

ANÁLISIS HIDROMETEOROLÓGICOS Y SIMULACIONES HIDRÁULICAS

En la primera etapa se definió la cuenca del Río Pesquería, con una extensión de 1560.59 km², una longitud del cauce principal de 136.2 km, y se subdividió en 796 subcuencas; lo anterior se logró al utilizar un modelo digital de elevaciones de la plataforma del *United States Geological Survey* (USGS), por medio del producto *National Elevation Dataset* (NED), este modelo tiene una resolución de 1 arco-segundo (30 X 30 m). Para la definición de los cauces se utilizaron las cartas vectoriales del Instituto Nacional



de Estadística, Geografía e Informática [7]. Se realizó un estudio de lluvias con los datos de lluvias máximas acumuladas en 24 horas de 16 estaciones climatológicas de la Comisión Nacional del Agua [8,10], que opera el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Las estaciones climatológicas fueron seleccionadas considerando su ubicación con respecto a la cuenca (influencia espacial) y la longitud de su registro, descartando aquellas con un tiempo de registro menor a 20 años, con excepción de las que, al ser descartadas, ocasionaran pérdida de la cobertura espacial. En cuanto al número de curva se obtuvo una relación de la carta edafológica del INEGI [7] con el *Digital Soil Map of the World* de la *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) para conocer las cantidades de arena, limo y arcilla de cada tipo de suelo; posteriormente, se usó el triángulo de textura del suelo del *United States Department of Agriculture* (USDA), y con ésta poder conocer el grupo hidrológico al que pertenece, según el *Soil Conservation Service* (SCS).

En la segunda etapa se realizó el proceso de validación de la información geomorfológica, meteorológica e hidrométrica obtenida, con la cual se realizó la generación del modelo hidrológico utilizando el modelo matemático HEC-GeoHMS [11], para llevar a cabo las simulaciones hidrológicas; este modelo utiliza cuatro componentes: modelo de cuenca, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada. En una simulación, el HEC-HMS [11] calcula el proceso lluvia-

escurrimiento en el modelo de la cuenca, dada la entrada del modelo meteorológico.

En la tercera etapa, ya realizada la modelación hidrológica, se trataron estadísticamente [12] los datos históricos de la estación hidrométrica 024399 Canadá, que se ubica en el municipio de San Nicolás de Los Garza y cuenta con un registro histórico de 29 años; lo anterior se hizo para seleccionar la función de distribución de probabilidad para el ajuste de datos de gastos máximos anuales; para ello, se determinó la probabilidad de no excedencia de cada uno de los datos, los parámetros estadísticos de la muestra y ajustando los datos a la distribución normal, log-normal, exponencial de dos parámetros, gamma de dos parámetros, Pearson tipo III, valores extremos tipo I (Gumbel) en los anteriores, utilizando el método de los momentos y log-Pearson tipo III con un factor de frecuencias. Asimismo, se obtuvo el error cuadrático y el error estándar de ajuste de la distribución de datos de gastos máximos anuales, para cada función de distribución antes mencionadas, así como la determinación de las frecuencias observadas y esperadas para cada función de probabilidad. En base a estos análisis estadísticos y en función de los errores y pruebas de bondad de ajuste, se determinaron los caudales asociados a distintos periodos de retorno utilizando el ajuste de la distribución de datos de gastos máximos anuales a la distribución Log-normal, comparando éstos con los obtenidos en la modelación hidrológica (Tabla 1).

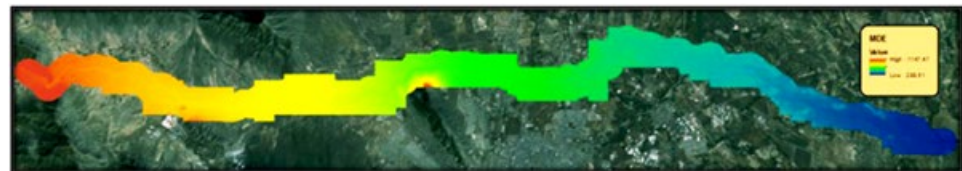




Tabla 1. Resultados de calibración del modelo hidrológico para distintos periodos de retorno.

PERIODO DE RETORNO O TR (AÑOS)	CAUDALES ESTIMADOS EN		
	MODELO HMS (R319)	HIDROMETRÍA (0243257.582299)	% DE VARIACIÓN
5	299.700	257.522	16.4
10	386.200	396.51	-2.6
20	571.300	552.245	3.5
50	804.400	781.071	3.0
100	990.000	969.617	2.1
500	1442.400	1450.532	-0.6
1000	1643.400	1673.193	-1.8

Referente a la modelación hidráulica, en la cuarta etapa se desarrolló el modelo de HEC-GeoRAS [13,14], el cual es una extensión para ArcGIS 10 desarrollados conjuntamente por el *Hydrologic Engineering Center* (HEC) [13] del *United States Army Corps of Engineers* [15] y el *Environmental System Research Institute* (ESRI). Mediante el uso de estas herramientas se toman los datos de geometría del terreno incluyendo cauce del río y secciones transversales, y posteriormente los resultados obtenidos se exportan desde HEC-RAS [13] a ArcGIS, para ser procesados y obtener mapas de inundación y riesgo; en este trabajo se simularon dos escenarios, el primero sin tomar en cuenta la infraestructura de vías de comunicación existente y el segundo, considerándola (Figura 4).



Modelo digital de elevaciones (MDE)



Herramienta HEC-GeoRAS para el SIG ArcGIS

Figura 4. Modelo hidráulico del Río Pesquería.

Los resultados preliminares muestran que en la mancha de inundación en la cuenca del Río Pesquería dentro de la Zona Metropolitana de Monterrey, se ubican zonas habitacionales, industriales y agrícolas (Figura 5).



Figura 5. Mancha de inundación, periodo de retorno 100 años.

Una vez que se tengan las evaluaciones de los daños producto de las inundaciones asociadas a distintos periodos de retorno, en los escenarios tomando y no tomando en cuenta la infraestructura existente, será posible contribuir con una propuesta en la toma de decisiones y medidas de gestión para definir las zonas no urbanizables, en los planes rectores de desarrollo urbano y generación de infraestructura pública con base en información disponible de fuentes oficiales de fácil acceso.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE DAÑOS POTENCIALES

Está en proceso la realización del estudio de Costo-Beneficio del área de estudio, para ello se realizó una revisión metodológica, y con esto el estudio de la situación actual y la situación base. Así también, un estudio de Alternativas con base en la información suministrada por el censo de Población y Vivienda 2010 [7], la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2013 [7] y el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas [7].

A partir de esta información y sobre la base cartográfica elaborada del 2014, se realizará el análisis socioeconómico de daños por inundaciones con los tiempos de retorno establecidos para esta investigación, considerando el mapa de las áreas afectadas por las inundaciones proyectadas

(áreas inundadas durante la tormenta), el número de hogares y de personas afectadas permanentemente con viviendas en las áreas de inundación y el número de hogares y de personas afectadas temporalmente por los aspectos coyunturales (aislamiento, etcétera), así como el número de hectáreas de plantíos por tipo de plantío, que serán afectadas por las inundaciones con proyecciones acordes a los periodos de retorno estimados en las modelaciones hidrológica e hidráulicas.





ANÁLISIS AMBIENTAL

A la fecha, en esta etapa, ya se realizó un análisis de coberturas en base a imágenes de satélite SPOT 5 del año 2010, con validación de campo al 2014, sobre el cual se reconocieron las estructuras naturales y antrópicas explicadas en la tabla 2.

Tabla 2. Tipos de uso y cobertura del suelo en el área de estudio y su extensión absoluta expresada en metros.

Categoría	Número de polígonos	Área (m ²)
Infraestructuras	194	2232462.45
Agropecuario	48	2701269.47
Bancos de arena	54	362147.32
Bosque	9	358602.70
Cultivos permanente	41	2587762.40
Cultivos temporales	9	427688.30
Industria	43	1040493.48
Matorral	276	16485732.18
Pastos	214	5638668.99
Cuerpos de agua	53	2216897.28
Urbano	1019	7428091.40
Total	1963	41449816.01

A partir del mapa de uso y cobertura se relacionó los parches de coberturas naturales (matorral, pasto, bosque) con información sobre la riqueza de especies y con métricas de paisaje elaboradas. Este estudio se basa en la aplicación de un modelo de análisis cartográfico sobre la distribución

de los principales tipos de vegetación en las márgenes del Río Pesquería y las características de riqueza de algunas especies de flora y fauna asociada, así como la condición de conservación de los ecosistemas que éstos representan y de especies características, usando algunos grupos taxonómicos e indicadores. Esta información servirá para desarrollar una metodología que permita determinar los daños directos por inundaciones específicas y se podrán evaluar, no sólo daños económicos y sociales sobre el río y sus márgenes, sino también la afectación ambiental, principalmente a la flora y fauna nativas.



CONCLUSIONES

De acuerdo con la revisión de la literatura se tiene que en los ríos y arroyos de México, que no cuentan con una delimitación y demarcación de su zona federal, no se establece físicamente la propiedad nacional y por lo tanto no se definen las áreas de amortiguamiento necesarias para el buen funcionamiento hidráulico, lo cual da como resultado que el ordenamiento territorial permita el uso de las riberas de los ríos para el crecimiento urbano y la colocación de infraestructura dentro de ellos, lo que incrementa los riesgos por inundación hacia la sociedad y su bienes.

Se han terminado a la fecha 4 de las 6 etapas de investigación, los resultados preliminares indican que se logró procesar, analizar, calibrar y validar el modelo hidrológico obtenido con el modelo matemático HEC-GeoHMS del Río Pesquería hasta la estación hidrométrica Canadá, concluyéndose que los valores obtenidos son aceptables para continuar con la investigación y generar el modelo hidráulico del río.

El uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en particular ArcGis 10, ayuda a obtener y manipular la información digital para facilitar la definición de la modelación hidrológica e hidráulica de ríos, generando las bases de geodatos que permitió la extracción de información en forma precisa, ahorrando tiempo y reduciendo el error humano para definir posteriormente las manchas de inundación y con esto la delimitación de la zona federal. Por otra parte, la simulación hidrológica-hidráulica, aprovechando los avances de las herramientas computacionales, han demostrado al día de hoy, ser mecanismos indispensables para la evaluación de los recursos hídricos de una cuenca, en este caso, determinando los caudales máximos asociados a periodos de recurrencia y sus correspondientes manchas de inundación, con lo cual se pueden definir las zonas federales y áreas de amortiguamiento de una forma rápida y precisa.

Una vez terminada esta propuesta metodológica se tendrá un instrumento que puede ayudar en la toma de decisiones sobre la intervención antrópica en los ríos, para tener un mejor ordenamiento territorial de las zonas urbanas colindantes a los cauces, para evitar el incremento o nuevos riesgos ante las crecientes.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres LC/MEX/G.5, LC/L.1874, pp. 29-67. 2003.
- 2) CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. CNA-01-006 Concesión para la Ocupación de Terrenos Federales cuya ocupación compete a la Comisión Nacional del Agua, Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=5> (consultado 04/06/2015).
- 3) Organismo de Cuenca Río Bravo-Comisión Nacional del Agua-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/ocrb/> (consultado 04/05/2015).

- 4) Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley de Aguas Nacionales, última reforma publicada DOF-07-06-2013. pp. 1, 8, 88. 2008.
- 5) Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, última reforma publicada DOF-24-05-2011. pp. 3. 2002.
- 6) Diario Oficial de la Federación, Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua, Sexta sección. México, D.F., Disponible en: <http://www.dof.gob.mx> (consultado 04/08/2015).
- 7) Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Censo de Población y Vivienda 2010. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/> (consultado 10/05/2015).
- 8) CONAGUA, Comisión Nacional del Agua, Atlas del Agua en México (2011), Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGP-18-11.pdf> (consultado 11/06/2015).
- 9) CONAGUA, Comisión Nacional del Agua, Serie: Planeación Hidráulica en México, Guía Incorporación de la variable ambiental. pp. 5. 2013.
- 10) CONAGUA, Comisión Nacional del Agua, Comunicado de prensa No. 156-10, México D.F., 01 de julio. pp. 1-3.14. 2010.
- 11) USACE, CPD-74B "Technical Reference Manual HEC-HMS Hydrologic Modeling System." Version 3.5, March. pp. 4-9. 2000.
- 12) J.L. Oropeza M., Modelos matemáticos y su aplicación al manejo de cuenca hidrográfica. IX Congreso de Irrigación, Simposio 4 Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas, Culiacán, Sinaloa, México, 27-29 de Octubre. 1999.
- 13) USACE, CPD-68 "User's Manual HEC-RAS River Analysis System.", Version 4.1, January. 2010.
- 14) USACE, CPD-69 "Hydraulic Reference Manual HEC-RAS River Analysis System." Version 4.1, January. 2010.
- 15) Department of The Army, Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, 609 Second Street, Davis, CA 95616-4687. Disponible en: <http://www.hec.usace.army.mil> (consultado 05/09/2015).





DETERMINANDO PATRONES GEOGRÁFICOS DEL CONSUMO DE AGUA DOMÉSTICA EN HERMOSILLO, SONORA

ARTURO OJEDA DE LA CRUZ*, JESÚS TREVIÑO CANTÚ,
MARCO ANTONIO RAMOS CORELLA, JESÚS QUINTANA PACHECO

RESUMEN

En este artículo se presenta un análisis urbano del consumo de agua doméstica identificando su distribución espacial, aplicando la técnica del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (ESDA por sus siglas en inglés) y utilizando el sistema GeoDa. Dicho análisis y metodología es aplicado al caso de estudio de la ciudad de Hermosillo, Sonora, México, para determinar los patrones espaciales del consumo de agua, innovando un proceso para la integración de los consumos de agua doméstica a nivel de Colonia y de Área Geostatística Básica (AGEB) aceptable para ciudades en desarrollo en donde prevalece el crecimiento urbano horizontal.

Palabras clave: Consumo de agua doméstica, colonia, AGEB, autocorrelación espacial.

ABSTRACT

This article presents an analysis of urban domestic water consumption identifying their spatial distribution, applying the technique of Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA) and using the GeoDa system. This analysis and methodology is applied to the case study of the city of Hermosillo, Sonora, Mexico to determine the spatial patterns of water consumption, innovating a process for integrating the consumption of domestic water level in a Town Colony and in a Basic Geostatistical Area (AGEB in spanish) being acceptable for developing cities where horizontal urban growth prevails.

Keywords: Consumption of domestic water, town colony, AGEB, spatial autocorrelation

DR. ARTURO OJEDA DE LA CRUZ
Depto. de Ing. Civil y Minas,
Universidad de Sonora
Correo: ojeda@dicym.uson.mx
DR. JESÚS TREVIÑO CANTÚ
Facultad de Arquitectura,
Universidad Autónoma
de Nuevo León
Correo: jltreviño41@hotmail.com

DR. MARCO ANTONIO RAMOS CORELLA
Depto. de Ing. Civil y Minas,
Universidad de Sonora
Correo: marco.ramos@dicym.uson.mx
DR. JESÚS QUINTANA PACHECO
Depto. de Ing. Civil y Minas,
Universidad de Sonora
Correo: quintana@dicym.uson.mx

*Autor para correspondencia: DR. Arturo Ojeda de la Cruz
Correo electrónico: ojeda@dicym.uson.mx
Recibido: 20 de septiembre de 2015
Aceptado: 26 de noviembre de 2015
ISSN: 2007-4530

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha hablado cada vez más del tema del agua, siendo un tema destacado en las Cumbres de la Tierra, organizadas por la ONU, en Río de Janeiro, Brasil (1992), y en Johannesburgo, Sudáfrica (2002). En la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro se concluyó que las presiones ambientales derivadas del crecimiento de la población, la urbanización y la industrialización, se han convertido en un importante tema de preocupación internacional; mientras que en la de Johannesburgo se hace una invitación a introducir cambios fundamentales en la forma en que se producen y se consumen los recursos hídricos, apostando a fondo por la eficiencia y sostenibilidad de la gestión de este recurso en el mundo [1]. En ese sentido, en la Conferencia Río+20 (nombre abreviado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible que tuvo lugar en Río de Janeiro en 2012, veinte años después de la histórica cumbre de 1992), también se reconoció que el agua es un elemento básico del desarrollo sostenible pues está estrechamente vinculada a diversos desafíos [2].

Los estudios y análisis del agua urbana se han centrado básicamente en abordar los problemas de calidad y fiabilidad del suministro del agua; sin embargo, se ha prestado poca atención a la manera en que el consumo urbano de agua varía entre las zonas urbanas y cómo



este hecho podría ser utilizado para dar forma a un nuevo enfoque para la planificación y gestión [3]. Ya que los patrones de uso del agua no están distribuidos uniformemente en el espacio y tiempo, viéndose afectados no sólo por las variables socioeconómicas, climáticas y propiedades físicas, sino también por la ubicación geográfica de una región y sus interacciones con otras regiones adyacentes; el resultado de este sesgo espacial es que los hogares tienden a utilizar el agua a un nivel comparable de sus vecinos en esa geografía, independientemente de sus características demográficas y económicas [4, 5 y 6].

En ese contexto, existen pocos estudios que comparen los diferentes patrones de consumo de agua del urbanismo compacto versus urbanismo difuso o que intenten analizar cómo los diferentes factores influyen en el consumo de agua doméstica [7]. Modificar el patrón físico del desarrollo urbano es una forma a considerar para aumentar la conservación del agua [8], por lo que se hace necesario comprender la dinámica del consumo de agua en relación con la estructura espacial urbana [9]. Ahora la conservación del agua se centra en los programas y niveles de eficiencia que puede llegar a ser parte de un estilo de vida de los residentes. Las eficiencias estructurales asociadas a viviendas nuevas y de mayor densidad de desarrollo urbano reducen de inmediato el impacto de



la escasez, pero también traen beneficios a largo plazo al reducir los costos de aumento de la infraestructura y la oferta [10].

El objetivo del presente artículo es determinar los patrones espaciales del consumo de agua doméstica en la ciudad de Hermosillo a través del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (ESDA por sus siglas en inglés), partiendo de los consumos de agua mensuales de las viviendas que registró el organismo operador de agua de Hermosillo en el año 2010.

Zona de estudio

El estado de Sonora se localiza en una región desértica del territorio nacional denominado Desierto de Sonora, el cual territorialmente se extiende en dos países, México y Estados Unidos. Dicho desierto se amplía hacia el sur de Estados Unidos de América a través de los estados de Arizona y California, y en México por los estados de Baja California y Sonora. La ciudad de Hermosillo es la capital del estado de Sonora, localizada a 216 metros sobre el nivel del mar, en la parte central poniente de la planicie costera de Sonora del noroeste de México, se ubica geográficamente en los 29° 06' de Latitud Norte y 110° 58' de Longitud Oeste (Figura1).

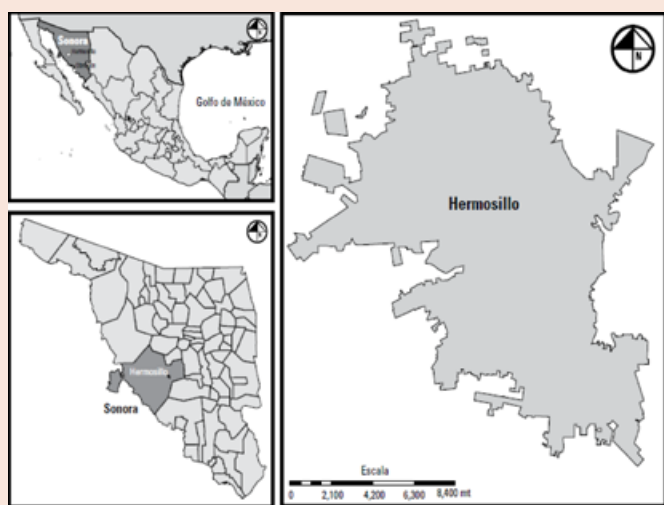


Figura 1. Localización general de Hermosillo.

METODOLOGÍA

Se gestiona en el organismo operador de Agua de Hermosillo (AGUAH) la información de los consumos de agua potable de las viviendas para el año 2010, se utiliza la información cartográfica creada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) para el censo 2010. Se utilizan sistemas de información geográfica para integrar los consumos de agua doméstica a nivel de Área Geoestadística Básica (AGEB), y finalmente se aplica la técnica del ESDA partiendo de los consumos de agua doméstica de los hogares en las colonias que tienen servicio medido en la vivienda.

La hipótesis única que se estableció es que los consumos de agua del sector doméstico varían en la geografía de la ciudad, logrando identificarse zonas geográficas de alto y bajo consumo de agua en sitios de alta plusvalía y de bajo nivel económico, respectivamente.

ANÁLISIS URBANO

Consumo de agua doméstica

El organismo AGUAH registra la información de consumos de agua con una periodicidad mensual para cada una de las viviendas, de manera que los usuarios reciben la factura cada mes para el pago de su consumo. Tales registros aparecen sólo a nivel de vivienda. La base de datos de los consumos de agua del año 2010, requirió ser organizada y transferida para poder integrarla a una nueva base de datos que se utilizó para el análisis estadístico espacial. En el proceso dinámico de la base de datos de las colonias o barrios se identificaron con su nombre oficial y están conformadas por el grupo de viviendas, según su localización geográfica en la ciudad. En algunas colonias se tuvieron pocos meses con información de consumo de agua, debido a que la vivienda era de reciente construcción y recién habitada, o bien porque estuvo sin habitar unos meses y se habitó nuevamente durante el mismo año. La extensión de la base de datos fue 143,373 registros que corresponden a las viviendas que cuentan con medidor (servicio medido).





Integración del consumo de agua a nivel Colonia y AGEB

De la información recolectada en el organismo operador, se determinó el consumo promedio mensual del agua para cada una de las colonias en el año. Fue determinante aplicar dos criterios: la media y la mediana. Al inicio la media, y en un segundo paso la mediana. La media fue utilizada para obtener el consumo medio anual en cada una de las viviendas pertenecientes a las colonias

incluidas en la base de datos. En un segundo paso, se aplicó la mediana para obtener el consumo medio anual representativo en la colonia, lo cual es debido a que la mediana suaviza los valores extremos. La tabla 1 resume como ejemplo los consumos de agua en la Colonia 5 de Mayo en Hermosillo, Sonora. Puede observarse que cada uno de los renglones de dicha tabla corresponde al registro del consumo de agua en una vivienda en metros cúbicos. Los valores de la última columna indican el promedio anual para cada vivienda.

Tabla 1. Consumo de agua (m³) en la Colonia 5 de Mayo en Hermosillo, Sonora.

Colonia/vivienda	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Promedio anual por vivienda
5 Mayo (A)	15	12	12	12	12	12	12	12	15	12	12	12	12.5
5 Mayo (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	3.08
5 Mayo (A)	5	1	0	7	3	5	11	14	6	6	5	5	5.67
5 Mayo (A)	54	53	53	53	52	52	51	52	51	50	51	0	47.67
5 Mayo (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	3.08
5 Mayo (A)	17	14	12	12	9	9	15	14	14	11	13	40	15.00
5 Mayo (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	37	5.17
5 Mayo (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	2.25
5 Mayo (A)	2	7	0	3	2	2	0	1	0	1	0	0	1.50
5 Mayo (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	3.08
5 Mayo (A)	16	12	14	17	16	25	21	31	20	19	15	19	18.75
5 Mayo (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	3.08
5 Mayo (A)	23	21	18	21	18	18	18	19	27	22	22	17	20.33
5 Mayo (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	1.67
5 Mayo (A)	26	23	20	25	21	22	22	20	23	21	18	18	21.58
5 Mayo (A)	15	14	15	5	12	26	14	27	16	16	20	19	16.58
5 Mayo (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	3.08
5 Mayo (A)	21	15	18	22	17	21	27	19	23	22	21	23	20.75
Mediana													5.42



El valor final que representa el consumo medio en las viviendas censadas de la colonia resulta 5.42 m^3 fue obtenido a través de la mediana. Derivado de ello, se obtiene el consumo de agua promedio mensual en el año, como un valor representativo en cada una de las colonias, generando así una lista de 538 colonias conforme al registro que posee el organismo AGUAH para el año de estudio. Para integrar el consumo de agua a nivel AGEB, fue necesario innovar otro procedimiento que permitiera transferir los consumos de agua promedio representativo de las colonias hacia los AGEB de la zona urbana, conforme al porcentaje de intersección que tiene cada colonia en un AGEB determinado, teniendo Hermosillo en 2010 un total de 500 AGEB de acuerdo a la cartografía de INEGI 2010.

Para concretar este proceso de transferencia geoespacial de los datos de consumo de agua, fue necesario gestionar en el catastro municipal la información cartográfica, relativa a los polígonos geográficos que representen a las colonias de Hermosillo. El proceso de transferencia fue realizado mediante ArcGis 9.3. Este proceso de intersección de superficie urbana lo consideramos aceptable en virtud de que la ciudad mantiene un crecimiento urbano horizontal, por lo que, territorialmente es tolerable. Por lo que, una primera representación gráfica de la distribución espacial del consumo de agua doméstica en la ciudad se indica en el mapa temático de la figura 2. Los rangos de consumo de agua que muestra dicha figura en los estratos son valores medios mensuales, de tal forma que para conocer el valor medio anual del consumo en un estrato geográfico de los indicados, es cuestión de multiplicar el valor por doce, que corresponde a los meses del año. Se distingue que el consumo más alto (color negro fuerte) se genera en la zona noreste de la ciudad y en un sector identificado al poniente de Hermosillo, donde se ubican viviendas tipo residencial de alta plusvalía. Puede verse también que el consumo de agua medio mensual oscila entre un mínimo de cero a un máximo de 200,125 litros, con un valor medio de 17,082 litros; y una desviación estándar de 25,826 litros.

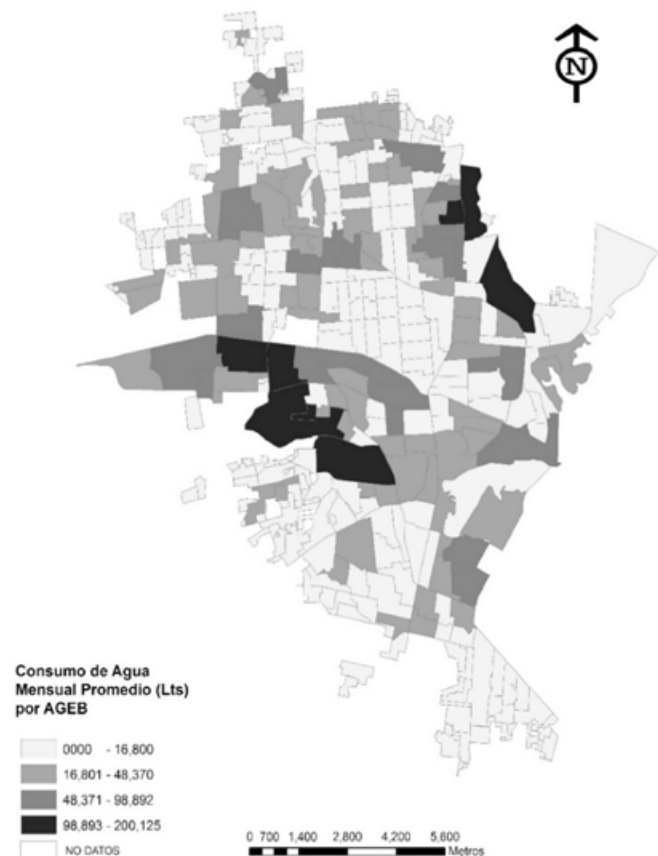


Figura 2. Distribución geográfica del consumo de agua doméstica en Hermosillo, Sonora.

Por otro parte, al graficar los consumos de agua registrados por el organismo operador en 2010 (Figura 3), puede constatar que un consumo aceptable en las viviendas sería en promedio entre 16 y $17 \text{ m}^3/\text{mes}$ (16,000 y 17,000 Lts/mes).



Figura 3. Consumo de agua (Lts/mes) en los hogares de Hermosillo.

Análisis exploratorio de datos espaciales

Las pruebas para la autocorrelación espacial están diseñadas para cuantificar el grado de agrupamiento y para permitir la inferencia estadística. El principio común que les subyace es la comparación del valor de la estadística para un determinado conjunto de datos para su distribución bajo la hipótesis nula de “no autocorrelación espacial”. Dicha hipótesis implica que el espacio no importa, o, que la asignación de valores a determinadas localizaciones es irrelevante. En contraste bajo la hipótesis alternativa de autocorrelación espacial (dependencia espacial), el interés se centra en casos en donde los valores grandes están sistemáticamente rodeados de otros valores grandes; o los valores pequeños están rodeados de otros valores pequeños, y viceversa [11]. La autocorrelación espacial es una técnica estadística que considera la localización territorial de los datos de una variable. El punto de partida en esta técnica es que hay eventos en un punto del espacio urbano que son influenciados significativamente por lo que ocurre en lugares aledaños [12].

Es posible determinar la medición de la autocorrelación espacial global a través del Índice de Moran (I de Moran) global, cuyo propósito fundamental es contrastar la hipótesis nula de “ausencia de autocorrelación espacial”, frente a la hipótesis alternativa de “existencia de autocorrelación espacial”, ya sea positiva o negativa. El valor del I de Moran global se determina a través de la ecuación [11]:

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j W_{ij} Z_i Z_j}{S_0 \sum_i Z_i^2} \quad (1)$$

Donde N es el total de áreas espaciales, μ es la media de la variable X_i , W_{ij} es la medida del peso espacial de la contigüidad, con $Z_i = (X_i - \mu)$ y también $Z_j = (X_j - \mu)$, siendo $S_0 = \sum_i \sum_j W_{ij}$ es un factor de normalización igual a la suma de pesos de la matriz de las unidades espaciales vecinas; X_i es el valor de la variable en una unidad espacial determinada; W_{ij} es la variable en una localización espacial vecina.

Los valores del I de Moran global varían entre 0, -1 y 1. Siendo el valor de 0 un caso de ausencia de autocorrelación (sin tendencia). El valor -1 indica autocorrelación negativa (patrón disperso), y el valor 1 indica autocorrelación positiva (patrón agrupado -clúster-).

La autocorrelación espacial existe cuando una variable desarrolla valores similares en unidades geográficamente cercanas dando lugar a clústeres. Se tiene que áreas con alto consumo de agua pueden ser vecinas de otras áreas de alto consumo, High-High (H-H). Existen también valores de bajo consumo rodeados de valores bajos, Low-Low (L-L).





Sin embargo, el I de Moran global sólo contrasta la hipótesis de autocorrelación espacial de la variable en todo el territorio donde el resultado puede ser positivo (clúster) o negativo (dispersión); pero no atiende la significancia de las observaciones locales.

Esta última significancia corresponde al I de Moran local, denominado Indicador Local de Autocorrelación Espacial (LISA por sus siglas en inglés). En ese caso, sí es posible obtener un índice para cada área geográfica de la zona en estudio, para identificar el grado de dependencia individual de cada área espacial respecto a las demás áreas [13]. Al efectuar el cálculo del I de Moran global mediante el software GeoDa versión 1.4.0 se consideraron contigüidades del tipo reina (vecindades en todas direcciones), misma que se denominó en este trabajo HILLOqueen. Resultando un índice positivo $I = 0.324234$ que indica una autocorrelación espacial positiva, según el diagrama de dispersión de la figura 4. Los datos del consumo de agua a nivel de AGEB utilizados en este cálculo son directos, es decir, no fueron normalizados en esta etapa, lo cual parte de la consideración de que los outliers generales no son necesariamente outliers espaciales, siendo que tampoco modifica la clusterización obtenida, la cual se explica más adelante.

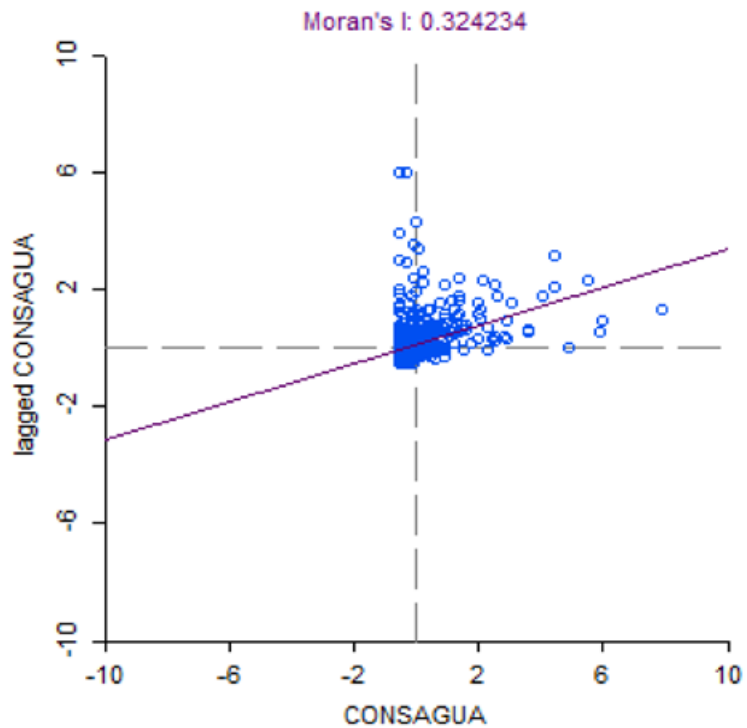


Figura 4. Diagrama de dispersión del I de Moran global.

En la figura 4, la nube de puntos de la mayor parte de los consumos de agua queda dentro del cuadrante I (superior derecho) de autocorrelación positiva tipo alto-alto (H-H), y otros en menor cantidad en el cuadrante III (inferior izquierdo) de autocorrelación positiva tipo bajo-bajo (L-L). La significancia estadística del I de Moran global es obtenida con el parámetro p-valor, mismo que permite revisar la hipótesis nula "Ho" de no autocorrelación espacial. En ese proceso el programa GeoDa utiliza permutaciones, de manera que al

procesar con 9,999 permutaciones resulta un p-valor = 0.000100 siendo el I de Moran global estadísticamente significativo con el p-valor < 0.05 (5%). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 de no autocorrelación espacial, ya que sí existe autocorrelación espacial positiva en el consumo de agua doméstica. El resultado final se muestra en dos mapas de salida, uno expone la significancia estadística (izquierdo), y el otro mapa (derecho) expone los clústeres que representan los sectores urbanos con los patrones de consumo de agua en el nivel H-H, o L-L, y valores combinados (Figura 5).

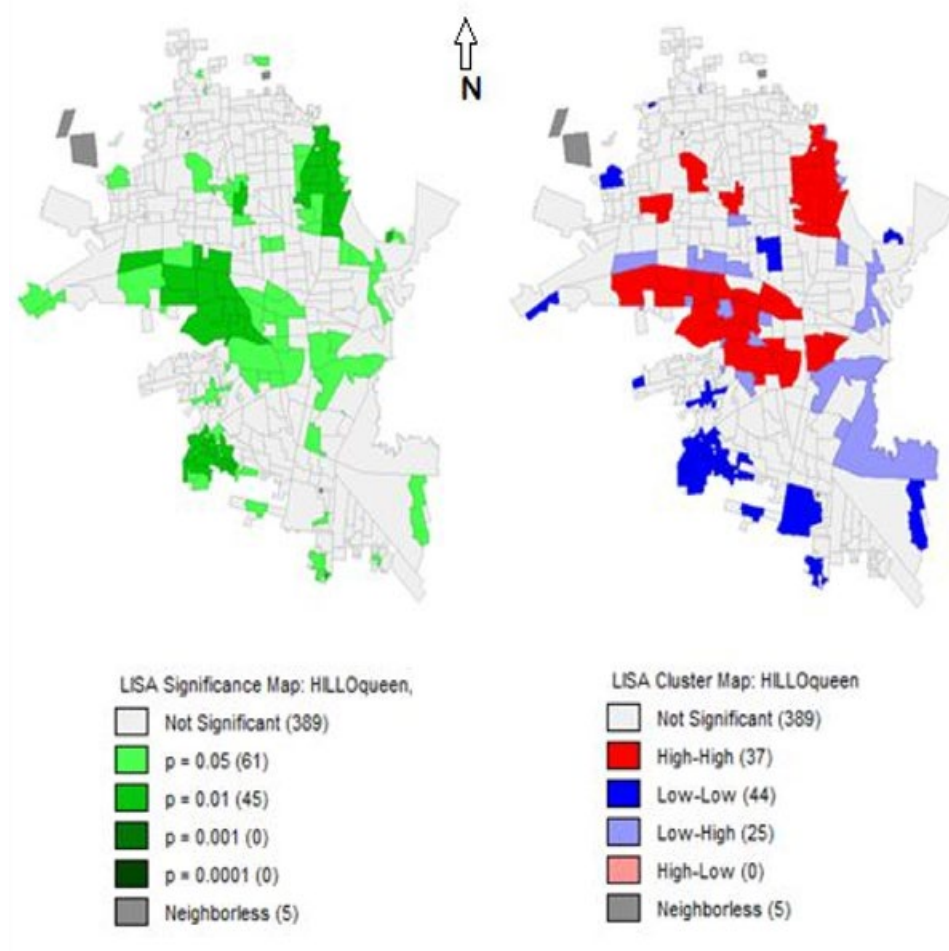


Figura 5. Patrones de consumo de agua en Hermosillo, Sonora y su significancia estadística.

Los dos mapas de salida son trazados en la cartografía de Hermosillo a través del sistema GeoDa, señalando el primer mapa (izquierda) que en 389 AGEB no existe significancia estadística. En dicho mapa, un sector geográfico ilustra que el nivel de significancia estadística es muy alto en una seguridad del 99% con p-valor = 0.01 en 45 AGEB, tales áreas son de color verde fuerte y corresponden al sector noreste de Hermosillo y a ciertas zonas del sector poniente; mientras que en 61 AGEB se tiene un p-valor = 0.05 correspondiendo a la zona centro sur, y en menor superficie al noreste y poniente de la ciudad principalmente.

El segundo mapa (derecha) ilustra la presencia de clústeres, que corresponden a los AGEB de alta significancia estadística ya mencionados. Dos amplias áreas de color rojo indican zonas de alto consumo de agua, rodeadas de alto consumo (H-H) ubicadas en 37 AGEB referidos en el sector noreste y poniente.



En el norte de Hermosillo se observan tres zonas de menor área que muestran un patrón de consumo H-H. Con menor significancia existen pequeñas áreas que tienen un patrón de consumo distinto (L-H) estadísticamente significativas con $p = 0.05$ en 25 AGEB del mapa de clúster.

Derivado de la autocorrelación espacial positiva, dos zonas amplias al sur de la ciudad, ilustran patrones de bajo consumo de agua (L-L) en 44 AGEB en color azul fuerte con alta significancia estadística ($p = 0.01$), sobresalen al sur viviendas de bajo nivel socioeconómico, similares a las islas norte y oriente. La tabla 2 resume los clústeres.

Tabla 2. Resumen de clústeres derivados de LISA.

Clúster	Cantidad de AGEB	Porcentaje (%)
High-High (H-H)	37	7.4
Low-Low (L-L)	44	8.8
Low-High (L-H)	25	5.0
High-Low (H-L)	0	0.0
No significativa	389	78.0
Vecinos aislados (no aplica NA)	5 NA	1 NA
Total	500	100.0%

CONCLUSIONES

Fue posible diferenciar algunas vertientes que inciden en el conocimiento de la problemática urbana referente a los consumos de agua doméstica al determinar los patrones de consumo de agua. La significancia estadística existe en 106 AGEB destacando dos amplios clústeres de consumos H-H, y L-L.

Este conocimiento puede otorgar beneficio en las futuras etapas de planificación urbana de Hermosillo, lo cual puede favorecer una ruta más sustentable al crear políticas para reducir los consumos de agua, una mejor planificación de la infraestructura y el desarrollo urbano, así como el rediseño del sistema de tarifas.

La aplicación de la técnica ESDA y del sistema GeoDa, con la aplicación del concepto LISA son una eficaz y poderosa herramienta que facilita la identificación y visualización de patrones espaciales de una variable dependiente, sea en este caso el consumo de agua doméstica, pudiendo ser otras variables, tales como energía, residuos, valor del suelo y niveles de pobreza urbana, empleo, etcétera.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Agenda 21 local. Plan Municipal de gestión de la demanda de agua en la ciudad de Madrid, Gobierno de Medio Ambiente y Servicios de la Ciudad, 2005.
- 2) Organización de las Naciones Unidas, ONU. El futuro que queremos. Conferencia de las Naciones Unidas, Rio+20, 2012.

- 3) Troy, A., & Holloway, D. The use of residential water consumption as an urban Planning tool: A pilot study in Adelaide. *Environmental Planning and Management*, (47), pp. 97- 114, 2004.
- 4) House Peter, L., Pratt, B., & Chang, H. Effects of urban spatial structure Sociodemographic, and climate on residential water consumption in Hillsboro, Oregon. *American Water Resources Association*. 46 (3), pp.461-472, 2010.
- 5) Wentz, E., & Gober, P. Determinants of Small-Area Water Consumption for the City of Phoenix, Arizona. *Water Resources Management*, 21. pp. 1849-1863, 2007. [6] Franezyk, J.; Chang, H. Spatial analysis of water use in Oregon, USA, 1985-2005. *Water Resources Management*, 23, pp. 755-774, 2009.
- 7) March, H., & Saurí, D. The suburbanization of water scarcity in the Barcelona Metropolitan Region: Sociodemographic and urban changes influencing domestic water conservation. *The Professional Geographer*. Vol. 62, (1), pp. 32-45, 2010.
- 8) Shandas, V., & Parandvash, G. "Integrating urban form and demographics in water- demand management: an empirical case study of Portland, Oregon. *Environment and Planning*, pp.1-18, 2009.
- 9) Chang, H., Parandvash, G., & Shandas, V. Spatial variations of single-family Residential water consumption in Portland, Oregon. *Urban Geography*, 31, 7: 953-972, 2010.
- 10) Balling, R., Gober, P., Jones, N. Sensitivity of residential water consumption to variations in climate: An intra-urban analysis of Phoenix, Arizona. *Water Resources Research*, 44, W10401, pp. 1-11, 2008.
- 11) Anselin, L. *Spatial data analysis with GIS: An introduction to application in the Social sciences*. National Center for Geographic Information and Analysis.





UNA APROXIMACIÓN AL VALOR DEL SUELO HABITACIONAL: CASO HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO

JESÚS QUINTANA PACHECO*, ANA CECILIA BORBÓN ALMADA,
ARTURO OJEDA DE LA CRUZ, MARCO ANTONIO RAMOS CORELLA,
JESÚS FERNANDO GARCÍA ARVIZU

RESUMEN

En este artículo se presenta una primera aproximación al valor del suelo habitacional en la ciudad a partir de 430 casos de terrenos ofertados en el mercado, complementados con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, de la Dirección de Catastro del Municipio de Hermosillo y del Colegio de Valuadores Profesionales del estado de Sonora. Se utiliza una plataforma de sistemas de información geográfica, un software estadístico y se parte de la premisa, de que el valor del suelo, es el resultado de la conjunción de una serie de atributos intrínsecos y extrínsecos, considerados a través del concepto de modelos de precios hedónicos resueltos con la técnica de regresión lineal múltiple. Los resultados muestran una importante asociación del valor del suelo con indicadores como la educación, seguida del acceso a internet, la densidad habitacional y la accesibilidad a centros comerciales.

Palabras clave: Precios hedónicos, valor del suelo, educación, accesibilidad, acceso a internet.

ABSTRACT

This paper presents a first approach to the value of residential land in the city, from 430 cases of land offered on the market, supplemented with information from the National Institute of Statistics and Geography, the Cadastral Municipality of Hermosillo and Professional Appraisers Association of the state of Sonora. A platform of geographic information systems, a statistical package, and the premise that the value of land is the result of the conjunction of a series of intrinsic and extrinsic attributes is used, taken through the concept of models hedonic price, determined with the multiple linear regression technique. The results show a significant association of land value with indicators such as education, followed by internet access, housing density and accessibility to shopping malls.

Keywords: Hedonic prices, land values, education, accessibility and internet access.

DR. JESÚS QUINTANA PACHECO
Correo: quintana@dicym.uson.mx
DRA. ANA CECILIA BORBÓN ALMADA
Correo: aborbon@dicym.uson.mx
DR. ARTURO OJEDA DE LA CRUZ
Correo: ojeda@dicym.uson.mx

DR. MARCO ANTONIO RAMOS CORELLA
Correo: marco.ramos@dicym.uson.mx
M.A. JESÚS FERNANDO GARCÍA ARVIZU
Correo: fergarcia@pitic.uson.mx
Depto. de Ingeniería Civil y Minas,
Universidad de Sonora

INTRODUCCIÓN

Es normal que en las ciudades se presente la interrogante de cuáles son los elementos que determinan el valor del suelo y cuáles son los factores que inciden en su distribución urbana. Es parte de la existencia de mercados y submercados del suelo, donde los valores de sus características inmobiliarias varían, esto es, se muestra la presencia de demandas diferenciadas del suelo en la ciudad. Un mercado inmobiliario puede caracterizarse internamente por su accesibilidad, mientras otro puede hacerlo por sus servicios públicos, zonas verdes o el stock edificado. En ese sentido se pretende realizar un análisis empírico para encontrar cuáles son los factores que determinan el valor en el mercado del suelo habitacional en la ciudad y en sus distintos submercados.

La ciudad de Hermosillo, con una creciente mancha urbana, producto del incremento poblacional y de los pocos esfuerzos de las autoridades responsables, por generar un modelo sostenible y compacto, ha dejado que las fuerzas del mercado, desarrollen un tipo de ciudad, expandida, fragmentada y porosa, que se adapta principalmente a sus objetivos económicos inmediatos.

La ciudad presenta zonas de valores de suelo habitacional contrastantes, se tiene la región central de la ciudad, compuesta por el antiguo casco de la ciudad, donde se localiza principalmente comercio de segundo nivel; de este centro de atracción se desprenden varias vías de comunicación, como los bulevares Francisco Eusebio Kino, Morelos, Luis Encinas, Colosio, Navarrete, entre otros, mismos que se muestran en la figura 1.

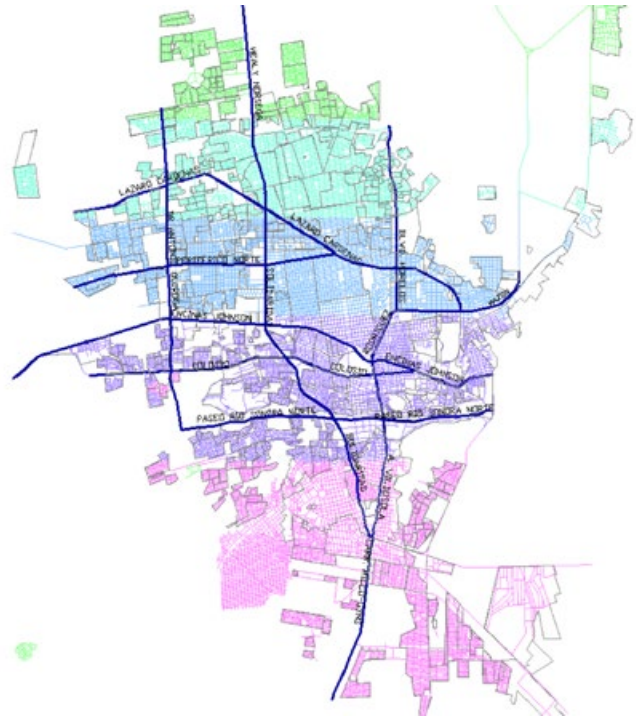
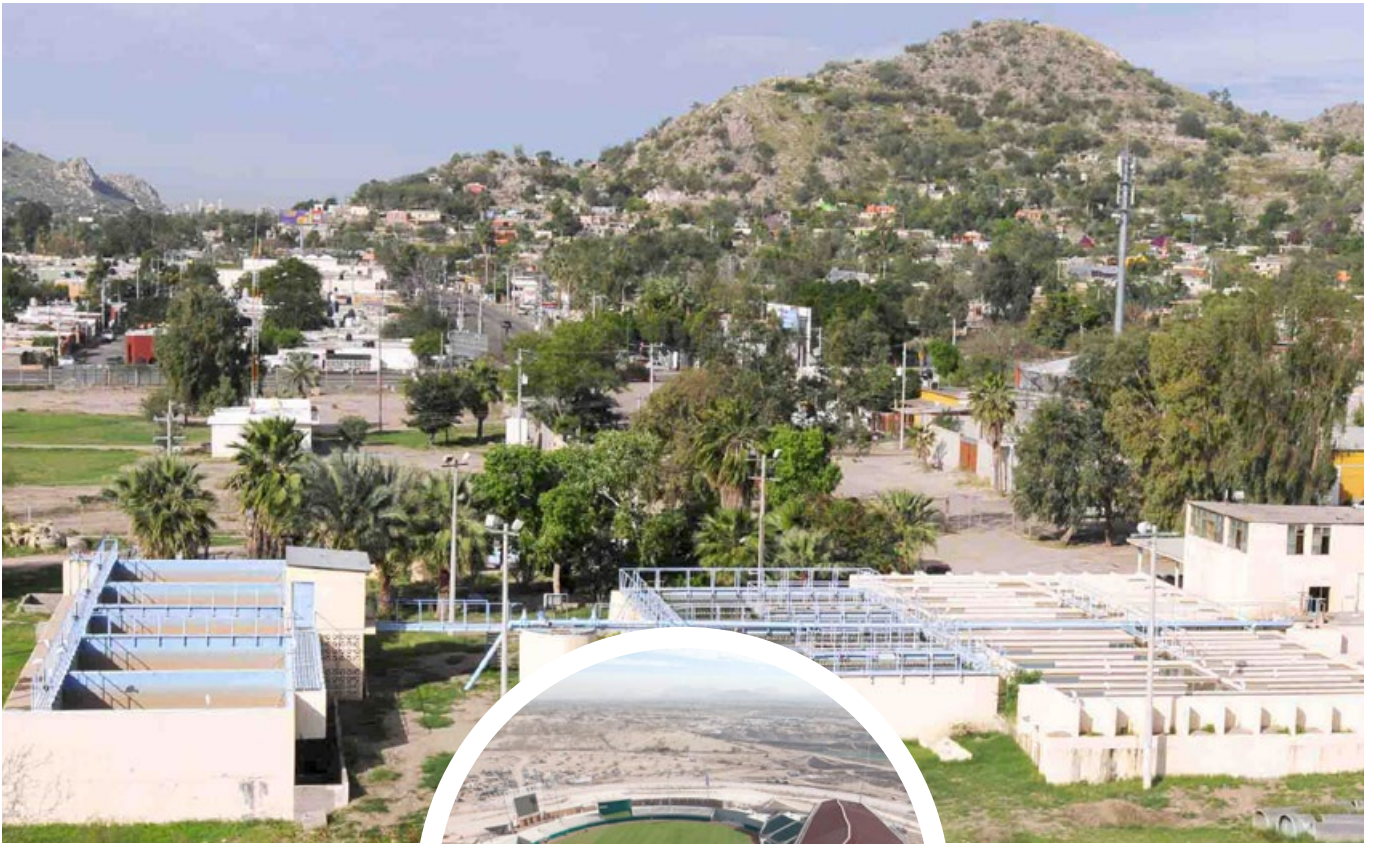


Figura 1. Mancha urbana de la ciudad de Hermosillo, Sonora.

En estas vialidades se generan zonas comerciales de diferentes niveles, que marcan el crecimiento urbano de la ciudad. Las áreas comprendidas entre estas calles, generalmente forman entornos habitacionales con





características de nivel similar, donde parece existir una asociación espacial de niveles altos con altos, y bajos con bajos, con transiciones graduales. Es claro que, existen algunos intentos inmobiliarios de forzar asociaciones de altos con bajos, y algunos asentamientos bajos que son arropados por niveles habitacionales altos.

En este sentido se plantea la hipótesis de que, el valor del suelo habitacional urbano, es resultado de una combinación de características de accesibilidad, entorno urbano y jerarquía social, a partir de las cuales es posible integrar un modelo que explique la formación del valor del suelo habitacional en la ciudad, donde además se considera posible identificar los elementos principales de la accesibilidad, entorno urbanizado y jerarquía social, que proporcionan valor al suelo, así como, estimar su influencia. Con lo anterior, se puede apoyar el trabajo de los profesionales de la valoración, proporcionando nuevos elementos objetivos para la formulación de sus dictámenes valuatorios.

El valor del suelo habitacional depende de su accesibilidad a las fuentes de trabajo, la educación y al equipamiento urbano, aspectos trabajados inicialmente por Von Thünen [1] y posteriormente trasladados a la ciudad por Haig [2], Hurd [3], Solow [4] y Alonso [5].

Así también, las externalidades urbanísticas, propias



de las edificaciones circundantes, en cuanto a calidad de materiales, fachadas, armonía y estado de conservación, han sido estudiadas utilizando índices de calidad por Mill y Simenauer [6] en los Estados Unidos, en un período de 1986 a 1992, donde las variables que introduce al modelo es la edad de la vivienda, el tamaño del lote, el número de baños y el garaje, entre otras.

En el mismo sentido, la infraestructura en vialidades, transporte, sistemas de abastecimiento de agua, energía eléctrica, las características del medio ambiente como la presencia de áreas verdes, malos olores, ruido, polvo, entre otras, fueron tratadas en principio por Marshall [7] quien bosqueja la influencia de factores como la densificación y calidad del aire en el valor del suelo urbano en la ciudad de Londres, Inglaterra.

Las externalidades sociales, como aquellos factores con origen en las características de las personas, esto es, su historia en cuanto a su capacidad económica, cultural, educativa o profesional, que le proporciona el carácter social, de cohesión y armonía en la zona, han sido trabajadas por Halbwachs [8], quien introduce el factor de localización, como uno de los elementos principales del valor del suelo, esto es, la ubicación de la vivienda en un determinado lugar (barrio, colonia o fraccionamiento) como el factor determinante del valor.



Daniels [9], en su estudio realizado en Oakland California, encontró que los inquilinos blancos (y quizá algunos de color) estaban dispuestos a pagar una prima con el fin de vivir en un submercado segregado, ocupado sólo por blancos.

Bourassa y otros [10], en su trabajo de identificación de submercados en Sydney y Melbourne, Australia, utilizan varias técnicas estadísticas, primeramente realizan un análisis de componentes principales para extraer las características principales de la base de datos, las cuales posteriormente clasifican por medio del análisis de conglomerados para definir los diferentes submercados. Así también, realizan una clasificación a "priori" de su percepción de los submercados en estas ciudades.

Por su parte Roca [11], desarrolla un trabajo donde presenta la variación espacial de los valores de mercado del suelo en la ciudad de Barcelona. En él realiza una serie de análisis utilizando técnicas estadísticas como son el análisis factorial y los modelos de precios hedónicos.

Donde confirma que el valor del suelo, se encuentra determinado por tres factores principales la accesibilidad, las externalidades urbanísticas y la diferenciación social del espacio.

En este sentido, es posible considerar todas aquellas variables que tienen influencia en el valor del suelo, con el propósito de integrar uno o varios modelos que definan el valor del suelo y el aporte de cada una de esas características en el valor.

Para esto, se utiliza el concepto de Modelos de Precios Hedónicos, aplicados inicialmente al mercado inmobiliario por Rosen [12], posteriormente desarrollado para la vivienda por Freeman [13], y replicado por trabajos inmobiliarios como los de Ellickson [14], Roca [15], Knight, Carter y Sirmans [16], y Núñez [17], entre otros.

Los modelos hedónicos conceptualizan el bien inmueble, a partir de un conjunto de atributos que satisfacen las diferentes necesidades o gustos de la demanda, es decir, un bien inmueble urbano está compuesto por una serie de características deseables por el comprador, las cuales pueden clasificarse como elementos intrínsecos, propios del bien inmueble y elementos extrínsecos, conformados por todos aquellos atributos externos al inmueble.

La ecuación básica del modelo teórico de precios hedónicos para inmuebles urbanos, puede representarse por la siguiente expresión:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \dots + \beta_n X_n + e$$

Donde:
Y= variable dependiente (valor del mercado inmobiliario).
X= variable independiente (característica o atributo del inmueble).
 β = coeficientes de las características, productos del modelo de regresión.
e= error de estimación del modelo.

METODOLOGÍA

Objeto de estudio

El objeto de estudio se localiza en el paralelo 29° 05'44" de latitud norte y en el meridiano 110° 57'03" de longitud oeste, a una altura promedio de 282 metros sobre el nivel medio del mar, en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México.

La ciudad, con una población de 715,061 habitantes según el censo de población y vivienda [18], una densidad bruta de 43.86 hab/ha, una superficie urbana de 161 km², de los cuales 125 km² (78%) corresponden a lotes urbanos, y el resto, a suelo no edificable como vías públicas y zonas de cerros al interior de la mancha urbana. Del total de lotes o predios urbanos, 47 km² (37%) se encuentran baldíos, lo que representa el 29% de la superficie total de la zona ocupada por la ciudad, esto de acuerdo con el Instituto Municipal de Planeación Urbana [19].

Base de datos

Se integra un sistema de información geográfica con información cartográfica proporcionada por el INEGI, considerando al Área Geoestadística Básica (AGEB) como la unidad de análisis, referenciada en un sistema de coordenadas proyectadas "UTM WGS 84 ZONA 12 NORTE", en donde se integra el resto de la información del proyecto (Figura 2).

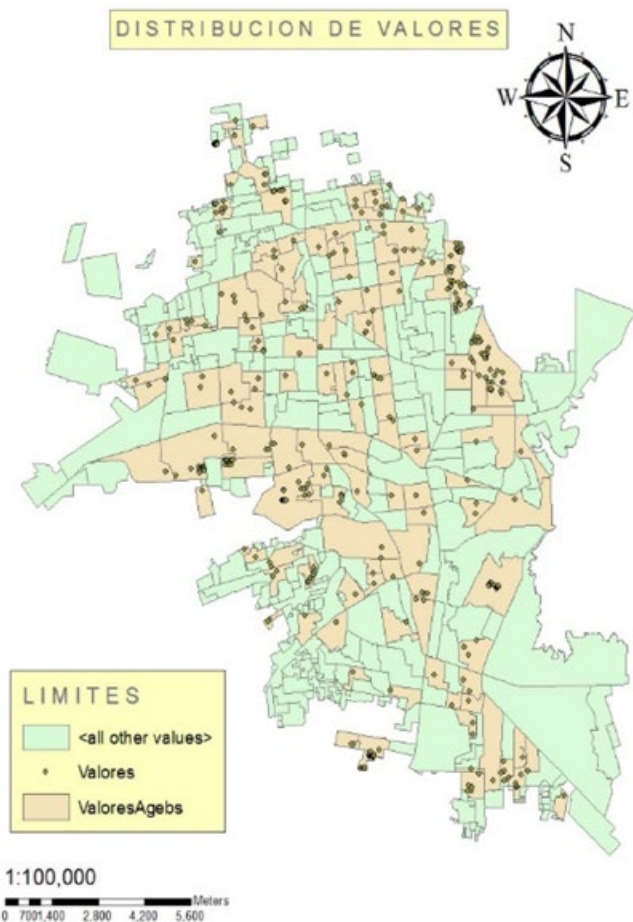


Figura 2. Distribución geográfica de las muestras de mercado.



La información procede de valores del suelo urbano de 430 casos recolectados en campo durante el año 2013, para lo cual se utiliza una cédula de campo con la información tradicionalmente usada en las transacciones inmobiliarias; de las características socioeconómicas de la población y de los elementos del entorno urbano para cada uno de los AGEB [18]; de los valores catastrales del suelo, así como de las principales características del suelo y sus edificaciones [20]; de los usos actuales del suelo, las propuestas de uso y estadísticas del crecimiento urbano de la ciudad [19] y de valores del suelo proporcionada por la Comisión de Valores del Suelo [21].

Variables inmobiliarias

La selección de la información es fundamental, pues de poco sirve tener medidas de valores y características que no tengan relaciones o comportamientos significativos, por lo que el conocimiento "informal" de las preferencias del mercado local y los comportamientos probados en otros trabajos [15], [22] y [23], son el fundamento principal en la selección de la información. Además, una correlación importante de estas variables con el valor del suelo, es un buen indicativo para su selección, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Correlación con el valor del suelo.

Valor unitario terreno	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	N
% Población de 8 a 14 que no sabe leer y escribir	0.116	0.340	70
% Población de 15 y más analfabeta	-0.161	0.092	111
% Población de 15 y más con educación-posbásica	0.509**	0.000	138
Grado promedio de escolaridad	0.515**	0.000	138
% Población -derechohabiente a servicio de salud	0.103	0.230	138
% Población económicamente activa	-0.286**	0.001	138
% Población ocupada	0.306**	0.000	138
% Población ocupada de 25 y más un grado aprobado en educación-posgrado	0.585**	0.000	138
% Población desocupada	0.283**	0.001	134
% Viviendas habitadas	0.054	0.528	139
Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas	-0.321**	0.000	138
Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas	-0.563**	0.000	136
% Viviendas particulares habitadas con 3 cuartos y más	0.313**	0.000	138
% Viviendas particulares que disponen de servicios públicos	0.092	0.283	138
% Viviendas particulares habitadas que disponen de internet	0.600**	0.000	138
% Hijos fallecidos de las mujeres de 12 años y más	-0.012	0.887	136
Acceso vial principal	0.298**	0.000	141
Acceso a centro comercial a 200 m	0.226**	0.007	141
Acceso a centro comercial a 500 m	0.315**	0.000	141
Acceso a servicio médico a 200 m	0.023	0.785	141
% Viviendas particulares habitadas con un dormitorio	-0.343**	0.000	138
% Viviendas particulares habitadas con un cuarto	-0.365**	0.001	76
% Viviendas particulares habitadas con dos cuartos	-0.361**	0.000	124
% Población de 18 años y más con al menos un grado de educación media superior	-0.067	0.432	138
% Población de 25 años y más con al menos un grado de educación superior	0.576**	0.000	137
Vivienda por hectárea	0.252**	0.005	122
Habitantes por hectárea	-0.341**	0.000	129

Modelos de precios hedónicos

Se aplica la técnica de modelos de precios hedónicos, resuelta por medio de regresión lineal múltiple, aproximada por mínimos cuadrados ordinarios; siendo la variable dependiente “valor unitario terreno” o bien “Ln de valor unitario terreno”, de acuerdo con el cumplimiento de normalidad de su distribución de frecuencias; y como variables independientes, se tiene al resto de las características inmobiliarias.

La variable “Valor unitario terreno” de la muestra, presenta un comportamiento distinto al de una distribución normal, por lo que sus valores deben ser transformados utilizando el logaritmo natural (Ln), tratando de cumplir con la prueba de Kolmogorov-Smirnov de comportamientos similares, con una significancia mayor a 0.05. Los resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

		Valor unitario terreno	Logaritmo natural del valor unitario terreno
N		141.000	141.000
Parámetros normales ^{a, b}	Media	887.746	6.712
	Desviación típica	369.705	0.381
Diferencias más extremas	Absoluta	0.177	0.102
	Positiva	0.177	0.102
	Negativa	-0.094	-0.074
Z de Kolmogorov-Smirnov		2.103	1.215
Sig. asintótica (bilateral)		0.000	0.104

a. La distribución de contraste es la normal. b. Se han calculado a partir de los datos.

Se aplica la técnica de “pasos sucesivos” y se obtiene un modelo con una explicación del 46.2% de R² corregida, con la variable “% de población de 15 y más con educación posbásica” como la característica principal del valor del suelo (Tabla 3). El modelo deja fuera variables como % de viviendas particulares habitadas que disponen de internet, y % población de 25 años y más con al menos un grado de educación superior, entre otras.

Tabla 3. Coeficientes del modelo.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.	Estadísticos de colinealidad		
	B	Error típ.	Beta			Tolerancia	FIV	
1	Constante	5.827	0.128		45.362	0.000		
	% Población de 15 y más con educación posbásica	1.698	0.279	0.689	6.091	0.000	1.000	1.000

a. Variable dependiente: Logaritmo natural de Valor unitario terreno.

Sólo es posible incluir más variables aplicando el método de “introducir”, considerando las variables por separado, pues en conjunto no representan el comportamiento de un buen modelo.

RESULTADOS

Si bien este primer análisis estadístico no deja evidencia significativa del comportamiento del valor del suelo y las variables inmobiliarias utilizadas, sí se observan resultados que muestran relaciones a priori del “Valor unitario terreno” con variables inmobiliarias, de donde parece razonable intuir comportamientos del valor del suelo y posibles asociaciones espaciales en el territorio de la ciudad.



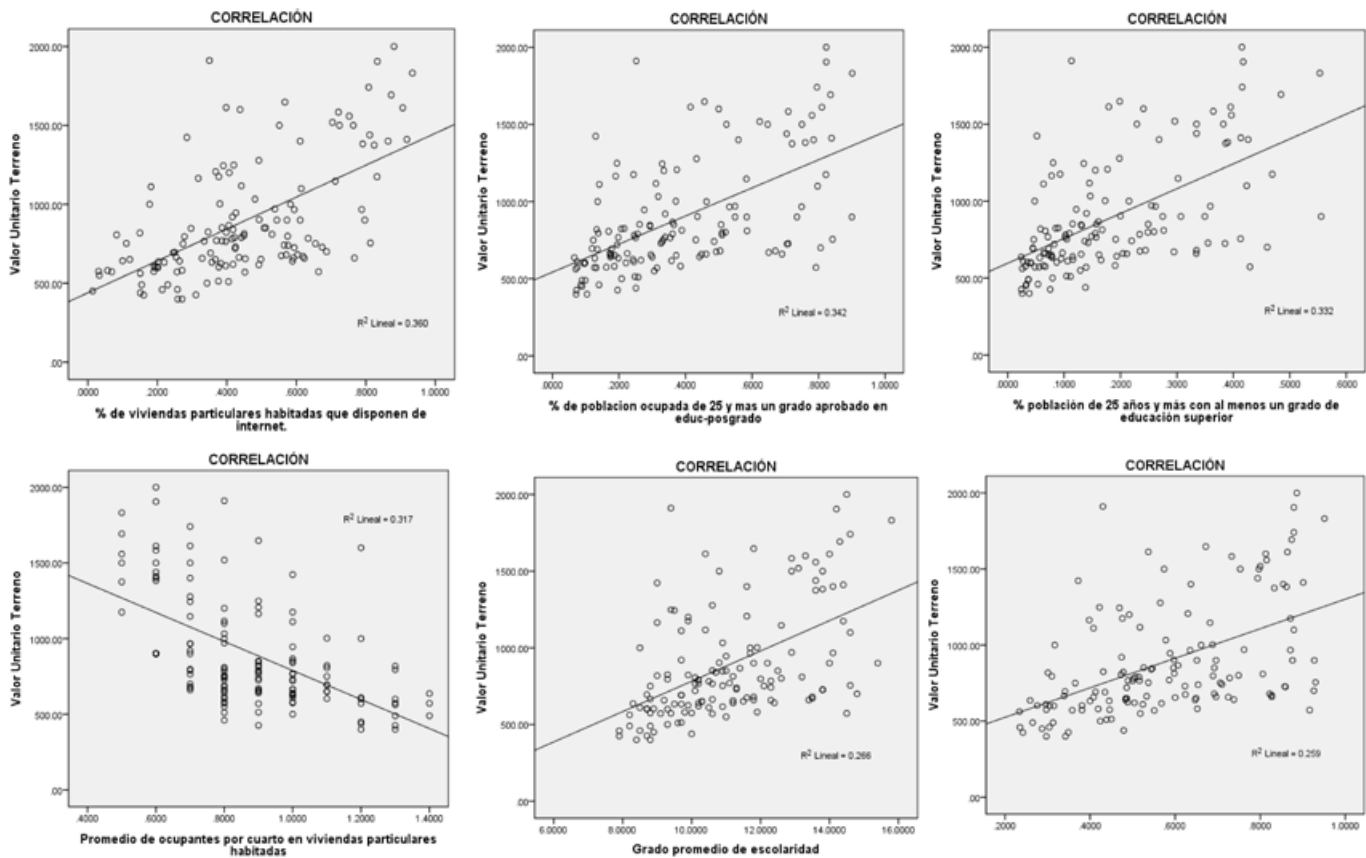


Figura 3. Gráficos de correlación con el valor unitario del terreno.

A partir de la figura 3, se observa como los valores unitarios del suelo se incrementan con la presencia de variables de educación y de presencia de internet, y disminuyen con la cantidad de habitantes por cuarto. Esto es, los mejores espacios de valor del suelo están asociados con habitantes que cuentan con mejor preparación académica, con viviendas amplias y con altas superficies construidas por habitante.

Es notorio que en una urbanización extendida se presente una baja correlación del valor del suelo con variables como Acceso a centro comercial a 500 m (0.315), Acceso a vial principal (0.298) y Acceso a centro comercial a 200 m (0.226). Lo anterior parece indicar, que si bien existen grandes recorridos al trabajo y educación, el acceso a centros comerciales y lugares de ocio no representan dificultades, pues el promotor comercial y de ocio logra llegar con éxito al consumidor independientemente del tipo de crecimiento urbano.

La integración de un modelo de precios hedónicos, como una forma de explicar el comportamiento del valor del suelo en la ciudad, muestra un modelo con una explicación del 46.2% de R^2 , con sólo una variable explicativa que representa la educación como elemento dinamizante del valor del suelo (Figura 4).

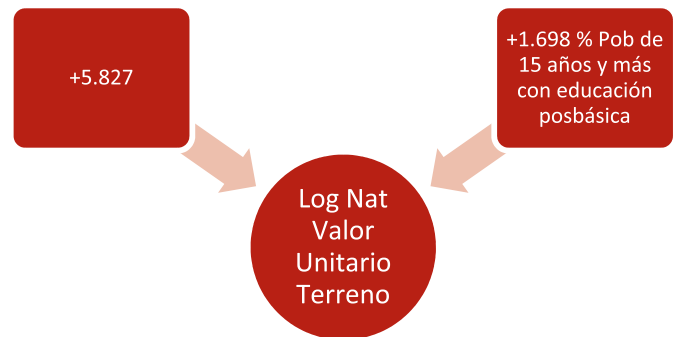


Figura 4. Modelo del logaritmo natural del valor unitario terreno.

El proceso estadístico para establecer modelos de precios hedónicos exige el cumplimiento de hipótesis de significancia, autocorrelación y homocedasticidad, entre otras, que sólo permite la presencia de una variable explicativa; sin embargo, existen variables como las mostradas en la figura 3 y en la tabla 4, que por sí solas, presentan explicaciones importantes de los valores unitarios del suelo.

Tabla 4. Explicación del valor del suelo por variable independiente.

Variable independiente	R ² corregida (%)
% Población de 15 años y más con educación-posbásica	46.20
% Población ocupada de 25 años y más con un grado aprobado de educación-posgrado	42.90
% Viviendas particulares habitadas que disponen de internet	37.20
Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas	34.20%
% Población de 25 años o más con al menos un grado de educación superior	33.60%
Grado promedio de escolaridad	28.60%

CONCLUSIONES

El valor del suelo habitacional en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México, se explica principalmente por indicadores de educación, conectividad a internet, superficie construida de las viviendas, densidad habitacional.

El comportamiento de los valores del suelo en la ciudad puede ser explicado fundamentalmente con base en el % Población de 15 años y más con educación-posbásica, elemento de la jerarquía social que se identifica con los valores del suelo habitacional en forma positiva.

Se obtienen variables con alta correlación con el valor del suelo, como el % Viviendas particulares habitadas que disponen de internet en la zona, % Población ocupada de 25 y más un grado aprobado en educación-posgrado, % Población de 25 años y más con al menos un grado de educación superior, reafirmando que la jerarquía social es el principal indicador de valor del suelo.

Un modelo global del mercado del suelo habitacional en la ciudad, resulta poco preciso, por lo que en próximos estudios se deberán establecer sectores o submercados habitacionales, que respondan de forma coherente y con mayor precisión a los comportamientos de sus variables inmobiliarias.

Este documento parece evidenciar la necesidad de incluir variables como el ingreso familiar, tipo de empleo, actividades de ocio e índice de criminalidad, indicadores que no estuvieron disponibles para este análisis, pero que posiblemente proporcionen mejores explicaciones del valor del suelo habitacional.

BIBLIOGRAFÍA

1) J. Von Thünen, *Der Isoliert Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationaloökonomie*, Hamburgo, 1826.

- 2) R. Haig, «Towards an Understanding of the Metropolis,» *Quarterly Journal of Economics* 40, pp. 206-207, 1926.
- 3) R. Hurd, *Principles of Political Economy*, New York, 1903.
- 4) R. Solow, «Congestion, Density and Use of Land in Transportation,» *Swedish Journal of Economics* V. 74, 1972.
- 5) W. Alonso, *Location and Land Use*, Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- 6) E. S. Mills y R. Simenauer, «New Hedonic Estimates of Regional Constant Quality House Prices,» *Journal of Urban Economics* 39, pp. 209-215, 1996.
- 7) A. Marshall, *Principles of Economics*, London England: Macmillan and Co. Ltd., 1890.
- 8) M. Halbwachs, *Les expropriations et le prix des terrains a Paris (1860-1900)*, Paris, 1909.
- 9) C. B. Daniels, «The Influence of Racial Segregation on Housing Prices,» *Journal of Urban Economics* 2, pp. 105-122, 1975.
- 10) S. C. Bourassa, F. Hamelink, M. Hoesli y B. D. MacGregor, «Defining housing sub-markets: evidence from Sydney and Melbourne,» *Cutting Edge RICS Research*, 1997.
- 11) J. Roca, *Vers una interpretació de la formació i distribució dels valors del sòl a Barcelona*, Barcelona: Tesis Doctoral, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, 1982.
- 12) S. Rosen, «Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition,» *Journal of Political Economy*, Vol. 82, No.1, pp. 34-55, 1974.
- 13) A. M. Freeman, «The Hedonic Approach to Measuring Demand for Neighborhood Characteristics,» *The Economics of Neighborhood*, Academic Press, New York, pp. 191-217, 1979.
- 14) B. Ellickson, «An Alternative Test of the Hedonic Theory of Housing Markets,» *Journal of Urban Economics*, No.9, pp. 56-79, 1981.
- 15) J. Roca, *La Estructura de los valores urbanos: Un analisis teorico-empirico*, Madrid: Instituto de Estudios de Administracion Local, 1988.
- 16) J. R. Knight, R. Carter Hill y C. F. Sirmans, «Estimation of Hedonic Housing Price Models Using Nonsample Information: A Monte Carlo Study,» *Journal of Urban Economics*, No. 34, pp. 319-346, 1993.
- 17) J. M. Núñez Tabales, *Tesis Doctoral: Mercados Inmobiliarios: Modelización de Precios*, Córdoba, España: Universidad de Córdoba, 2007.
- 18) Instituto Nacional de Estadística y Geografía, «Censos y Conteos de Población y Vivienda,» 2010. [En línea]. Disponible: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Municipios.aspx>.
- 19) Instituto Municipal de Planeacion Urbana, «*implanhermosillo.gob.mx*,» 18 Octubre 2006. [En línea]. Disponible: www.implanhermosillo.gob.mx. [Último acceso: Noviembre 2014].
- 20) Dirección de Catastro Municipal, «Tabla de Valores del Suelo,» 2013. [En línea]. Disponible: <http://www.catastro-hermosillo.org.mx>. [Último acceso: 2013].
- 21) Colegio de Valuadores Profesionales del Estado de Sonora, «Valores del suelo urbano de la ciudad de Hermosillo, Sonora,» COVAPROES, Hermosillo, 2013.
- 22) C. Marmolejo, «La Incidencia de la Percepción del Ruido Ambiental sobre la Formación Espacial de los Valores Residenciales: Un Análisis para Barcelona,» *Revista de la Construcción* No. 1, Vol. 7, pp. 4-19, 2008.
- 23) J. Quintana, *Influencia de los indicadores de calidad de zona en la rentabilidad y riesgo Inmobiliario: Caso residencial Barcelona*, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2012.



AULA SOLAR: UN PROYECTO SUSTENTABLE

HORACIO MUNGUÍA AGUILAR*, ARMANDO AYALA
CORONA, RIGOBERTO FRANCO MALDONADO

RESUMEN

Este artículo describe un proyecto sobre la implementación de un aula energéticamente sustentable. Éste consiste de un sistema de generación de energía fotovoltaica y el equipamiento del aula con equipo de bajo consumo de energía en equilibrio con la energía producida por el sistema. La tecnología de las celdas del sistema fotovoltaico propuesto prescinde de baterías de almacenamiento y se conecta directamente a la red eléctrica en una modalidad denominada cogeneración en pequeña escala. Se presentan los aspectos más relevantes del sistema construido y algunos resultados preliminares.

Palabras clave: Sistemas fotovoltaicos, aula sustentable.

ABSTRACT

This paper describes a project on the implementation of a sustainable energy classroom. This project consists of a photovoltaic power generation system and a classroom supported with low power consumption equipment in balance with the energy produced by the photovoltaic system. This system does not use batteries for energy storage but instead is directly connected to the electric grid in a mode termed small scale net-metering. The most relevant aspects of the photovoltaic system and some preliminary results are presented.

Keywords: Photovoltaic systems, sustainable classroom.

M.C. HORACIO MUNGUÍA AGUILAR
Correo: hmunguia@correo.fisica.uson.mx
DR. ARMANDO AYALA CORONA
Correo: armando.ayala@fisica.uson.mx
ING. RIGOBERTO FRANCO MALDONADO
Correo: rfrancom@correo.fisica.uson.mx
Departamento de Física, Universidad de Sonora

*Autor para correspondencia: M.C. Horacio Munguía Aguilar
Correo electrónico: hmunguia@correo.fisica.uson.mx
Recibido: 5 de septiembre de 2015
Aceptado: 26 de noviembre de 2015
ISSN: 2007-4530



INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años la Universidad de Sonora lleva a cabo múltiples actividades en apoyo a la sustentabilidad –entendida como el proceso que permite la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer capacidad de que las generaciones futuras puedan satisfacer las propias- que actualmente se integran en el denominado Plan de Desarrollo Sustentable de la Universidad de Sonora [1]. En este contexto y con el fin de fortalecer este plan, el Departamento de Física ha iniciado un proyecto de empleo de energía fotovoltaica que sirve como modelo de sustentabilidad energética con todos sus enfoques: ambiental, técnico y educativo. Los objetivos específicos de este proyecto son:

Evaluar los niveles de ahorro de energía eléctrica al alimentar una o varias aulas con un sistema fotovoltaico moderno y empleando cargas eléctricas de bajo consumo.

Acondicionar el sistema fotovoltaico con la instrumentación adecuada para su empleo como campo de pruebas en docencia e investigación.

A continuación se describen con cierto detalle la implementación del sistema fotovoltaico, sus características y primeros resultados obtenidos.

ENERGÍA EN UN AULA

Un aula típica de la Universidad de Sonora de 52 m² (40 alumnos) equipada en forma tradicional presenta, aproximadamente, los requerimientos de potencia eléctrica mostrados en la tabla 1



Tabla 1. Características de consumo eléctrico de un aula típica.

Carga	Consumo (Watts)
Iluminación	480
Aire Acondicionado	3,500 (2,100 ponderado)
Proyector de video	300
Accesorios	300
Total	3,180



Tomando en consideración 10 horas diarias de uso, 36 semanas de actividad anual y ponderando el ciclo de trabajo de los aires acondicionados (factor de 0.60), se ha estimado un consumo anual de alrededor de 5,724 kWh para esta aula.

Es perfectamente posible reducir estas cifras en forma significativa empleando equipo moderno de bajo consumo tal como iluminación LED, pantalla LCD, aire acondicionado CVR y otros. Para el caso que se presenta, en forma provisional, se supondrá equipamiento tradicional en el aula.

De acuerdo a cálculos esta cantidad de energía se puede producir con 25 m² de celdas modernas de silicio, aprovechando la radiación solar característica de Hermosillo [2, 3] en un proceso de compensación anual en donde el déficit de insolación de invierno se recupera con los excedentes de la insolación de verano.

EL ARREGLO SOLAR

En base a los datos anteriores, el sistema fotovoltaico diseñado se integró con 24 paneles de silicio policristalino de 250 W_p (watts-pico) cada uno para un total de 6 kW_p. Se instalaron en la planta alta del edificio 3E del Departamento de Física sobre estructuras triangulares de acero con orientación al sur. El sistema está dividido en tres secciones de 8 paneles cada uno, con estructura de soporte independiente que permiten ajustes en su ángulo de inclinación desde la horizontal hasta 60 grados con el fin de optimizar la captura de radiación solar en las diferentes épocas del año. Las secciones se alinean en paralelo a lo largo del edificio con orientación azimutal 6° SW (Figura 1).

Con una insolación promedio anual de 6.0 horas-sol-pico para Hermosillo [3], y un factor de eficiencia de 0.75

se estima que se generarán alrededor de 9,855 kWh al año, suficientes para el consumo del aula con equipamiento tradicional.

En la actualidad, estas celdas de silicio policristalino dominan el mercado debido a su equilibrio entre precio, eficiencia y durabilidad. En los últimos 10 años el costo de las celdas en general ha disminuido un 60 por ciento, lo que ha ocasionado que el precio por watt de un sistema de generación fotovoltaica ronde los 0.30 watt por dólar [4, 5]. La barrera del precio ya no es más el gran obstáculo que dominaba en el pasado.



Figura 1. Secciones del arreglo fotovoltaico con diferentes ángulos de inclinación.

Un argumento desfavorable al uso de celdas fotovoltaicas es el de su intermitencia, pues solo en las horas de sol se produce energía. Para tener una disponibilidad

continua de energía es necesario apoyarse de un sistema de almacenamiento temporal como las baterías. Este es un inconveniente serio que ha frenado, hasta cierto punto, el desarrollo de las energías limpias como la solar y la eólica. Las baterías no solo incrementan notablemente el costo de un sistema fotovoltaico sino que su todavía muy corto período de vida implica altos gastos de mantenimiento. Sin embargo, en ciertas aplicaciones como la del consumo eléctrico residencial, hay forma de darle la vuelta a este problema.

ARREGLOS FOTOVOLTAICOS SIN BATERÍAS

Siendo las baterías un inconveniente técnico y económico importante en todas las aplicaciones que requieren almacenamiento de energía eléctrica, como en los autos y en los generadores fotovoltaicos, resulta preferible evitarlas si lo prioritario no es la independencia del sistema sino solo su capacidad de generar ahorros de energía. Este es el caso de las zonas urbanas, en donde los edificios y casas habitación pueden hacer uso de la energía solar para reducir los costos de su consumo eléctrico, de una forma limpia, sin tener que renunciar a la conexión de la red eléctrica como el suministro principal. Este tipo de sistema presenta la estructura mostrada en la figura 2.

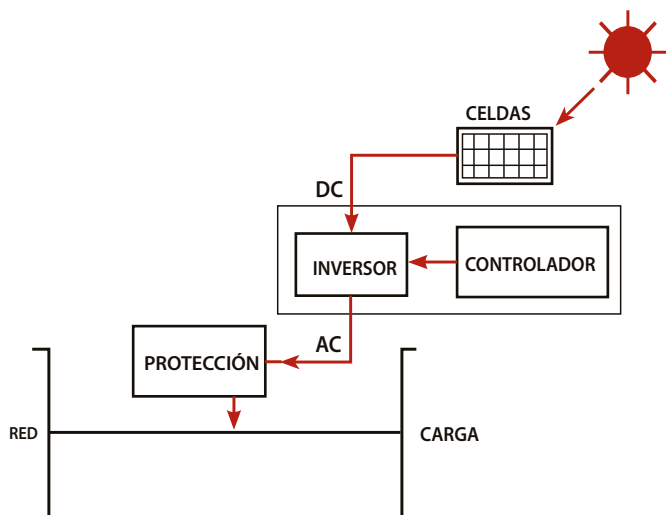


Figura 2. Arreglo fotovoltaico con conexión a la red sin baterías.

El circuito inversor se encarga de convertir la corriente directa de los paneles solares en corriente alterna capaz de inyectarse a la red o de utilizarse en la carga eléctrica doméstica: lámparas, refrigerador, etcétera. El circuito controlador regula la cantidad de energía que se puede inyectar a la red, de acuerdo a diferentes parámetros: nivel de voltaje de la red, disponibilidad de energía, fugas de carga, etcétera. Cuando la red falla, el sistema de control deshabilita la conexión eléctrica del inversor dejando sin energía a la carga. Éste es el principal inconveniente de este tipo arreglos pero debe de entenderse que su objetivo



no es de servir como fuente de respaldo sino como fuente complemento. Por supuesto, se puede modificar el arreglo para evitar estas contingencias pero sería a costa de agregar baterías tal y como se ilustra en la figura 3.

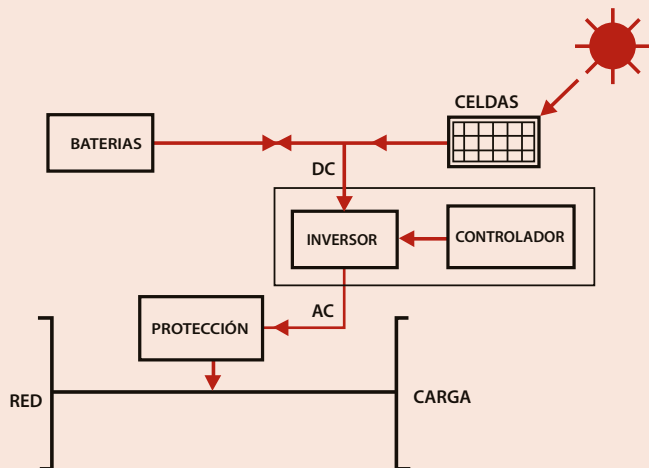


Figura 3. Arreglo fotovoltaico con conexión a la red y respaldo de baterías.

El eslabón más débil en el esquema de la figura 2 es el circuito inversor. Como todo sistema electrónico, los dispositivos que lo integran son vulnerables al manejo de grandes corrientes y/o voltajes por el exceso de

calor producido y los intensos campos eléctricos que se producen.

En años recientes [6] una nueva tecnología de inversores ha surgido, en la que el inversor central es reemplazado por pequeños inversores en cada panel, que se conectan en paralelo con la red eléctrica en forma independiente. Ésta es la tecnología empleada en el sistema fotovoltaico que se propone (Figura 4).

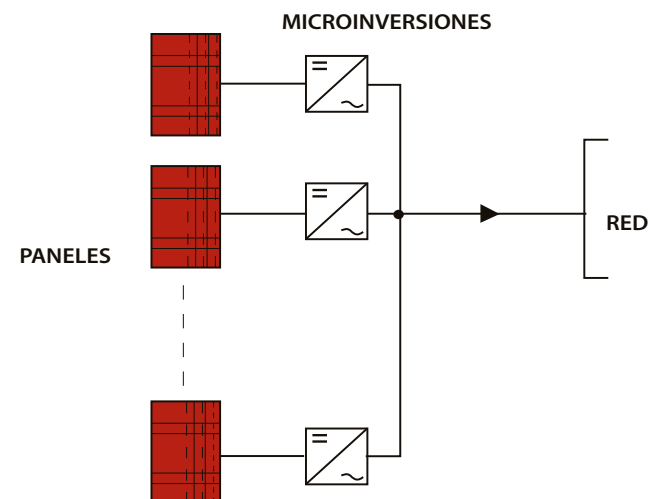


Figura 4. Paneles solares con microinversores conectados directamente a la red.





Estos sistemas, conocidos como sistemas de inversor integrado o microinversor, presentan varias ventajas sobre la tecnología de inversor central:

- Es más compacto y ocupa menos espacio, ya que normalmente se integra en la parte posterior del panel solar.
- Optimiza la eficiencia de los paneles en forma individual mejorando con ello la eficiencia total.
- La falla de uno no produce una falla general del sistema.
- El diseño general de un arreglo se simplifica y su futura ampliación es un proceso lineal.
- Son más versátiles que los inversores centrales y han demostrado mayor confiabilidad.

Cuando se utiliza un arreglo solar con microinversores, el sistema completo es supervisado por un circuito independiente, ubicado a cierta distancia de los paneles y con acceso al usuario. Este circuito lleva a cabo varias funciones: supervisa el funcionamiento de los microinversores, monitorea la energía eléctrica entregada, analiza las situaciones de riesgo propias de estos sistemas, genera información para el usuario, etcétera.

CONEXIÓN A LA RED

Como se ha visto, los microinversores se conectan directamente a la red eléctrica empleando algún elemento de protección como los interruptores termomagnéticos. Ésta es una situación riesgosa que se encuentra

reglamentada por el propietario de la red, que en nuestro país es la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Puesto que el sistema aquí propuesto, en realidad no utiliza la red de la CFE por ubicarse dentro del campus Universitario, la red eléctrica sólo tuvo que apegarse a la normatividad de una instalación eléctrica estándar y a las especificaciones técnicas indicadas por el fabricante del inversor.

SISTEMAS RESIDENCIALES DE COGENERACIÓN

Desde el 2007 la CFE ofrece a los usuarios residenciales la opción de generar su propia energía eléctrica, mediante un generador de energía renovable, conectado a la red en una modalidad denominada Sistema de Cogeneración en pequeña escala. En esta modalidad el usuario instala un pequeño sistema generador de energía eléctrica renovable, típicamente solar o eólica, que se conecta a la red a través de un medidor de energía bidireccional que instala la CFE. Este medidor es capaz de medir la energía consumida por el usuario, como el medidor estándar, pero también puede medir flujo de energía de la residencia hacia la red, en caso de que el generador produzca más energía de la que el consumidor necesite. Se trata de un sistema como el aquí presentado, excepto por el medidor. Si el sistema propio produce más energía que el requerido en el aula, esta energía fluirá hacia las cargas eléctricas más próximas dentro del circuito alimentado por el correspondiente transformador de la red eléctrica local.



RESULTADOS PRELIMINARES

El sistema fotovoltaico se puso en marcha el día 15 de junio del 2015 con siete paneles y su microinversor integrado. Después de una semana de ajustes comenzó a producir de forma estable a partir del día 24 del mismo mes. En la figura 5a se muestra la producción semanal de energía del sistema durante el mes de julio, alcanzando un total de 291.5 kWh. La figura 5b muestra los picos de potencia diaria en este mismo lapso con un promedio de 1.41 kW. Es claro que el día 26 estuvo muy nublado.

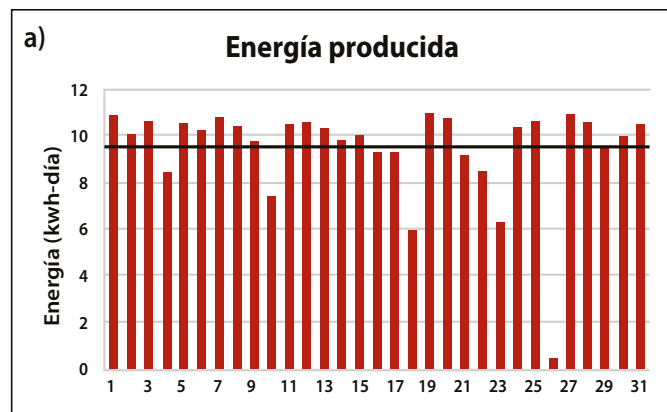


Figura 5a. Energía durante julio de 2015.

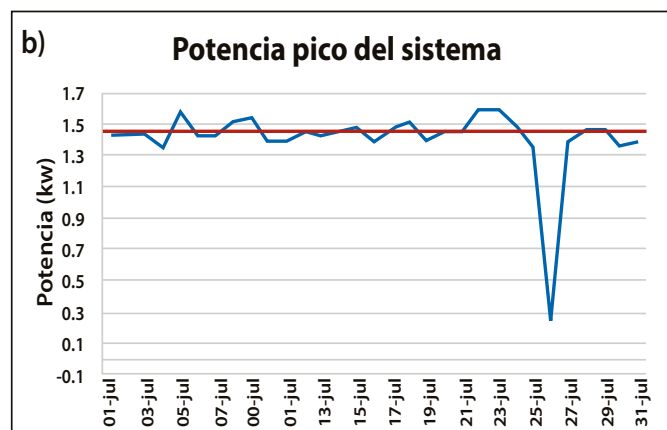


Figura 5b. Potencia pico durante julio de 2015.

La figura 6 muestra el patrón de cambio diario de la potencia recibida en un día típico. El máximo valor ocurre alrededor de las 14:00 horas y fue de 1.39 kW y la energía total ese día fue de 10.87 kWh.

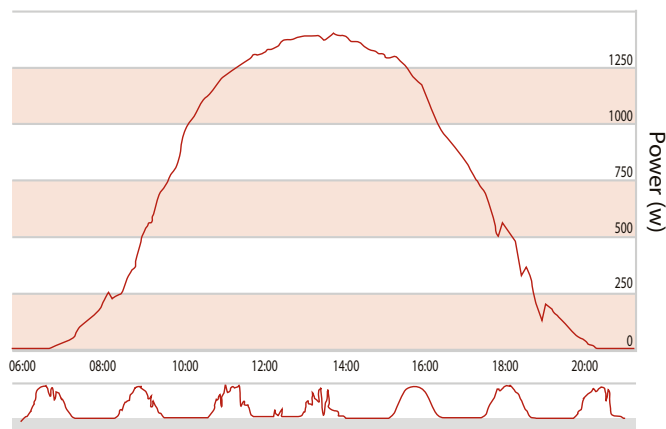


Figura 6. Potencia generada en un día típico de julio de 2015.

Para finales del mes de agosto se tenían en operación 24 paneles fotovoltaicos, con una producción un poco menor al triple de la anteriormente mostrada y en espera de una disminución paulatina de la energía capturada, debido a la declinación solar propia de la temporada. Con esta información se estima que al cabo de un año se cubrirán las necesidades energéticas del aula descritas inicialmente.

LABORATORIO SOLAR

Este sistema fotovoltaico se ha estado equipando con la instrumentación necesaria para convertirlo en un laboratorio o campo de pruebas con fines de docencia e investigación. En la actualidad se dispone del siguiente equipo que permitirán cumplir este objetivo:

- Sistema de control general para la generación de información sobre voltaje, corriente, potencia y energía de cada panel. El sistema se conecta a internet para el envío de esta información, lo que permite su seguimiento desde cualquier lugar en forma remota.
- Dos inversores de 6 kW para pruebas del arreglo fotovoltaico en configuración autónoma.
- Sistema de adquisición de datos para el registro de temperatura, radiación solar y otras variables de interés. Se espera que estas instalaciones se utilicen en los cursos que los diferentes departamentos de la Universidad ofrecen en el área de las tecnologías renovables.

AMPLIACIÓN DEL SISTEMA

Dependiendo de los resultados obtenidos se pretende ampliar el programa de generación fotovoltaica a otros sitios dentro del campus de la Universidad de Sonora. Como una segunda etapa ya se tiene planeada la

instalación de un sistema de 80 kW en el estacionamiento del gimnasio universitario "Alberto Córdova Herrera" de la Unidad Regional Centro. De la misma forma que en el sistema descrito, se pretende asignarle también un perfil didáctico además del energético.

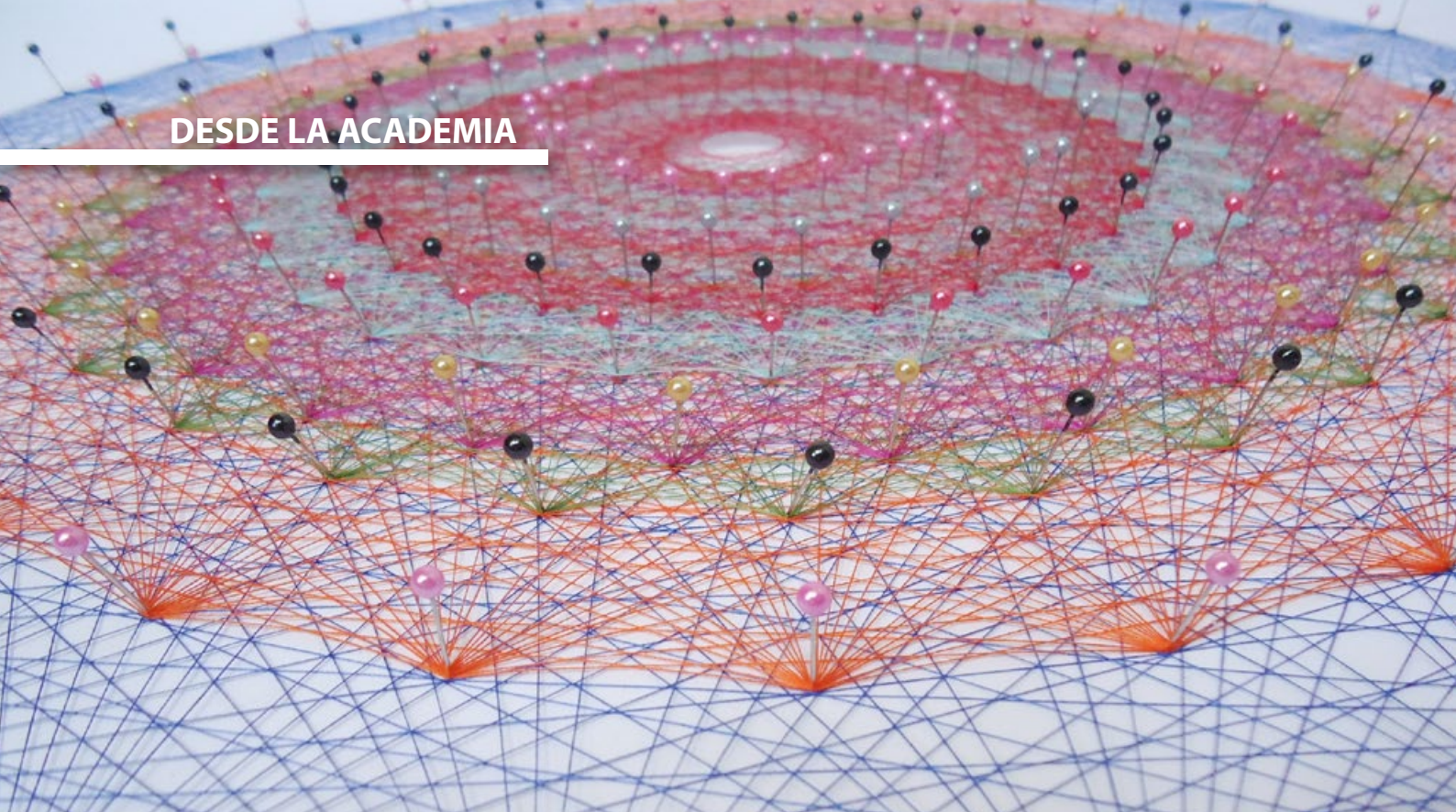
CONCLUSIONES

Se ha presentado un sistema fotovoltaico que cubre las necesidades de energía eléctrica de un aula estándar en la Universidad de Sonora. Este sistema generará ahorros muy limitados de energía respecto al gran consumo que se tiene en el campus de la Unidad Centro. Sin embargo, será un paso muy importante en el camino de la sustentabilidad que se ha trazado la Universidad, sobre todo porque este sistema tiene un perfil educativo y de promoción del uso de las energías renovables.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Plan de Desarrollo Sustentable de la Universidad de Sonora, Recuperado el 15 de julio de 2015 de: http://www.sustentabilidad.uson.mx/docs/divulgacion/documentode_divulgacion.pdf.
- 2) Solar Electricity Handbook - 2015 Edition, Michael Boxwell, Greenstream Publishing; 2015; ISBN-13: 978-1907670459.
- 3) U. Miranda M., R. Saldaña F. y M. Flor Morales R. Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables (SIGER) en México. Recuperado el 20 de noviembre de 2015 de: <http://www.iie.org.mx/boletin042003/art1.pdf>.
- 4) T.M. Razyko et al., Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects, Solar Energy, vol.11, Enero, 2011.
- 5) G. Parkinson, Why solar cost will fall another 40% in just two years, Renew Economy. Recuperado el 20 de Enero de 2015 de: <http://reneweconomy.com.au/2015/why-solar-costs-will-fall-another-40-in-just-two-years-21235>.
- 6) J. A. Patel and P. D. Solanki, Comparative Analysis of String Inverter and Micro Inverter for Solar Based Power System, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol. 3, No. 4, April, 2014.





EL GRUPO FUNDAMENTAL

CARLOS A. ROBLES CORBALÁ*, RAFAEL R. RAMOS FIGUEROA.

RESUMEN

En este artículo se aborda un problema clásico para poder detectar si dos espacios topológicos son homeomorfos o no. Para lo cual a cada espacio topológico se le asocia un grupo algebraico, de tal suerte que si los espacios son homeomorfos, entonces los grupos asociados serán isomorfos. Se presenta una construcción del grupo fundamental de un espacio topológico y se enfoca en demostrar que efectivamente es un grupo.

Palabras clave: Topología, álgebra, homotopía.

ABSTRACT

In this article we will be taking on a classical problem in topology, which is to determine if two given topological spaces are homeomorphic or not. To solve this problem we will associate an algebraic group to each topological space, such that if the spaces are homeomorphic then the associated groups will be isomorphic. We will construct the fundamental group of a topological space and we focus on proving that it is indeed a group.

Keywords: Topology, algebra, homotopy.

M.C. CARLOS ALBERTO ROBLES CORBALÁ
Correo: crobles@gauss.mat.uson.mx
DR. RAFAEL ROBERTO RAMOS FIGUEROA
Correo: rrosas@gauss.mat.uson.mx
Depto. de Matemáticas, Universidad de Sonora

*Autor para correspondencia: M.C. Carlos Alberto Robles Corbalá

Correo electrónico: crobles@gauss.mat.uson.mx

Recibido: 18 de septiembre de 2015

Aceptado: 30 de noviembre de 2015

ISSN: 2007-4530

INTRODUCCIÓN

En el trabajo de Cisneros y otros [1] se menciona que en matemáticas, uno de los problemas principales consiste en clasificar los objetos de estudio. Para ello, generalmente se define una noción de equivalencia (dependiendo de las propiedades que interesen) entre dichos objetos y un problema fundamental, que consiste en dados dos objetos, determinar si son equivalentes o no. Por ejemplo, en geometría plana, si las propiedades que interesan son el tamaño y la forma, la noción de equivalencia estaría dada por el concepto de congruencia, así dos objetos (polígonos por ejemplo) serán equivalentes, si y sólo si, éstos son congruentes, es decir, si tienen la misma forma y tamaño. Si lo que nos interesa es únicamente la forma, la noción de equivalencia será la de semejanza y de esta manera, dos objetos serán equivalentes, si son proporcionales, no importando así su tamaño.

En el caso de la topología, la noción de equivalencia es la de homeomorfismo: dos espacios topológicos X y Y son homeomorfos (o equivalentes), si existe una función continua f de X en Y y una función continua g de Y en X , tales que $g \circ f$ y $f \circ g$ son las funciones identidad en X y en Y , respectivamente. En tal caso se dice que f es un homeomorfismo. Intuitivamente, esto quiere decir que podemos “deformar continuamente” uno de los espacios hasta obtener el otro.

El problema de determinar si dos espacios son homeomorfos o no, utilizando directamente la definición de homeomorfismo, puede ser muy difícil. Para probar que son homeomorfos, tenemos que dar un homeomorfismo entre ellos, lo cuál puede no ser fácil. Por otro lado, para probar que no lo son, se tiene que demostrar que no existe ningún homeomorfismo entre ellos, lo cuál puede ser aún más difícil. Otra forma más fácil de atacar el problema, consiste en buscar propiedades de los espacios topológicos que se preserven bajo homeomorfismo, de esta manera, si uno de los espacios posee dicha propiedad y otro no, entonces no pueden ser homeomorfos. Ejemplos de dichas propiedades son la conexidad y la compacidad.

Se muestran algunos ejemplos de esta técnica. Usando el concepto de compacidad se puede ver que la recta real \mathbb{R} y el círculo unitario S^1 no son homeomorfos, ya que S^1 es un espacio compacto, lo que equivale a decir que como subconjunto del plano euclidiano es cerrado y acotado, mientras que \mathbb{R} no es compacto por no ser acotado.

Ahora use el concepto de conexidad. Intuitivamente, el que un espacio sea conexo significa que consta de

un solo “pedazo”. Denote por \mathbb{R}^n al espacio euclidiano n -dimensional. Vea que \mathbb{R} y \mathbb{R}^n con $n \geq 2$, no son homeomorfos. A primera vista, parece que la conexidad no ayuda a probar la afirmación, ya que ambos, \mathbb{R} y \mathbb{R}^n son conexos, pero se vale del siguiente truco: suponga que existe un homeomorfismo φ entre \mathbb{R} y \mathbb{R}^n , si quita un punto p de \mathbb{R} y su imagen bajo φ en \mathbb{R}^n entonces seguirá teniendo un homeomorfismo entre $\mathbb{R} \setminus \{p\}$ y $\mathbb{R}^n \setminus \{\varphi(p)\}$. Esto es imposible, ya que al quitarle un punto a \mathbb{R} éste se separa en dos “pedazos”, es decir, deja de ser conexo, mientras que \mathbb{R}^n menos un punto, no se separa. Por lo tanto, se concluye que no puede existir un homeomorfismo entre dichos espacios. Sin embargo, esta técnica no sirve para ver en general que \mathbb{R}^m y \mathbb{R}^n , con $n \neq m$ y $n, m \geq 2$, no son homeomorfos, ya que $\mathbb{R}^n \setminus \{p\}$ es siempre conexo para $n \geq 2$. Para ello fueron necesarias nuevas técnicas. La búsqueda de dichas técnicas dio origen a la topología algebraica, en dicha área aparece un concepto fundamental más débil que el de homeomorfismo, a saber, el concepto de equivalencia homotópica.



Para entender dicho concepto es necesario primero establecer el concepto de homotopía entre funciones: se dirá que dos funciones h y k de un espacio W en un espacio Z son homótopas si “se puede deformar continuamente h en k ”. Este concepto se definirá con rigor más adelante en este artículo. Una vez establecido este concepto, se dice que X y Y son espacios

homotópicamente equivalentes, si existe una función continua f de X en Y , y una función continua g de Y en X , tales que $g \circ f$ es homótopa a la función identidad en X , y $f \circ g$ es homótopa a la función identidad en Y . En tal caso, se dirá que f es una equivalencia homotópica.

Dos espacios homeomorfos siempre son homotópicamente equivalentes, sin embargo el recíproco no es cierto en general. Por ejemplo, la circunferencia es homotópicamente equivalente al cilindro, así como \mathbb{R}^n es homotópicamente equivalente a un punto. Más sin embargo, la circunferencia no es homeomorfa al cilindro, ni \mathbb{R}^n es homeomorfo a un punto.

La idea principal en la topología algebraica es la de invariante homotópico, la cual consiste en que a cada espacio topológico X se le asocia un objeto algebraico $h(X)$ (grupo, espacio vectorial, módulo, etcétera) y a cada función continua f entre dos espacios topológicos X e Y , se le asocia una función $h(f): h(X) \rightarrow h(Y)$ que preserva la estructura algebraica en cuestión, de tal manera que si X e Y son homotópicamente equivalentes, entonces $h(X)$ y $h(Y)$ son isomorfos, es decir, $h(X)$ y $h(Y)$ son equivalentes como objetos algebraicos. Por lo tanto, si dos espacios X e



Y son tales que $h(X)$ no es isomorfo a $h(Y)$ entonces X y Y no pueden ser homotópicamente equivalentes y de aquí que son no homeomorfos.

Algunos ejemplos de invariantes homotópicos son los grupos de homotopía, los grupos de homología y los anillos de cohomología.

En el libro de texto clásico [2] se encuentra: "Sin embargo en ocasiones las propiedades topológicas como compacidad, conexidad, conexidad local, y metrizabilidad no son suficientes para demostrar que dos espacios no son homeomorfos.

Por esto, debemos introducir nuevas propiedades y nuevas técnicas. Una de las propiedades más usuales es la de ser simplemente conexo, a grandes rasgos; decimos que un espacio X es simplemente conexo si toda curva cerrada en X puede contraerse a un punto en X . Así por ejemplo, la propiedad de conexidad simple va a distinguir entre \mathbb{R}^2 y \mathbb{R}^3 ; en efecto, quitando un punto de \mathbb{R}^3 el espacio obtenido sigue siendo simplemente conexo, pero al quitar un punto de \mathbb{R}^2 sucede lo contrario. Esta propiedad también va a distinguir entre S^2 (que es simplemente conexo) y el toro (que no lo es). Sin embargo, no va a distinguir entre dos espacios en donde ninguno de los dos sea simplemente conexo".

Otras excelentes referencias para los conceptos básicos de topología general como compacidad, conexidad, homeomorfismo, etcétera son las referencias [3], [4] y [2].

EL GRUPO FUNDAMENTAL

Un grupo es un conjunto G con una operación binaria asociativa, tal que, en el conjunto G existe un elemento

identidad e ; y todo elemento de G posee un elemento inverso en G . Dados dos grupos G y H , un homomorfismo F de G en H es una función de G en H que cumple que $F(ab)=F(a)F(b)$ para todo a y b en G . Un homomorfismo biyectivo es llamado isomorfismo.

Existe una idea más general que el concepto de conexidad simple, una idea que incluye la conexidad simple como un caso particular. Esta involucra cierto grupo conocido como grupo fundamental del espacio.

Una idea intuitiva que puede inspirar la construcción del grupo fundamental es la siguiente. Imaginemos que estamos parados sobre una superficie plana S la cual es muy grande pero de poco grosor y tiene agujeros. Sin embargo tenemos mala vista y queremos detectar los agujeros sin movernos del lugar. Por alguna extraña razón disponemos de muchos segmentos de cuerdas sumamente elásticas que se pueden estirar o contraer de tamaño tanto como queramos. Clavamos una cuña cerca de donde estamos parados y fijamos el punto inicial y final de cada segmento de cuerda a la cuña, obteniendo así lazos. Enseguida, lanzamos dichos lazos al azar sobre la superficie con gran fuerza para que las cuerdas se estiren y después, con el fin de detectar los agujeros, comenzamos a contraer las cuerdas elásticas hacia la cuña. Si no hay ningún agujero entonces el lazo elástico se contraerá hasta el punto donde está la cuña. Si no es así, entonces la cuerda elástica se atorará y detectaremos que existe un agujero. Aún más, observamos que si lanzamos muchísimos lazos de distintos modos, también obtendríamos distintas configuraciones, por ejemplo un lazo podría rodear más de un agujero, o un lazo podría rodear más de una vez a la

cuña y encerrar varios agujeros al mismo tiempo. Podemos definir una operación de concatenación de dos lazos a y b definiendo el nuevo lazo ab recorriendo primero el lazo a y después el lazo b . Dicho lazo ab tendría por punto inicial y final de nuevo el punto que señala la cuña. Para simplificar podríamos considerar dos lazos como equivalentes si uno de ellos se puede deformar continuamente en el otro, manteniendo fijos los puntos inicial y final de la cuerda que es donde se encuentra la cuña y al mismo tiempo pidiendo que la cuerda permanezca sobre la superficie durante toda la deformación. Podríamos definir el inverso de un lazo como el mismo lazo pero recorrido en sentido contrario. Se puede probar que lo que se obtiene al definir el producto de clases de equivalencia de lazos del modo anterior, es un grupo, y se conoce como el grupo fundamental asociado a la superficie S . En este caso la clase de equivalencia del lazo que consiste en un solo punto (el punto donde se encuentra la cuña) es la identidad del grupo.

En lo que resta de este artículo se formalizan estas ideas y se analizan algunas de las propiedades más importantes del grupo fundamental.

Puede probarse además que dos espacios que son homeomorfos tienen grupos fundamentales isomorfos. Y la condición de conexidad simple es precisamente la condición de que el grupo fundamental de X sea el grupo trivial (el grupo con un solo elemento).

Excelentes referencias para conceptos introductorios de topología algebraica como homotopía y grupo fundamental son [5] y [6].

A continuación se construirá el grupo fundamental de un espacio topológico X .

Homotopía de caminos

Si X es un espacio topológico, I es el intervalo cerrado $[0, 1]$ y $\alpha: I \rightarrow X$ una aplicación continua, entonces llamaremos α a un camino. Si además $\alpha(0) = \alpha(1) = x_0$ entonces le llamaremos lazo basado en x_0 . Además $\tau, \sigma: I \rightarrow X$ si son caminos tales que:

$$\begin{aligned} \alpha(0) &= \tau(0) = x_0 \\ \alpha(1) &= \tau(1) = x_1 \end{aligned} \quad (1)$$

se dirá que τ y σ son homotópas relativas al $\{0, 1\}$ (se denota esto por $\sigma \simeq_{rel\{0,1\}} \tau$) si existe una aplicación continua $F: I \times I \rightarrow X$ tal que para cualquier $s, t \in I$ se cumple:

$$\begin{aligned} F(s, 0) &= \sigma(s) \\ F(s, 1) &= \tau(s) \\ F(0, t) &= x_0 \\ F(1, t) &= x_1 \end{aligned} \quad (2)$$

Lo cual significa que se puede deformar continuamente un camino en el otro dejando fijos sus puntos extremos. Se llama a F una homotopía de σ a τ y se le denota por $F: \sigma \simeq_{rel\{0,1\}} \tau$.

Se puede interpretar la definición de homotopía F entre caminos de la siguiente manera. Para cada t fijo se tiene una función $F_t: I \rightarrow X$, y así al variar t en I se obtiene una familia de caminos que "varía



continuamente" respecto al parámetro t . En la figura 1 se ilustran algunos de los caminos F_t .

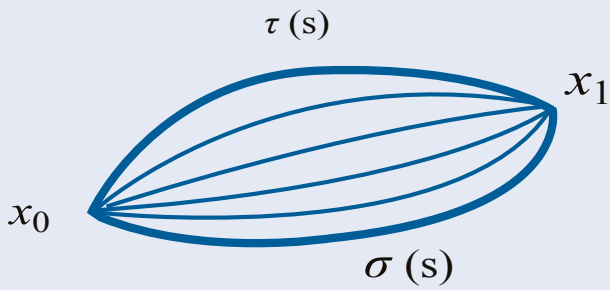


Figura 1. Homotopía de σ a τ .

Proposición 1. La relación $\simeq_{rel\{0,1\}}$ es una relación de equivalencia.

La demostración de esta proposición puede ser encontrada en [5] en la página 119.

Multiplicación de caminos

Si $\sigma, \tau: I \rightarrow X$ son caminos en X tal que el punto inicial de σ es $\sigma(0) = x_0$, $\sigma(1) = \tau(0) = x_1$, $\tau(1) = x_2$. Se define el nuevo camino producto $\sigma\tau$ recorriendo el camino σ seguido del camino τ , ambos recorridos al doble de la velocidad original, lo cual es descrito explícitamente por la siguiente fórmula:

$$\sigma\tau(t) = \begin{cases} \sigma(2t), & \text{si } 0 \leq t \leq \frac{1}{2} \\ \tau(2t - 1), & \text{si } \frac{1}{2} \leq t \leq 1 \end{cases} \quad (3)$$

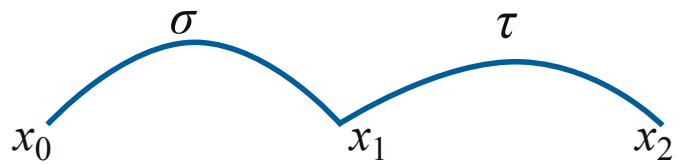


Figura 2. Multiplicación de σ y τ .

La siguiente proposición muestra que la multiplicación de caminos es compatible con la relación de equivalencia entre caminos.

Proposición 2. Si $F: \sigma \simeq_{rel\{0,1\}} \sigma'$ y $G: \tau \simeq_{rel\{0,1\}} \tau'$ entonces $\sigma\tau \simeq_{rel\{0,1\}} \sigma'\tau'$.

La demostración de esta proposición puede ser encontrada en la página 126 de [5].

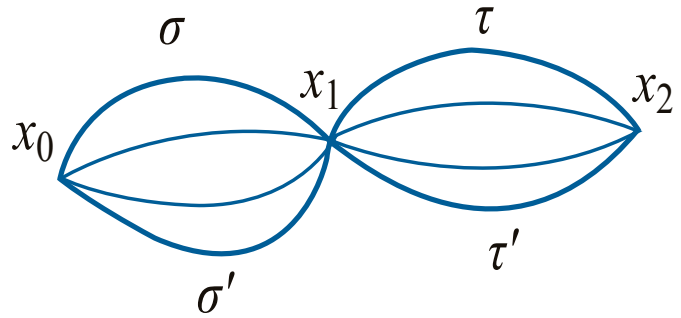


Figura 3. Homotopía de $\sigma\tau$ a $\sigma'\tau'$.

Se presenta a continuación el resultado más importante de este artículo.

Teorema 1. Sea $\pi(X, x_0)$ el conjunto de las clases de homotopía de lazos en X con punto base X_0 , con la multiplicación de clases definida por:

$$[\sigma][\tau] = [\sigma\tau] \quad (4)$$

$\pi(X, x_0)$ es un grupo con elemento neutro $[\varepsilon_{x_0}]$, y el inverso de $[\sigma]$ es $[\sigma^{-1}]$, donde ε_{x_0} es el camino constante en x_0 y $\sigma^{-1}(s) = \sigma(1 - s)$.

$\pi(X, x_0)$ A se le llama el grupo fundamental de X en x_0 .

Es común denotar al grupo fundamental de un espacio X basado en un punto x_0 por $\pi_1(X, x_0)$, sin embargo, por simplicidad se omite el subíndice 1 que aparece debajo de la letra π .

Demostración. La demostración completa de este teorema se puede encontrar en [5] en la página 129. Sólo se comprobará que $[\sigma]^{-1} = [\sigma^{-1}]$. Para ello, se demostrará primero que $[\sigma][\sigma^{-1}] = [\varepsilon_{x_0}]$. Para cada $t_0 \in [0, 1]$ fijo, se definió la trayectoria $F(s, t_0)$ que se deduce de la figura 4.

$$F(s, t_0) = \begin{cases} \sigma(2s), & \text{si } 0 \leq s \leq \frac{t_0}{2} \\ \sigma(t_0), & \text{si } \frac{t_0}{2} \leq s \leq \frac{2-t_0}{2} \\ \sigma^{-1}(2s-1), & \text{si } \frac{2-t_0}{2} \leq s \leq 1 \end{cases} \quad (5)$$

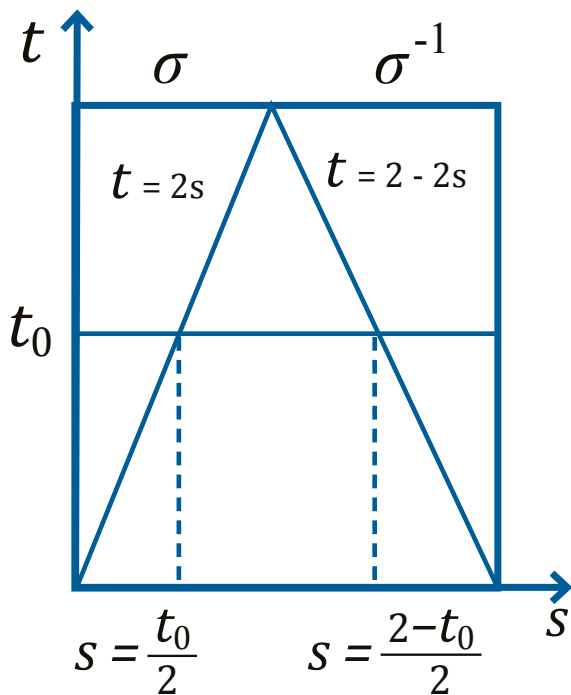


Figura 4. Inverso.

Al variar s y t en I se obtiene la función $F: I \times I \rightarrow X$

$$F(s, t) = \begin{cases} \sigma(2s), & \text{si } 0 \leq s \leq \frac{t}{2} \\ \sigma(t), & \text{si } \frac{t}{2} \leq s \leq \frac{2-t}{2} \\ \sigma^{-1}(2s-1), & \text{si } \frac{2-t}{2} \leq s \leq 1 \end{cases} \quad (6)$$

F está bien definida pues:

$$\sigma\left(2\left(\frac{t}{2}\right)\right) = \sigma(t) \quad (7)$$

$$\sigma^{-1}\left(2\left(\frac{2-t}{2}\right)-1\right) = \sigma^{-1}(1-t) = \sigma(t)$$

F es continua por el lema del pegado (el cual se puede consultar en [5] como el lema 12.2 en la página 100). F es una homotopía de ε_{x_0} a $\sigma\sigma^{-1}$ como se comprueba a continuación:

$$F(s, 0) = \sigma(0) = \varepsilon_{x_0}(s)$$

$$F(s, 1) = \begin{cases} \sigma(2s), & \text{si } 0 \leq s \leq \frac{1}{2} \\ \sigma^{-1}(2s-1), & \text{si } \frac{1}{2} \leq s \leq 1 \end{cases} = \sigma\sigma^{-1}(s) \quad (8)$$

$$F(0, t) = \sigma(0) = x_0 \text{ y } F(1, t) = \sigma^{-1}(1) = x_0$$

Entonces $[\varepsilon_{x_0}] = [\sigma\sigma^{-1}]$, análogamente $[\varepsilon_{x_0}] = [\sigma^{-1}\sigma]$ y se concluye que $[\sigma]^{-1} = [\sigma^{-1}]$.

Efectos de una aplicación continua sobre $\pi(X, x_0)$





Se verá ahora el efecto que tiene una aplicación continua entre espacios topológicos sobre los grupos fundamentales. Suponga que $\varphi: X \rightarrow Y$ es una aplicación continua, entonces se cumplen las siguientes afirmaciones:

- 1) Si f es un camino en X entonces $\varphi \circ f$ es un camino en Y ,
 - 2) Si $f \simeq_{rel\{0,1\}} g$, entonces $\varphi \circ f \simeq_{rel\{0,1\}} \varphi \circ g$,
 - 3) Si f es un lazo en X con punto base $x \in X$, entonces $\varphi \circ f$ es un lazo en Y con punto base $\varphi(x)$.
- Se define ahora:

$$\varphi_* : \pi(X, x) \rightarrow \pi(Y, \varphi(x)) \quad (9)$$

dada por $\varphi_*[f] = [\varphi f]$. La cual por las afirmaciones anteriores está bien definida.

Proposición 3. La aplicación $\varphi_* : \pi(X, x) \rightarrow \pi(Y, \varphi(x))$ es un homomorfismo de grupos, el cual se llama el homomorfismo inducido por φ .

La demostración de esta proposición se puede encontrar en [5] en la página 136.

Para enunciar el siguiente teorema se necesita definir el concepto de homotopía entre funciones. Se dice que dos funciones f y g de Y en X son homótopas si existe una aplicación continua $F: Y \times I \rightarrow X$ tal que para cualquier $y \in Y$ se cumple:

$$\begin{aligned} F(y, 0) &= f(y) \\ F(y, 1) &= g(y) \end{aligned}$$

Además, si y_0 es un punto en Y y $F(y_0, t) = f(y_0) = g(y_0)$ para todo t en I , entonces diremos que f y g son homótopas

relativas a y_0 . Y será denotado por $f \simeq_{rel\{x\}} g$.

Teorema 2.

- 1) Si $\varphi: X \rightarrow Y$ y $\psi: Y \rightarrow Z$ son aplicaciones continuas, entonces:

$$(\psi \circ \varphi)_* = \psi_* \circ \varphi_*$$

- 2) Si $1: X \rightarrow X$ es la identidad en X , entonces 1_* es el homomorfismo identidad de $\pi(X, x)$.
- 3) Si $\varphi \simeq_{rel\{x\}} \psi$, entonces $\varphi_* = \psi_* : \pi(X, x) \rightarrow \pi(Y, \varphi(x))$; es decir, los homomorfismos inducidos son el mismo.

Las propiedades 1) y 2) del teorema 2 son fundamentales y significan que π es un funtor, mientras que la propiedad 3) establece la invarianza bajo homotopía. En consecuencia, al aplicar π a un diagrama conmutativo en la categoría de espacios topológicos, será "transformado" en un diagrama conmutativo que se verá idéntico al diagrama original pero ahora en la categoría de grupos.

Corolario 1. Sea $\phi: X \rightarrow Y$ un homeomorfismo, entonces $\phi_* : \pi(X, x) \rightarrow \pi(Y, \phi(x))$ es un isomorfismo.

El siguiente resultado muestra que si el espacio X es conexo por caminos, entonces su grupo fundamental es esencialmente independiente de la elección del punto base.

Teorema 3. Si X es un espacio conexo por caminos entonces $\pi(X, x)$ y $\pi(X, y)$ son grupos isomorfos para todo par de puntos $x, y \in X$, donde un isomorfismo se define de la siguiente manera: se considera cualquier trayectoria f de x a y , entonces a la clase del camino σ en $\pi(X, x)$ se le asocia

la clase del caminado por el producto $f^{-1}\sigma f$.

Dado que ya se ha definido formalmente qué significa que dos funciones sean homótopas, ya se está en condiciones de precisar qué significa que dos espacios topológicos X y Y son homotópicamente equivalentes. Como se mencionó en la introducción, esto ocurre si existe una función f de X en Y que tiene una inversa homótota g . Esto es, si $f \circ g$ es homótota a la identidad en Y , y $f \circ g$ es homótota a la identidad en X .

El siguiente resultado muestra la relación que existe entre los homomorfismos inducidos por una equivalencia homotópica entre espacios topológicos.

Teorema 4. Si $\phi: X \rightarrow Y$ es una equivalencia homotópica, $\phi_*: \pi(X, x) \rightarrow \pi(Y, \phi(x))$ es un isomorfismo para todo $x \in X$.

Esta demostración se encuentra en [5] en la página 139.

Definición 4. Un espacio topológico es simplemente conexo si es conexo por caminos y $\pi(X, x) = \{1\}$ para todo $x \in X$.

Se dice que un espacio X es contraíble si X es homotópicamente equivalente a un punto.

Corolario 2. Todo espacio contraíble es simplemente conexo.

Por ejemplo, la esfera de dimensión dos es un espacio simplemente conexo, sin embargo, no es un espacio contraíble.

El grupo fundamental del círculo

Ahora vea intuitivamente que el grupo fundamental de la circunferencia S^1 es el grupo cíclico infinito \mathbb{Z} : un lazo f en la circunferencia S^1 en el plano complejo centrada en cero, con punto base en 1 da un cierto número de vueltas alrededor de la circunferencia, por ejemplo si se considera la circunferencia unitaria centrada en el origen del plano complejo, entonces la función $f(t) = e^{2\pi i n t}$ es tal que f "enrolla" n veces el intervalo I en la circunferencia S^1 en sentido contrario a las manecillas del reloj, es decir, si se empieza en $f(0)$ y se considera $f(t)$ cuando t crece, por cada vuelta dada a la circunferencia en sentido contrario a las manecillas del reloj se anota un tanto positivo, y por cada vuelta dada en sentido de las manecillas del reloj se anota un tanto negativo. La suma de los tantos anotados es el número de vueltas o grado de f . Así pues, a cada camino cerrado f con punto base $1 \in S^1$ se le asocia un entero. Lo anterior nos permite establecer la siguiente relación de equivalencia: dos lazos son equivalentes (homotópicos relativos al $\{0,1\}$), si y sólo si, tienen el mismo grado. Por último, para cada entero existe un lazo que da vueltas en la circunferencia, precisamente el dado por la función f descrita anteriormente. La demostración completa se puede encontrar en [5] a partir de la página 135.

Como un comentario final, las herramientas desarrolladas en este artículo se aplican para dar demostraciones alternativas de teoremas clásicos en las matemáticas, como el teorema fundamental del álgebra, y

en el teorema de punto fijo de Brouwer ([5], páginas 140 y 141). Asimismo, el grupo fundamental es una herramienta básica en el estudio de las variedades de dimensiones bajas y en la teoría de nudos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) J.L Cisneros, G. Hinojosa, C. Robles, "El Teorema de Borsuk-Ulam", Cubo Matemática Educacional, Vol. 3, No. 2, 2001.
- 2) J. R. Munkres, Topología, Pearson Educación, S.A. Madrid, 2a Edición, 2002.
- 3) F. Casarrubias, A. Tamariz, "Elementos de Topología General", Aportaciones Matemáticas, 1ª. Edición, 2012.
- 4) J. Dugundji, "Topology", Allyn and Bacon, Inc., 1966.
- 5) C. Kosniowski, A first course in algebraic topology, Cambridge University Press, 1980.
- 6) W. S. Massey, "Algebraic Topology: An Introduction", Springer, 1990.



LA FÍSICA LLEVADA AL LÍMITE

EDUARDO VERDÍN LÓPEZ*

RESUMEN

En este escrito se trata de dar una visión de los temas que revolucionaron la física de los inicios del siglo pasado, antes de que las aplicaciones tecnológicas se tornaran prioritarias. El enfoque es el de resaltar la audacia de estos forjadores de nuestro presente y su valentía al imponer, sin miedo al ridículo, lo que ellos creían que era verdad. Sus ideas visionarias utilizando conceptos increíbles fueron realmente de ficción. Con esto, se les quiere rendir un homenaje habiendo transcurrido 100 años de estos sucesos.

Palabras clave: Relatividad, superconductividad, mecánica cuántica.

ABSTRACT

This paper is an overview of the issues that revolutionized physics of the early last century, before technological applications became a priority. This approach is to highlight the audacity of these forgers of our present and courage to impose, without fear of ridicule, which they believed was true. Their visionary ideas using amazing concepts were really fictional. With this article, we want to pay tribute to them having 100 years of these events passed.

Keywords: Relativity, superconductivity, quantum mechanics.

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

*Autor para correspondencia: DR. Eduardo Verdín López
Correo electrónico: everdin@correo.fisica.uson.mx
Recibido: 3 de marzo de 2015
Aceptado: 30 de noviembre de 2015
ISSN: 2007-4530

UNA APORTACIÓN DEL SIGLO XX

A fines del siglo XIX, el modelo clásico se nota agotado y caduco, la mecánica clásica se ha desarrollado totalmente, los avances últimos se limitan a los estudios de Hamilton y de Lagrange; con el fin de encontrar la solución de problemas más complejos que la segunda ley de Newton no podía resolver, se desarrolla la termodinámica clásica con las aportaciones de Maxwell, Boltzmann y Gay Lussac, la electrodinámica se sintetiza en las leyes de Maxwell, los pilares de la física son robustecidos y apuntalados, se siguen produciendo aportaciones menores a éstas, pero no se dan avances substanciales o trascendentes. La física experimental es la que avanza, aportando elementos para las visiones teóricas, la solución de la radiación de cuerpo negro de Planck, el descubrimiento del electrón por Thomson, plantea nuevos retos que clásicamente no tienen solución, las hipótesis se vuelven atrevidas. En este contexto de principios del siglo XX, los científicos rompen los lazos que los atan llevando sus investigaciones más allá de lo conocido, los científicos se sienten encajonados y buscan expandirse, fuera de los límites donde estaban encerradas la mecánica clásica, la electrodinámica y la termodinámica.

LA VELOCIDAD SE QUEDA ATRÁS

Uno de los primeros en traspasar lo clásico es Albert Einstein, en 1905, rompe los límites de la velocidad y del tiempo con su teoría de la relatividad, *en la cual espacio y tiempo se enlazan*.

Ese mismo año, estando aún en Berna (Figuras 1 y 2), Einstein publica cuatro artículos en la revista *Annalen der Physik*, uno explicando el efecto fotoeléctrico, en el que se atreve a decir que la luz *estaba compuesta de partículas de energía*, otro acerca del movimiento browniano, el tercero sobre la *electrodinámica de los cuerpos en movimiento*, mejor conocida como la Teoría de la Relatividad Especial,

y el cuarto con el título de: “¿La inercia de un cuerpo es dependiente de la energía que contiene?”, en el que aparece por primera vez una de las ecuaciones más conocidas del mundo $E=mc^2$.



Figura 1. Las escaleras que llevan al estudio de Einstein en Berna.



Figura 2. Escritorio usado por Einstein en su casa de Berna.





ANTECEDENTES RELATIVOS

Antes de hacer referencia al tercer artículo de Einstein, es necesario repasar algunos conceptos interesantes que demostraban la desesperación de los físicos de fines del siglo XIX por unificar la física de ese tiempo.

Si bien la física clásica estaba completa y probada, había un problema de “completes” entre la mecánica y la electrodinámica, las transformaciones de coordenadas Newton-galileanas entre sistemas inerciales no eran satisfechas por las ecuaciones de Maxwell. Y es que, como no se concebía que la luz se pudiera propagar en el vacío, ésta, clásicamente debería de tener un medio para su existencia, es decir para propagarse como lo hacían todos los movimientos ondulatorios conocidos. Para hacer congruentes con los conceptos clásicos newtonianos, postulan el concepto del ÉTER como el medio que permitía la propagación de las ondas electromagnéticas. A dicho medio se le asignaron propiedades caprichosas para poderlo adaptar a los requisitos electromagnéticos. Entre otras propiedades había una sumamente importante, no permitía la RELATIVIDAD ya que, como el universo estaba inmerso en este éter, esto lo convertía en un sistema *absoluto de referencia*. Los esfuerzos experimentales para mostrar su existencia, prepararon el camino para la aceptación de la teoría de la relatividad einsteiniana. Surgieron por todos lados experimentos para medir el éter, pero los más importantes y confiables fueron los de Fizeu en 1851 y el de Michelson-Morley en 1887 (por esta investigación se le dio a Michelson el premio Nobel de Física en 1907, primer norteamericano en recibir tal distinción), demostraron que no existe el ÉTER, por lo tanto no hay un sistema absoluto universal, y por ende las leyes de la electrodinámica son correctas y no requieren modificación [1], y las ondas electromagnéticas son independientes de la fuente y del observador, por lo que la luz siguió siendo el único medio por el que se puede transmitir información en el espacio vacío.

Einstein basa su teoría del movimiento en dos postulados:

1. Las leyes físicas se pueden expresar mediante ecuaciones que tienen la misma forma en todos los sistemas de referencia que se mueven a velocidad constante unos con respecto a otros (la relatividad).



2. La velocidad de la luz en el espacio libre tiene el mismo valor para todos los observadores independiente de su estado de movimiento (esto incorpora al tiempo como un nueva coordenada espacial).

Con estos postulados, Einstein rompe con la hegemonía galileana de los relojes, al postular que la velocidad de la luz (c) es constante, y además se atreve a tomarla como un límite para las velocidades, con esto, construye la cinemática, con el tiempo incorporado como una coordenada espacial adicional igual a ct . Los resultados de tales principios hacen cotidiano hablar de dilatación del tiempo, contracción de las longitudes, y especular con gemelos viajeros intergalácticos [2, 3], añadiendo nuevos elementos a la ciencia ficción, de acuerdo a los predecesores Julio Verne y Herbert George Wells, más conocido como H.G. Wells.

Se alcanza un nuevo punto de vista de la física, al desear viajar a velocidades cercanas a la de la luz y sus múltiples efectos [2].

EL FRÍO EXTREMO

El siguiente límite que aporta resultados trascendentes, es cuando se logra alcanzar la temperatura extrema cercana al cero absoluto y sus consecuencias, en ese momento el límite bajo era de 1.1 K.

La carrera por alcanzar las temperaturas más bajas del planeta comienza en 1823 con la licuefacción del cloro por Michael Faraday en Londres; para fines del siglo XIX se había hecho una gran competencia entre los investigadores para lograr licuar la mayoría de los gases, y por marzo de 1883, en Cracovia, el oxígeno y el nitrógeno (77 K) se anotan, pero se resistían el hidrógeno y el helio; por fin en 1898, James Dewar anuncia haber obtenido

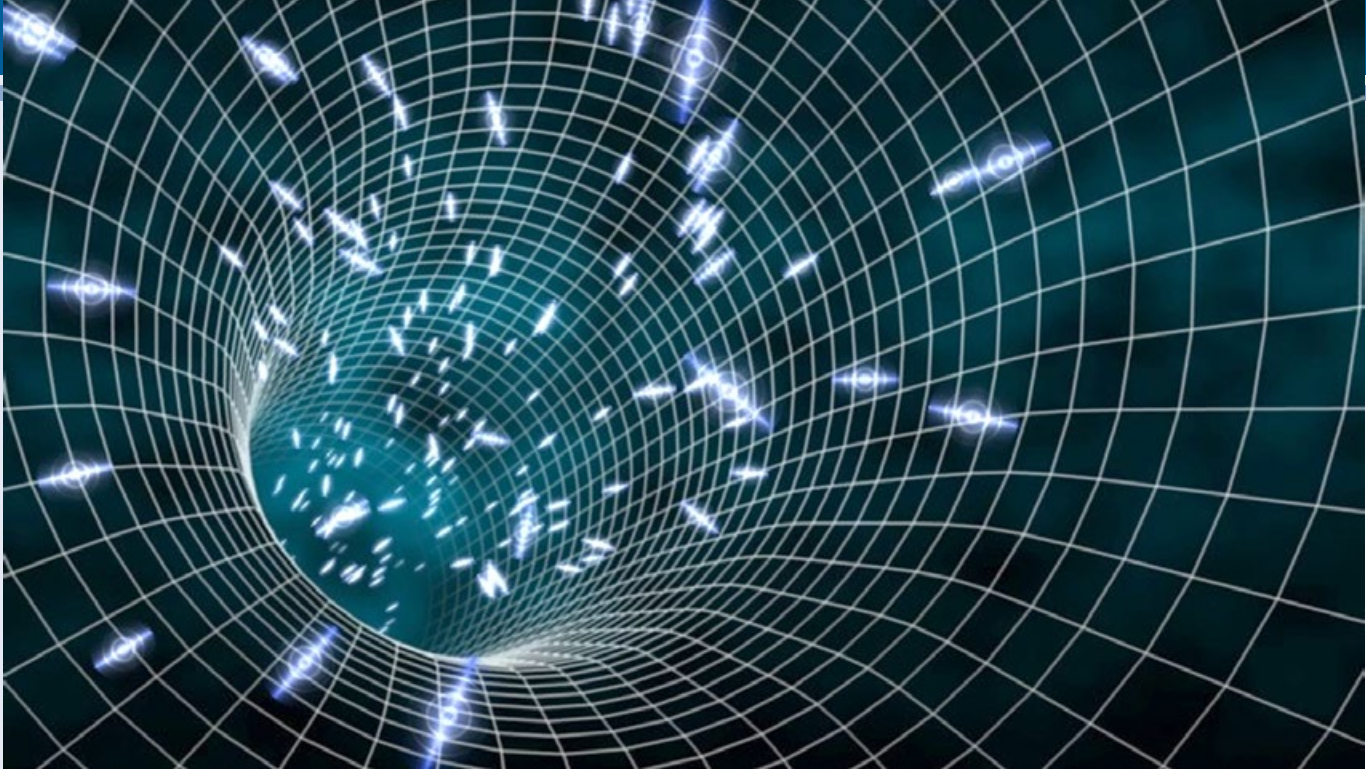
el hidrógeno líquido y después de unas correcciones, establece su temperatura en 20.28 K (-252.87 °C). Ya sólo el helio faltaba [4].

El interés por licuar los gases iba emparentado con la medición de la resistencia de los metales puros, que en principio mostraban una linealidad creciente con la temperatura, lo que los hacía candidatos a ser unos termómetros de medición a bajas temperaturas, sin los problemas de los termómetros de gas. A este respecto en la primera década del siglo XX había tres posibles teorías, todas ellas empíricas. Dewar estaba convencido de que la resistencia se iría a cero cuando la temperatura alcanzara el cero absoluto. Lord Kelvin decía que los electrones a muy baja temperatura se congelaban lo que impedía su flujo, reflejándose por un aumento de la resistencia. Matthiessen por su parte citaba que la resistencia a una cierta temperatura baja, se mantenía constante formando una meseta en R-T, pero no lo hacía a un valor de 0 K [4].

En la búsqueda de una confirmación, Heike Kamerlingh Onnes en 1908, logra la licuefacción del último gas que se resistía a este tratamiento, el helio, el termómetro marcaba 4.2 K es decir -269 °C, y con solo bajar la presión del contenedor, logra 1.1 K.

TEMPERATURA SUFICIENTE PARA PROBAR LAS TEORÍAS

En esas fechas el personal que trabajaba en el laboratorio de Onnes en Leiden, Holanda, era el más capacitado del mundo. Pero aún así, invirtieron tres años en lograr obtener un recipiente que pudiera mantener el helio en forma líquida para su almacenamiento, transportación e instrumentación, ya eliminado ese obstáculo, medir la



resistencia de los metales en función de la temperatura no fue un gran problema para ellos, pero las medidas en el oro y el platino contradecían lo predicho por las teorías, ya que se desviaban de la recta esperada, hecho que se le atribuyó a impurezas.

Para evitar el problema de las impurezas, Onnes se decide por el mercurio, que es más fácil de purificar. El experimento se inicia el 8 de abril de 1911 a las 7:00 horas, el comportamiento de la resistencia del mercurio era como se esperaba, cuando, a las 16:00 horas en el momento que el termómetro marcaba 4.2 K, sorpresivamente la resistencia pasó de 2×10^{-3} a $1 \times 10^{-6} \Omega$, es decir, una millonésima parte de un ohm (Figura 3).

¡En décimas de Kelvin la resistencia se desploma a cero!

A primera impresión pensaron en falsos contactos o errores en la instrumentación, pero casualmente, por una distracción, la temperatura se elevó y la resistencia retornó, ya no había duda.

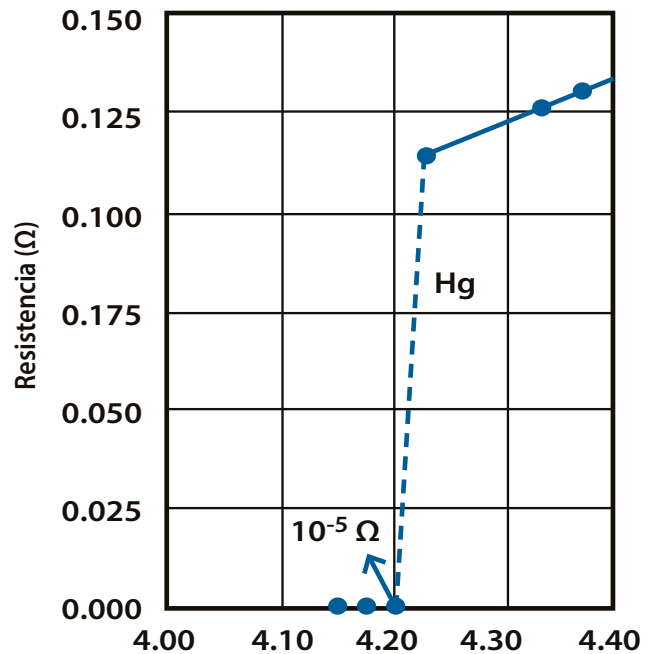
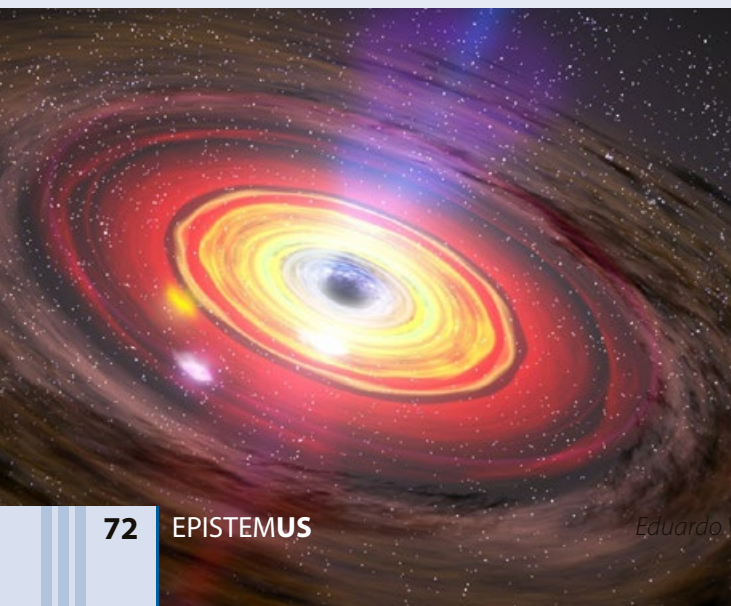


Figura 3. La primera medición que registra el estado superconductor, realizada por H. K. Onnes en 1911 en su laboratorio de Leiden, Holanda.

Al efecto observado, Onnes le llamó "supraconductividad", pero después la comunidad científica, se refirió a este fenómeno como "superconductividad". Una vez más, una visita a un punto extremo, mostró un secreto celosamente guardado e impredecible, se estaba ante un nuevo reto "un material con resistencia cero" lo que abría un mundo de posibilidades.



El laboratorio de bajas temperaturas de Leiden tuvo la exclusividad del helio por casi 20 años y eso permitió al grupo de Onnes encontrar las múltiples propiedades adicionales como corolario de la resistencia cero.

LEIDEN vs BERLÍN

Pasaron 22 años para que se descubriera la segunda característica de la superconductividad, pero igual de definitiva; eso se dio en Berlín, pues en ese tiempo la física se hacía en Europa.

Por 1930, se pensaba que la única propiedad esencial de un superconductor era su resistencia cero (es decir conductividad infinita), pero el grupo de Leiden había descubierto que si se aumentaba la corriente a un superconductor, al llegar a un cierto valor crítico de corriente, se restablecía el estado normal. En cuanto a sus propiedades magnéticas, Onnes había llegado a la conclusión de que a un cierto campo magnético H_c la superconductividad igualmente desaparecía. Estos hechos se veían como accidentales a pesar de que podía inducir corrientes eternas y manifestarse como un salto en el calor específico revelación de un calor latente. Problemas de irreversibilidad se presentaban al considerar que el superconductor se comportaba como un conductor perfecto, al cual, teóricamente, cuando se le aplicaba un campo magnético no penetraba al material cuando se le llevaba a temperaturas por debajo de la crítica superconductor (T_c). En la figura 4 se muestra la importancia de los caminos seguidos al incorporar un campo magnético y llevarlo al estado superconductor, primero se somete a un campo magnético abajo del crítico y después se lleva a $T < T_c$; se observó que el campo no sufría ningún cambio; cuando llevaban el campo a cero, éste se quedaba atrapado, no era un proceso reversible.

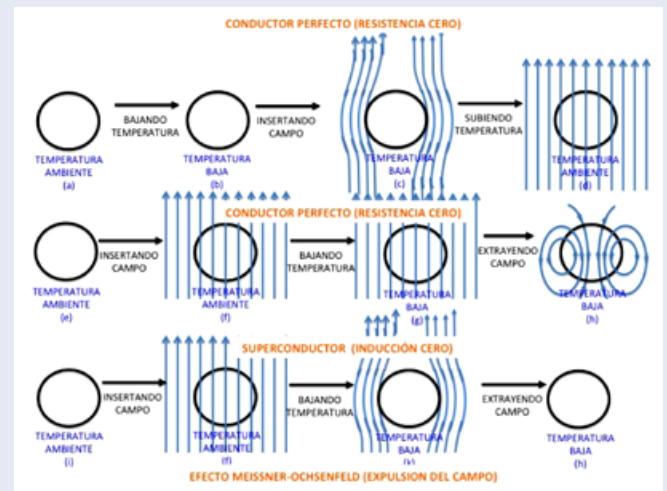
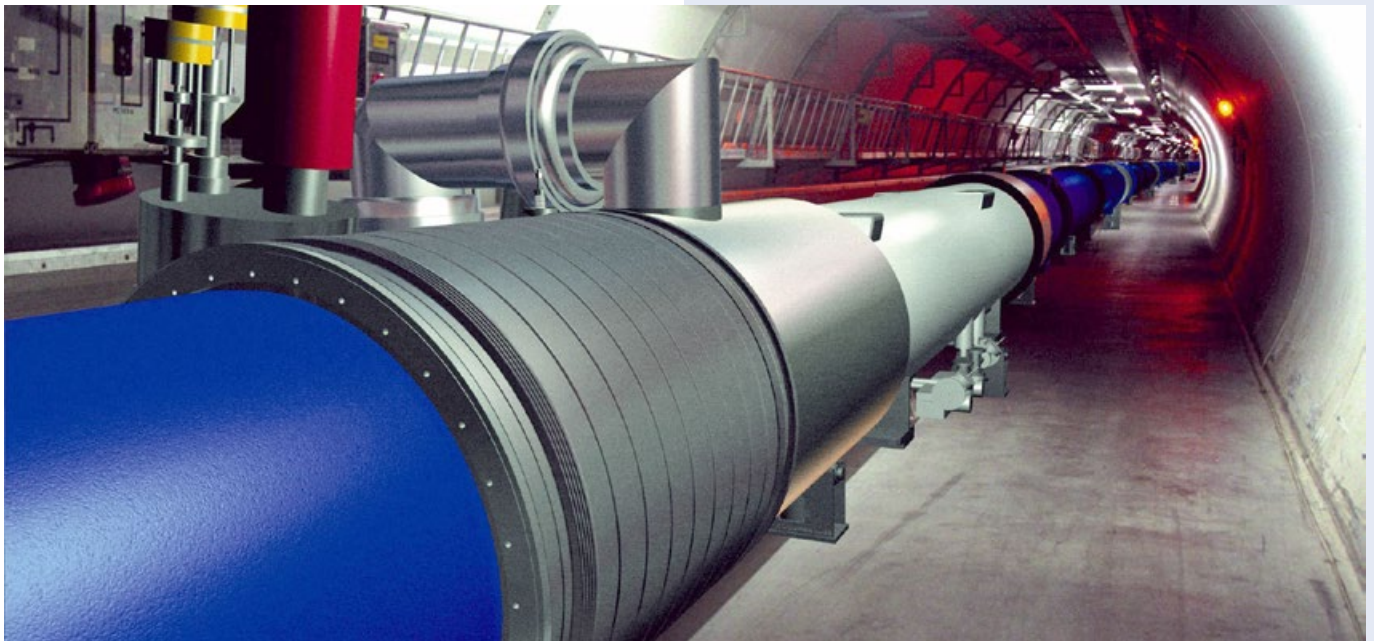


Figura 4. Representación del comportamiento de un campo magnético con respecto a la temperatura. De la (a) a la (h) para un conductor perfecto (ideal) y de la (j) a la (l) el comportamiento real de un superconductor con la expulsión del campo.

El grupo de Hass, del laboratorio de Leiden al que perteneció Onnes (éste muere en 1926) y el grupo de von Laue de Berlín, Alemania, competían por dar una explicación de tal proceso; creían que la explicación estaba en la conexión entre la corriente suministrada al superconductor expuesto a campos magnéticos. Cada uno competía en hipótesis, pero siempre se imponía el concepto clásico de las ecuaciones de Maxwell.

En ese proceso de indefinición se encontraban, cuando Meissner como principal colaborador de von Laue, ideó un experimento a partir de cilindros de plomo



($T_c = 7.2 \text{ K}$), colocados paralelos y sometiéndolos a un campo magnético perpendicular a los ejes de éstos; para medir los cambios inducidos, él usaba una bobina sensor conectada a un galvanómetro balístico que le servía para medir las variaciones del campo al llevarlos por debajo de T_c . Después de muchas mediciones, Meissner y Ochsenfeld concluyeron que cuando el campo está en el interior del plomo, en el momento de la transición, el campo magnético es expulsado del interior, es decir, se hace diamagnético ($B = 0$). En plena contradicción del comportamiento teórico de un conductor perfecto, por lo que se atreven a decir que se está ante una propiedad exclusiva de los superconductores. Dichos autores publican en noviembre de 1933, un comunicado muy escueto en la revista "Die Naturwissenschaften" con el nombre "Ein neuer Effekt bei Eintritt der Supraleitfähigkeit" (Un nuevo efecto relativo al punto donde se desploma la resistencia en un superconductor) [4]. A partir de esto, al efecto de expulsión de un campo magnético dentro de un superconductor, se le conoce como *efecto Meissner – Ochsenfeld* (erróneamente, se familiarizó como atribuido sólo a Meissner) y es el causante de las sorprendentes interacciones magnéticas a partir de los superconductores, como una muestra de las posibles aplicaciones del efecto Meissner (Figura 5).

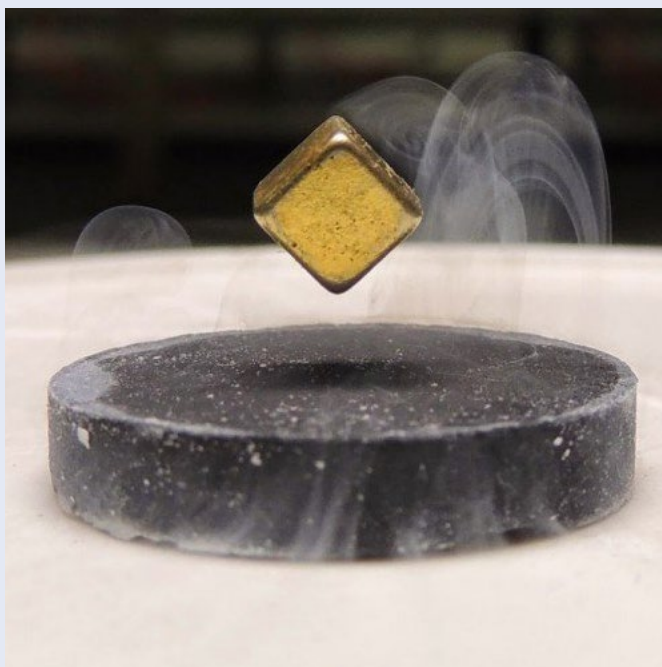


Figura 5. Levitación de un imán por la acción de un superconductor, una de las principales manifestaciones del efecto Meissner-Ochsenfeld.

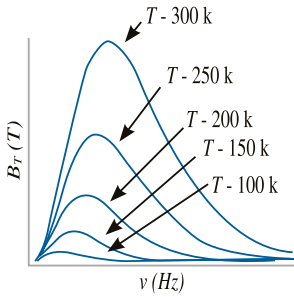
El fenómeno de la superconductividad, fascinante, esperanzador, polémico, surge como otro paso de toda una serie de sucesos relevantes que llenan la primera mitad del siglo veinte.

NO TODO ES MANZANA

La existencia del electrón, descubierto en 1897 por J. J. Thomson, abre las puertas del micromundo; aproximadamente tres años después sin nada aparentemente en contexto, surge el gran paso, la doctrina de los "cuantos", el 14 de diciembre de 1900, en la sala de reuniones de la Sociedad Física Alemana. El profesor titular de física Karl Ernest Ludwig Planck, expone ante sus colegas su informe "Contribución a la teoría de la ley de energía en el espectro normal", en éste se propone en forma oficial la constante de Planck $h = 6.62 \times 10^{-27}$ ergs. s (en las unidades originales) (Figura 6).

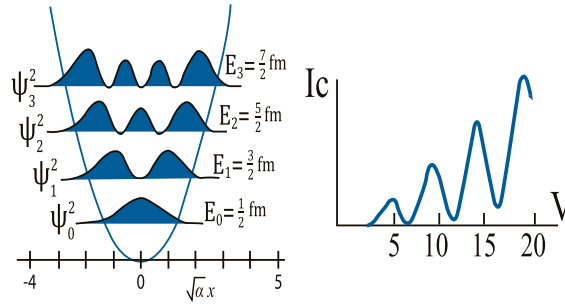
Con esta constante como única alternativa para explicar las peculiaridades de las emisiones de un cuerpo negro, Planck concluye con un proceso iniciado dos años antes, supuso que la energía de la radiación emitida es proporcional a su frecuencia $E = h\nu$, donde ν representa la frecuencia y h es una constante para homogenizar unidades (Joules-s); esto hasta cierto punto es normal, pero lo realmente grandioso ese día, fue establecer que la radiación emitida por el cuerpo negro no se emite en forma continua sino que lo hace en "cuantos" cuya magnitud es precisamente $E=h\nu$, es decir, la solución no es una función continua. Sólo con esta hipótesis se lograba obtener el comportamiento correcto para la descripción del espectro de radiación de dicho cuerpo negro (Figura 6); con esto Planck rompió toda la armonía lógica de la física clásica. Una nueva ley natural se había descubierto, nacía la doctrina cuántica, con una simple hache [2, 6]. Todavía faltaban 27 años para consolidar la nueva mecánica.

LA RADIACION DE UN CUERPO NEGRO SE DESCRIBE POR:



$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

LA ENERGIA ESTA CUANTIZADA



En la primera imagen se observa la cuantización de energía en la función de onda, la segunda imagen se observan los resultados gráficos del experimento Frank - Hertz que prueban la cuantización de la energía

Figura 6. Los resultados de Planck en la radiación de cuerpo negro y la aparición de su constante. Confirmación experimental de su hipótesis.

La calidad de las mentes en ese tiempo eran de gran luminosidad y en 1905 el gran Einstein retoma la propuesta y explica el efecto fotoeléctrico [2]. En esos mismos años dorados, el 7 de marzo de 1911, Rutherford propone a la Sociedad Filosófica de Manchester en su exposición: "Difusión de los rayos α y β y la estructura del átomo", que el átomo está compuesto de un núcleo central y de electrones que giran a su alrededor en semejanza a un sistema planetario, esto lo avalaba con sus múltiples mediciones de dispersión de partículas alfa, donde junto con él, Hans Geiger y Ernest Marsden contaron más de un millón de centellas (incidencias de partículas alfa en pantallas); el modelo aunque se podía avalar a partir de la mecánica clásica, no estaba de acuerdo con la teoría electromagnética, que dice que toda carga eléctrica acelerada irradia energía en forma de ondas electromagnéticas, esto, si se aplicaba, terminaría colapsando a los electrones en el núcleo [2, 6].

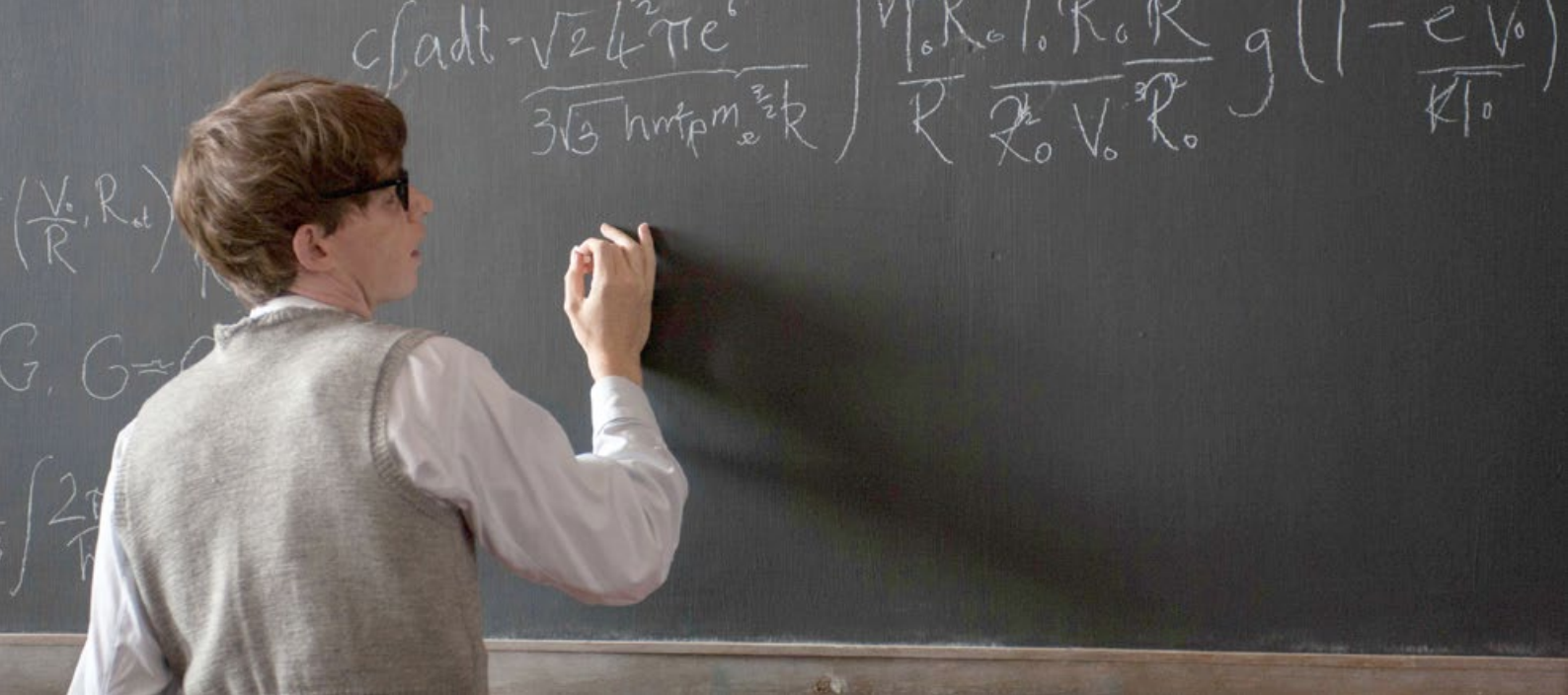


El inicio de la primavera de 1913, ayuda a Niels Bohr a resolver el acertijo (como él mismo describe), y lanza sus postulados que terminan completamente con los conceptos clásicos incluyendo la electrodinámica, cuantiza las órbitas y las emisiones luminosas de los átomos y las restringe a simples saltos cuánticos; un electrón desaparece en una órbita y aparece (no va) en otra, emitiendo o absorbiendo luz de acuerdo a la ecuación de Einstein $\Delta E = h\nu$, donde ΔE es la energía entre los niveles entre los cuales se realiza la transición [2]. Se había dado otro paso.

MECÁNICA ATÓMICA

En la primavera de 1925, llega a Copenhague el recién doctorado por Sommerfeld en la Universidad de Munich, Werner Karl Heisenberg, quien de





inmediato se involucra en los postulados de Bohr, líder del grupo de Copenhague en la *Københavns Universitets Institut for Teoretisk Fysik* (ahora Niels Bohr Institute), sobre todo en el problema principal ¿Cómo es la trayectoria del electrón al pasar de una órbita a otra?. Después de unos meses de estar pensando en ello, llega a la conclusión de que “no se puede trazar la trayectoria de los electrones en un átomo” y haciendo la analogía de un tablero de ajedrez infinito que representa el estado atómico con el electrón en la posición X_{nk} donde n (número de línea) representa el estado inicial y k (número de columna) el estado final, y en forma genérica se escribe: $\{X_{nk}\}$. Al discutir esta concepción con Bohr y Jordan, le comentaron que en matemáticas, a su representación se le conocía como una matriz y que tenía una serie de propiedades ya estudiadas, la correlación entre las propiedades de las matrices y su asociación al movimiento del electrón en el átomo, inicia lo que en ese tiempo llamaron *mecánica atómica* que después se renombró como *cuántica* [5]. Con la misma idea, creó las matrices de los momentos $\{P_{nk}\}$ y de la energía $\{E_{nk}\}$, pero las limitó a cumplir la relación:

$$\{X_{nk}\} \cdot \{P_{nk}\} - \{P_{nk}\} \cdot \{X_{nk}\} = i\hbar$$

lo que dio lugar posteriormente a su famoso principio de Incertidumbre:

$$\delta x \cdot \delta p \geq 1/2 \hbar$$

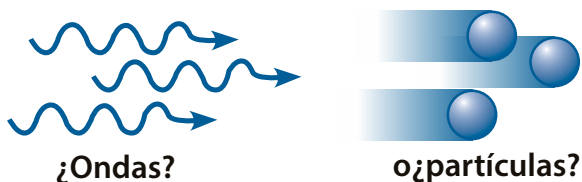
A la mecánica creada por Heisenberg y Bohr se le conoce como mecánica cuántica matricial y fue la primera teoría consecuente que explicaba la estabilidad de los electrones en el átomo, siempre reconociendo al electrón como una partícula.

Cuatro meses después se crea la otra mecánica cuántica, la ondulatoria. Sin duda uno de los principales impulsores fue Louis Víctor de Broglie. En 1923, Arthur Compton realizó su célebre experimento en el cual mostraba sin

lugar a dudas que las ondas electromagnéticas se comportan como partículas (cuantos) con energía $E = h\nu$; esto hacía que los científicos de esa época dijeran que en ciertas condiciones el rayo luminoso se comportaba como onda con la longitud λ y en otras como partícula con energía $E = h\nu$ [2]; la pregunta que surgía de esto era: ¿Qué es el rayo de luz, una onda o un flujo de partículas? Y de Broglie dice: no es “o” es “y”, el objeto atómico es “tanto onda como partícula” y emite su hipótesis: “la órbita electrónica es aquella en la que cabe un número entero de ondas electrónicas” (Figura 7). Lo anterior da lugar a la ecuación $2\pi r = n\lambda$ que de acuerdo al primer postulado de Bohr lleva a $mvr = n\hbar/2\pi$ y de aquí surge la longitud de onda electrónica:

$$\lambda = h/mv$$

un resultado realmente sencillo como el postulado de Planck y los de Bohr [6].



**"O" no, "Y" sí
de Broglie**

$$P = \frac{h}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{h}{P} \rightarrow \lambda = \frac{h}{mv}$$

Figura 7. La famosa ecuación debida a Louis Víctor de Broglie y su hipótesis de la dualidad onda-partícula.

Erwin Schrödinger a la edad de 35 años llega a la Universidad de Zürich, donde se discutían grandemente los últimos avances de los procesos atómicos; a fines de 1925 lee un artículo de Einstein donde menciona la hipótesis de Louis Víctor de Broglie sobre las ondas de materia y recordando la analogía óptica mecánica de Hamilton (ecuación eikonal de la óptica geométrica) la cual estaba limitada (Hamilton no la siguió pues no había la cantidad de información que se tenía en el tiempo de Schrödinger), por lo que él decide ampliarla a la óptica ondulatoria [6]. La hipótesis es que el movimiento de las partículas debe manifestar propiedades ondulatorias en la zona del espacio, cuyas dimensiones sean comparables con la longitud de onda de estas partículas. Al aplicarle los cambios que involucra la ecuación de Broglie, obtiene su famosa ecuación (Figura 8), y en enero de 1926 publica en la revista *Annalen der Physik* el artículo: *Quantisierung als Eigenwertproblem* (Cuantización como problema de autovalores), en el que desarrolla la ecuación que lleva su nombre.

Segunda derivada con respecto a x Función de onda de Schodinger

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - V) \Psi = 0$$

Posición Energía Energía potencial

Ψ : función de onda

m : masa del electrón

h : constante de planck

E : energía total del electrón (dependen de sus coordenadas x, y, z)

V : energía potencial del electrón (dependen de sus coordenadas x, y, z)



Figura 8. Erwin Schrödinger y su ecuación ondulatoria aplicada a la mecánica cuántica.

Había nacido la mecánica cuántica, por dos concepciones diferentes, la de Heisenberg o matricial, que se basa en que el electrón es una partícula, y la de Schrödinger basada en el movimiento de las ondas electrónicas. Algo insólito dos descripciones válidas; esto pronto se resolvió por el mismo Schrödinger en 1927, al demostrar que ambas mecánicas eran equivalentes matemáticamente [6], es decir, sólo había una mecánica: "la mecánica del átomo o mecánica cuántica".

La popularidad alcanzada por la ecuación de Schrödinger, deriva del de ser una ecuación diferencial de segundo orden ya muy estudiada en múltiples combinaciones.

La barrera de la manzana newtoniana había sido superada y ahora se podrían describir movimientos de partículas menores al átomo.

REFLEXIÓN

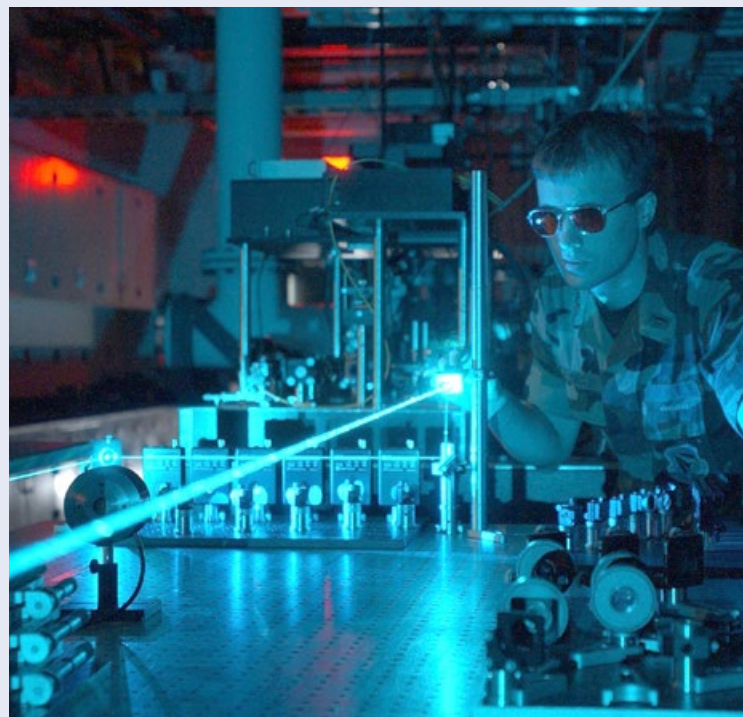
Esta recopilación es sobre una serie de descubrimientos revolucionarios que se caracterizaron por llevar a la física más allá de los límites clásicos y es en realidad una muestra de admiración para toda una centuria de actitud desafiante sobre la física al llevarla a sus límites.

¿QUÉ SE ESPERA DEL SIGLO XXI?

Al final del siglo XX, realmente lo sobresaliente fueron los avances tecnológicos, en parte como consecuencia de los hechos anteriores, si se siguiera la enseñanza de llevar las cosas al límite. El conocimiento en vías de consolidación, *equivalente a los conceptos revolucionarios de inicios de siglo*, se considera que no se encuentra en este planeta, sino que la respuesta está en el exterior, el entendimiento de algo tan vasto como el universo y su inmensa cantidad de preguntas, está en espera de una mente sobresaliente que no acepte lo convencional. ¿La Cosmología tendrá la respuesta?

BIBLIOGRAFÍA

- 1) R. Resnick. Introducción a la teoría de la relatividad. Limusa, México 1977 [2] A. Beiser. Conceptos de Física Moderna. McGraw Hill.1977.
- 3) R. Pérez Enríquez. La Relatividad y las paradojas usando GeoGebra, Ed. Universidad de Sonora. En prensa.
- 4) P. F. Dahl. Superconductivity: Its Historical Roots and Development from Mercury to the Ceramic Oxides. New York: American Institute of Physics. 1992.
- 5) A.M. Forrest. Meissner and Ochsensfeld revisited, European Journal of Physics. 4:2 (1983). 117-120.
- 6) L. Ponomariov. Alrededor del Cuanto. Editorial MIR Moscú.1974.





ESTUDIOS QUÍMICOS Y MOLECULARES DE JATROPHAS DE SONORA COMO FUENTE POTENCIAL DE ACEITES

LUIS ÁNGEL MEDINA JUÁREZ*, ÁNGELA CORINA HAYANO KANASHIRO, JOSÉ PABLO LOVIO FRAGOSO, OMAR ALEJANDRO REYNA VALENZUELA, NOHEMÍ GÁMEZ MEZA

RESUMEN

Las plantas del género *Jatropha*, pertenecientes a la familia de las Euphorbiaceae, pueden ser consideradas como alternativa para la obtención de semilla, con uso potencial en la fabricación de biocombustibles por su contenido alto de aceite. Se conocen alrededor de 186 especies distribuidas alrededor del mundo, de las cuales 48 se encuentran en México. En Sonora se conocen principalmente las especies de *Jatropha cardiophylla*, *Jatropha cordata*, *Jatropha cinerea* y *Jatropha cuneata*. La información que se tiene hasta el momento para especies adaptadas a zonas áridas en cuanto a la composición química de sus semillas es escasa y se desconoce el aspecto molecular relacionado con la síntesis de ácidos grasos. Por tal razón, se ha iniciado el estudio de la composición química y su relación con la expresión de genes, involucrados en la síntesis de ácidos grasos específicamente de los ácidos oleico y linoleico en las semillas de las especies de *Jatropha* nativas de Sonora.

Palabras clave: *Jatropha*, semilla, aceite, ácidos grasos, genes.

RESUMEN

Jatropha plants of the genus belonging to the family of Euphorbiaceae, can be considered as an alternative for obtaining seed, with potential use making biofuels by its high oil content. Around 186 species distributed worldwide, of which 48 are in Mexico are known. In Sonora *Jatropha cardiophylla*, *Jatropha cordata*, *Jatropha cuneata* and *Jatropha cinerea*, specie sismainly known. The information we have so far is poor for species adapted to arid areas in terms of the chemical composition of its seeds, and it is unknown the molecular aspect of fatty acid synthesis. For this reason, it has begun the study of the chemical composition and its relationship to the expression of genes involved in fatty acid synthesis, specifically of oleic and linoleic acids in the seeds of *Jatropha* native species in Sonora.

Keywords: *Jatropha*, seed, oil, fatty acids, genes.

DR. LUIS ÁNGEL MEDINA JUÁREZ
Correo: amedina@guayacan.uson.mx
DRA. ÁNGELA CORINA HAYANO KANASHIRO
Correo: angela.hayano@guayacan.uson.mx
I.B. JOSÉ PABLO LOVIO FRAGOSO
Posgrado en Biociencias
Correo: jpablolovio@hotmail.com

BIÓL. OMAR ALEJANDRO REYNA VALENZUELA
Correo: alexbx@live.com.mx
DRA. NOHEMÍ GÁMEZ MEZA
Correo: ngamez@guayacan.uson.mx
Depto. de Investigaciones Científicas y Tecnológicas,
Universidad de Sonora

*Autor para correspondencia: Dr. Luis Ángel Medina Juárez
Correo electrónico: amedina@guayacan.uson.mx
Recibido: 10 de septiembre de 2015
Aceptado: 26 de noviembre de 2015
ISSN: 2007-4530





INTRODUCCIÓN

Una de las problemáticas de impacto mundial que ha afectado a diversos rubros ha sido la dependencia y el agotamiento de recursos renovables, como el petróleo para la obtención de combustibles. Por otro lado, la combustión excesiva de éstos ha incrementado la concentración de gases invernaderos en la atmósfera, incidiendo directamente en la naturaleza, contribuyendo con el calentamiento global y dañando la biodiversidad del planeta [1, 2]. Como respuesta ante esta problemática, surgieron los biocombustibles como alternativa para reducir los efectos negativos ocasionados por el uso excesivo de fuentes no renovables de energía [3].

Los biocombustibles se pueden obtener a partir de materia producida por organismos vivos, la cual es denominada 'biomasa'. Existen varios tipos de combustibles y éstos se clasifican en base al recurso del que se obtienen y a la tecnología empleada para generarlos [4]. Actualmente, se ha recurrido al uso de semillas oleaginosas para la extracción de su aceite y producción de biodiésel, como: la soya, el girasol, la colza y el algodón [3]. Sin embargo, ha generado polémica el uso de tierras de cultivo para el desarrollo de productos energéticos; y/o el uso de aceites vegetales cuyo fin principal es el alimenticio, para la producción de biocombustibles. De ahí que es de suma importancia encontrar fuentes alternativas que no representen un retroceso en la problemática alimentaria ya existente. En México, el desarrollo de los biocombustibles es un reto de política pública innovadora para la atención de las necesidades concretas de la sociedad actual. Esta política se enmarca dentro de la estrategia 4.4.3 del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 [5]. Además, tiene

también su fundamento en el objetivo V. Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales, inciso a) Bioenergía y Fuentes Alternativas, del Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero de la SAGARPA 2013-2018 [6].

Existen estudios recientes que proyectan a las plantas del género *Jatropha* como una alternativa potencial para la producción de biodiésel a partir del aceite extraído de sus semillas, ya que se caracterizan por desarrollarse en condiciones climáticas poco favorables y que por su composición química no representa una opción alimenticia [1]. Existen estudios donde mencionan que la toxicidad de las semillas de *Jatropha*, se atribuye principalmente a la presencia de forbol-ésteres (diterpenoides) [7].

En México, se cuenta con variedades de *Jatropha curcas*, que no presentan forbol-ésteres y son consumidas por la población local de Yucatán, Puebla y Veracruz, aunque se ha sugerido la posibilidad de que la pasta de *Jatropha* sea usada como alimento para animales [7]. En lo que respecta a otras especies de *Jatropha* específicamente a las que se encuentran adaptadas a zonas áridas y semiáridas, la información en cuanto su composición química es escasa y no se tienen registros de estudios moleculares.

El género *Jatropha*

Las plantas del género *Jatropha* pertenecen a la familia de las Euphorbiaceae y se conocen alrededor de 186 especies alrededor del mundo. En México, se encuentran 48 especies de *Jatropha* y de esas especies, 39 son endémicas, representando el 21% de las especies que se tienen registradas [8, 9, 10]. *Jatropha curcas* es una especie multipropósito, resistente a sequía, con capacidad para

crecer en suelos marginales y de relevante importancia por su uso industrial y medicinal [11]. Se encuentra ampliamente distribuida a lo largo de las costas del Océano Pacífico y del Golfo de México, desde Sinaloa a Oaxaca y desde el norte de Veracruz hasta la península de Yucatán [8]. *Jatropha curcas* ha sido ampliamente estudiada y se ha perfilado como un cultivo prometedor para la obtención de biodiésel. Se ha reportado un rendimiento de 30-40% en la extracción de aceite a partir de su semilla, el cual está conformado de 21% de ácidos grasos saturados y 79% de insaturados [12]. De ese 79%, del 30 al 50% son ácidos grasos poliinsaturados, principalmente ácido linoleico [13], el cual proporciona un efecto negativo sobre la calidad del biodiésel debido a su susceptibilidad alta a la oxidación, afectando también el número de cetano (parámetro importante y determinante en la calidad del biodiésel).

Especies de *Jatropha* en regiones áridas del estado de Sonora

En Sonora, se encuentran ampliamente distribuidas principalmente cuatro especies de *Jatropha*: *Jatropha cardiophylla*, *Jatropha cordata*, *Jatropha cinerea* y *Jatropha cuneata* (Figura 1).

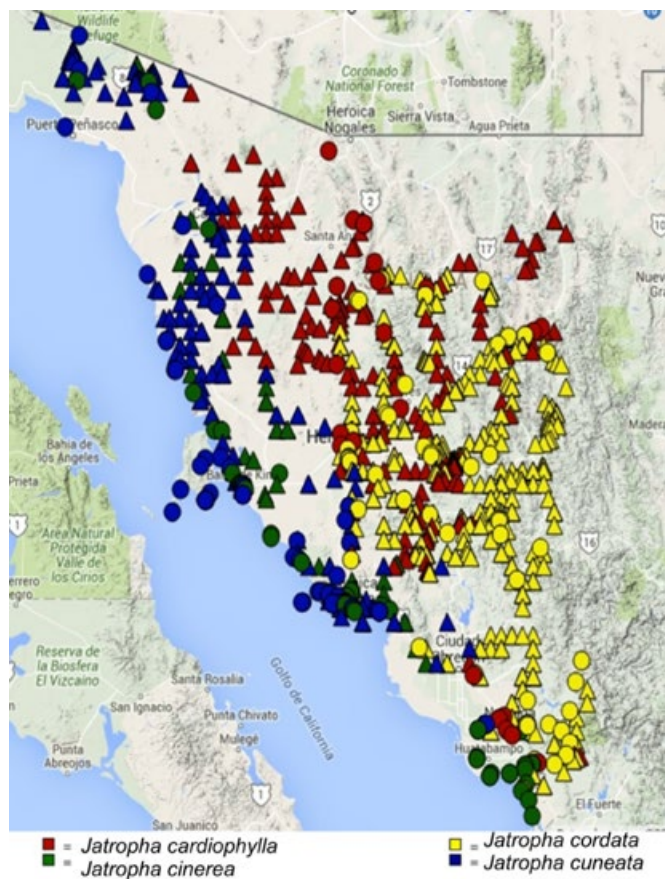


Figura 1. Mapa de distribución de las cuatro especies de *Jatropha* presentes en el estado de Sonora (<http://swbiodiversity.org/seinet/index.php>).

Jatropha cardiophylla, comúnmente conocida como 'Sangre de Cristo' o 'Sangre de grado', crece en pendientes rocosas. Son arbustos de bajo crecimiento, su altura promedio es de un metro y presenta ramas flexibles (Figura 2A). Las semillas de esta especie presentan una forma circular con una coloración que varía del marrón a claro [14]. Es una especie endémica de las regiones subtropicales y del Desierto de Sonora [15].



Figura 2. *Jatropha cardiophylla*. A. Planta. B. Semillas.

Jatropha cordata es un arbusto o árbol perenne que puede llegar a medir hasta 10 metros de altura (Figura 3A). Se encuentra distribuida en ambos lados del Golfo de California, por toda la península de Baja California, extendiéndose desde la isla Ángel de la Guarda, por una franja estrecha a lo largo de la costa, hasta San José del Cabo, y de ahí a través de Sonora, Chihuahua, Sinaloa y Jalisco [16, 17]. Puede encontrarse sobre pendientes, así como en planicies. Una característica particular de *Jatropha cordata*



es su tallo, el cual desprende unas láminas delgadas semejantes al papel, por lo que se le conoce como 'Papelillo' o 'Torota' [18]. Estas cortezas suelen ser utilizadas como un jabón que desprende aroma, además de ser atractivo para uso artesanal de algunas comunidades indígenas; la planta suele ser usada por los indios yaquis y mayos para formar una famosa artesanía llamada "pascola", también se emplea por su madera blanda para hacer objetos característicos en danzas ceremoniales [19]. Sus semillas son de forma ovoide y su tonalidad varía entre el negro, marrón y claro [14, 20] (Figura 3B).



Figura 3. *Jatropha cordata*. A. Planta. B. Frutos.

Jatropha cinerea, conocida también comúnmente como 'Torito', 'Lomboy' o 'Sangregado' (Figura 4A), se distribuye ampliamente por la península de Baja California, a lo largo de las costas del estado de Sonora hasta Sinaloa; se tiene registro de pocas poblaciones al sur del estado de Arizona [15]. Sus hojas asemejan la forma de riñón, sus flores son rosadas y de apariencia tubular o globular y sus frutos son redondos [21]. Se caracteriza por su resistencia a períodos largos de sequía y su desarrollo en suelos salinos [22]. Su semilla es redonda y su coloración coincide con el resto de las plantas del género *Jatropha* adaptadas a la región, desde un marrón oscuro hasta un claro (Figura 4B).



Figura 4. *Jatropha cinerea*. A. Planta. B. Semillas.

Felger y Moser [23], publicaron la farmacopea de los indios seris, reportando que este grupo indígena, utiliza las raíces de plantas jóvenes de *Jatropha cinerea* para curar la disentería y la savia de esta planta para aplicación en úlceras bucales infantiles.





Jatropha cuneata es un arbusto que puede alcanzar 2 metros de altura (Figura 5). Se encuentra distribuida por la península de Baja California, a lo largo de las costas del estado de Sonora y escasamente al sur del estado de Arizona. Tanto *Jatropha cinerea* como *Jatropha cuneata*, pueden encontrarse en el mismo ecosistema, la diferencia radica en que la primera puede observarse a varios metros del mar y en terrenos planos mientras que a *Jatropha cuneata* puede encontrarse generalmente en llanuras pedregosas y pendientes rocosas. Se le conoce comúnmente como 'Tecote prieto', 'Torote amarillo' o 'Matacora' [15]. Se ha reportado el uso de los tallos de *Jatropha cuneata* en la fabricación de cestería por el pueblo seri en Sonora, México [24]. Por otro lado, según estudios de extractos de esta planta, se le atribuye una alta actividad antimicrobiana contra *Shigella flexneri* y los hongos *Fusarium verticillioides* y *Aspergillus niger* [25].



Figura 5. *Jatropha cuneata*.



Estudios moleculares en *Jatropha*

En los últimos años, se han realizado una serie de trabajos de variabilidad genética de poblaciones utilizando marcadores moleculares y basándose en características bioquímicas de *Jatropha curcas* provenientes de diferentes regiones como África, India, China, Brasil y México [26, 27, 28, 29]. Con la finalidad de mejorar la calidad del aceite, desarrollar nuevas variedades no tóxicas y optimizar el rendimiento de las semillas y la arquitectura de la planta [30]. Con la secuenciación del genoma de *Jatropha curcas* en el 2011, el cual presenta un total de 40,929 genes y 9,870 que codifican para proteínas con función conocida [31], lo que podría acelerar el proceso de mejoramiento genético en *Jatropha curcas*, y tener una mayor información de la función de varios genes involucrados en la síntesis de ácidos grasos y de tolerancia a estrés abiótico [32]. Aunado a ello, los análisis transcriptómicos han servido para identificar la función de varios genes clave en la síntesis de los ácidos grasos en *Jatropha curcas* que regulan desde la longitud hasta el nivel de insaturación en los ácidos grasos [2, 33, 34]. Asimismo, se han identificado los genes que pudieran estar involucrados en la toxicidad de las semillas de *Jatropha curcas* [35]. De los genes previamente identificados, el gen *FAD2-1* ha generado interés ya que se ve directamente involucrado en la conversión del ácido oleico al linoleico durante la síntesis de los ácidos grasos. Se ha logrado silenciar este gen, obteniendo niveles altos de ácido oleico en el aceite [2]. Sin embargo, hasta el momento, son pocos los estudios de los genes involucrados en la síntesis de ácidos grasos en las especies nativas del estado de Sonora.

Avances de los estudios químicos y moleculares en especies de *Jatropha* que se encuentran en el estado de Sonora

Después de realizar muestreos de semillas de las especies de *Jatropha* antes mencionadas se pudo constatar que las semillas de *Jatropha cuneata* son las más pequeñas en tamaño; son de forma redonda y su coloración varía desde un marrón a amarillo verdoso.

Estudios recientes reportan la composición química de la semilla de las especies de *Jatropha cardiophylla*, *Jatropha cordata* y *Jatropha cinerea*, concretándose en su aceite (Tabla 1) y al estudio químico de las pastas provenientes de sus semillas [36, 37, 38]. Estos estudios muestran que las especies de *Jatropha* nativas de regiones áridas poseen un contenido de aceite similar a *Jatropha curcas*. En relación al contenido de ácidos grasos, se corroboró que se encuentran en mayor cantidad los ácidos grasos insaturados (84-88 g /100 g de aceite) que los ácidos grasos saturados (12-15 g /100 g de aceite). También se constató en estas especies que los ácidos grasos oleico y linoleico son los que se encuentran en mayor cantidad. De estos dos ácidos, el ácido linoleico es el que se encontró en mayor cantidad (45-50 g/100 g de aceite) en relación al ácido oleico (34-37 g/100 g de aceite). Estos resultados coinciden con lo ya reportado en *Jatropha curcas*, tanto en cantidad de ácidos grasos saturados frente a ácidos grasos insaturados como en la presencia mayoritaria de los ácidos grasos oleico y linoleico, siendo este último el que se encuentra en mayor concentración [12, 13].



Tabla 1. Composición química de la semilla de *Jatropha cordata*, *Jatropha cardiophylla*, *Jatropha cinerea* y *Jatropha curcas*.

Compuestos (% peso/peso)	<i>Jatropha cordata</i> ^a	<i>Jatropha cardiophylla</i> ^a	<i>Jatropha cinerea</i> ^b	<i>Jatropha curcas</i> ^b
Proteína cruda	28.3	28.9	29.97	27.77
Lípido	51.7	53.7	55.66	55.5
Mirístico C14:0	0.42 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.72	0.29
Palmítico C16:0	7.66 ± 0.12	8.02 ± 0.02	10.25	11.41
Palmitoleico C16:1	1.35 ± 0.07	1.05 ± 0.06	0.59	0.57
Esteárico C18:0	4.16 ± 0.82	5.41 ± 0.04	8.39	6.33
Oleico C18:1	36.64 ± 2.23	34.36 ± 1.01	37.37	33.05
Linoleico C18:2	49.88 ± 1.32	50.72 ± 3.12	45.75	42.90
Linolénico C18:3	0.23 ± 0.01	0.21 ± 0.01	0.20	0.22
Araquídico C20:0	0.09 ± 0.02	0.18 ± 0.07	0.28	0.25

Existe también un estudio comparativo entre *Jatropha curcas* y *Jatropha cinerea* donde se evaluó la resistencia a estrés salino, donde esta última se impuso a *Jatropha curcas*, despertando aún más el interés de esta especie por su producción de semilla en condiciones extremas como el desarrollarse en suelos salinos y en períodos largos de sequía [22].

De manera general, los estudios iniciados en nuestro grupo de trabajo pretenden conocer el potencial y definir la viabilidad del uso de estas especies de *Jatropha* que se encuentran adaptadas a las condiciones que imperan en el estado de Sonora para la obtención de su aceite y la producción de biocombustibles, en lugar de introducir especies de *Jatropha* adaptadas a climas tropicales y

sub-tropicales de condiciones completamente diferentes a las que se encuentran en Sonora y en las que su aprovechamiento sería más complicado.

Por otra parte, se han iniciado estudios a nivel molecular para obtener información sobre el nivel de expresión de los genes involucrados en la síntesis de ácidos grasos en estas especies de *Jatropha*, correlacionándolos con el contenido de ácidos grasos presentes en las semillas. Otros aspectos de la biología de la planta como su funcionamiento general, las condiciones extremas en las que se desarrolla y los genes involucrados en estas condiciones, son retos de estudio, ya que no se tiene información de este tipo para estas especies de *Jatropha*.



CONCLUSIONES

El interés de estudiar y analizar la composición química de las semillas de *Jatropha cardiophylla*, *Jatropha cordata*, *Jatropha cinerea* y *Jatropha cuneata* y su correlación con la expresión de los genes involucrados en la síntesis de los ácidos oleico y linoleico (encontrados en mayor cantidad en el aceite del género *Jatropha*) ha generado un enorme interés en nuestro grupo de trabajo, debido que nos ofrece la oportunidad de proponer nuevas fuentes de energía adaptadas al estado de Sonora, en base a los recursos naturales que se encuentran disponibles. Además de proponer una nueva opción para el aprovechamiento de este tipo de recursos vegetales propios de las regiones áridas y semiáridas de México. Para ello, es necesario conocer a fondo la biología y química de estas plantas para tener un panorama general que permita tener un aprovechamiento adecuado de estos recursos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) M. Reddy D. Pamidimarri, *Biology and Biotechnological Advances in Jatropha curcas – a Biodiesel Plant*. Desert Plants, pp. 57 – 71, 2010.
- 2) J. Qu, H. Mao W. Chen, S. Gao, Y. Bai, Y. Sun, Y. Geng, J. Ye. Development of marker-free transgenic *Jatropha* plants with increased levels of seed oleic acid, *Biotechnology for Biofuels*. 5(1), 10, 2012.
- 3) R.M. Galaz-Ávalos, R.N. Avilez-Montalvo, C.M. Ucan-Uc, J.A. Chan-López, V.M. Loyola-Vargas. *Jatropha curcas* una alternativa para la obtención de biodiésel sin afectar al sector alimentario. *Biocombustibles*. Año 2012, Vol. 16, No. 2, pp. 94-114.
- 4) C. Álvarez-Maciél. *Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional*. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQ_biocombustibles_4a_generacion_25608.pdf [consultado 04/09/2015].
- 5) Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Disponible en: <http://pnd.gob.mx/wp-content/uploads/2013/05/PND.pdf> (consultado 10/11/2015).
- 6) Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales, Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/ProgramasSAGARPA/Documents/Reglas%20de%20Operaci%C3%B3n%20SAGARPA%202013,%20compiladas%20_1a%20y%202a_modificacion.pdf (consultado 10/11/2015).
- 7) A.J. King, W. He, J.A. Cuevas, M. Freudenberger, D. Ramiamanana, I.A. Graham. Potential of *Jatropha curcas* as a source of renewable oil and animal feed. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 60, No. 10, pp. 2897–2905, 2009.
- 8) J. Fresnedo-Ramírez, Q. Orozco-Ramírez. Diversity and distribution of genus *Jatropha* in Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60(3), 1087–1104, 2012.
- 9) R. Govaerts, D.G. Frodin, A. Radcliffe-Smith, S. Carter.





- World checklist and bibliography of *Euphorbiaceae* (with *Pandaceae*), Vol 4, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey, UK, 2012.
- 10) V. Steinmann. Diversidad y endemismo de la familia *Euphorbiaceae* en México, *Acta Botánica Mexicana* 61:61–93, 2002.
 - 11) H.P.S. Makkar, G. Francis, K. Becker, Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential applications in livestock and aquaculture production systems, *Animal*, 1:1371-1391, 2007.
 - 12) M. Reddy, P. Sudheer, S. Mastan, H. Rahman, N. Carels, B. Bahadur. Karyology and Genomics of *Jatropha*: Current Status and Future Prospects en *Jatropha*, Challenges for a New Energy Crop. Bahadur, B (ed.) New York, pp. 301-320, 2013.
 - 13) J. Heller. Physic nut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of and neglected crops 1. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 1996. ISBN 92-9043-278-0.
 - 14) P. Alday. Evaluación de las semillas de *Jatropha cordata* y *Jatropha cardiophylla*, como fuentes de proteína, compuestos fenólicos y aceite para la obtención de biodiesel. Tesis de Maestría, Universidad de Sonora, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Hermosillo, Sonora, México, 2011.
 - 15) R. Turner, J. Bowers, T. Burguess. *Sonoran Desert Plants: An Ecological Atlas*, United States of America: The University of Arizona Press, 2005.
 - 16) C.W. Kane. *Herbal Medicine of the American Southwest*. Lincoln Town Press. 307 pp. 2006.
 - 17) R. Popham. Developmental Anatomy of seedling of *Jatropha cordata*, *The Ohio J. Sci.*, Jan, 47(1): 1-20, 1947.
 - 18) M. González-Elizondo, M. González-Elizondo, J.A. Tena-Flores, L. Ruacho-González, L. López-Enriquez. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: una síntesis, *Acta Botánica Mexicana*, 100: 351-403, 2012, ISSN 0187-7151.
 - 19) R.M. Felger, M. Johnson, M. Wilson. *The Trees of Sonora*, Oxford University Press, New York, Estados Unidos de América, 2001.
 - 20) R.M. López, R. Cházaro, R. González, H. Covarrubias. Árboles de la barranca de los ríos Santiago y Verde. Gobierno de Jalisco. Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA Jalisco). ISBN 968-832-392-6. 2011.
 - 21) A. Castellanos, M. Esqueda. Uso de la biodiversidad para la bioenergía y biocombustibles en las zonas áridas de México. México: Editorial Universidad de Sonora, 2012.
 - 22) M. Hishida, F. Ascencio-Valle, H. Fujiyama, A. Orduño-Cruz, T. Endo, J.A. Larrinaga-Mayoral. Response to salt stress in growth, water relations, and ion content of *Jatropha curcas* and *J. cinerea* seedlings, *Interciencia*, 38(4) 298-304, 2013.
 - 23) R.S. Felger, M.B. Moser. *Seri Indian Pharmacopoeia*. *Economic Botany*, 28: 414-436, 1974.
 - 24) N. El Bassam. *Handbook of Bioenergy Crops: A Complete Reference to Species, Development and Applications*. Earthscan, Washington, DC, USA, 2010.
 - 25) E. Ruiz-Bustos, C. Velázquez, A. Garibay-Escobar, Z. García, M. Plascencia-Jatomea, M.O. Cortéz-Rocha, J. Hernández-Martínez, R.E. Robles-Zepeda. Antibacterial and antifungal activities of some mexican medicinal plants. *J. Med. Food* 12 (6), 1398-1402, 2009.
 - 26) S.D. Basha, M. Sujatha. Genetic analysis of *Jatropha* species and interspecific hybrids of *Jatropha curcas* using nuclear and organelle specific markers. *Euphytica* 168:197–214, 2009.
 - 27) S.D. Basha, G. Francis, H.P.S. Makkar, K. Becker, M. Sujatha. A comparative study of biochemical traits and molecular markers for assessment of genetic relationships between *Jatropha curcas* L. germplasm from different countries. *Plant Sci* 176:812–823, 2009.
 - 28) D.G. Ambrosi, G. Galla, M. Purelli, T. Barbi, A. Fabbri, S. Lucretti, T.F. Sharbel, G. Barcaccia. DNA markers and FCSS analyses shed light on the genetic diversity and reproductive strategy of *Jatropha curcas* L. *Diversity* 2:810–836, 2010.
 - 29) Q. B. Sun, L. F. Li, Y. Li, G.J. Wu, X. J. Ge. SSR and AFLP markers reveal low genetic diversity in the biofuel plant *Jatropha curcas* in China. *Crop Sci* 48:1865–1871, 2008.
 - 30) R. Brittain, N. Lutadalo. *Jatropha: A Smallholder Bioenergy Crop – The Potential of Pro-poor Development*. FAO, Rome, 2010.
 - 31) S. Sato et al. Sequence Analysis of the Genome of an Oil-Bearing Tree, *Jatropha curcas* L. *DNA Research*.18 (1): 65-76, 2011.
 - 32) T. Sudhakar Johnson, N. Eswaran, M. Sujatha. Molecular approaches to improvement of *Jatropha curcas* Linn. as a sustainable energy crop. *Plant Cell Rep* 30:1573–1591, 2011.
 - 33) J. Ye, J. Qu, H.T. Bui, N.H. Chua. Rapid analysis of *Jatropha curcas* gene functions by virus-induced gene silencing. *Plant Biotechnol J*, 7:964-976, 2009.
 - 34) K. Gu, C. Yi, D. Tian, J.S. Sangha, Y. Hong, Z. Yin. Expression of fatty acid and lipid biosynthetic genes in developing endosperm of *Jatropha curcas*. *Biotechnology for Biofuels*, 5(1), 47, 2012.
 - 35) G.G. Costa, K.C. Cardoso, L.E.V. Del Bern, A.C. Lima, M.A.S. Cunha, L. de Campos-Leite, R. Vicentini, F. Papes, R.C. Moreira, J.A. Yunes et al. Transcriptome analysis of the oil-rich seed of the bioenergy crop *Jatropha curcas* L. *BMC Genomics*, 11:462, 2010.
 - 36) N. Gámez, L.A. Medina, P. Alday B. Klaus, H. Makkar, Chemical characterisation of kernels, kernel meals and oils from *Jatropha cordata* and *Jatropha cardiophylla* seeds. *J. Sci. Food Agric. May*: 93(7):1706-10, 2013.
 - 37) M.P. Sosa-Segura, B.D. Oomah, J.C.G. Drover, J.B. Heredia, T. Osuna-Enciso, B. José. Physical and Chemical Characterization of Three Non-Toxic Oilseeds from the *Jatropha* genus, *Journal of Food and Nutrition Research* 2(1), 56–61, 2014.
 - 38) S. Soto, E. López, J. Milán, M. Sánchez, E. Cuevas, L. Picos, I. Contreras. *Jatropha cinerea* seed oil as potencial non-conventional feedstock for biodiesel produced by an ultrasonic process, *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Vol.13, No.3., 2014.



LA EXPERIENCIA DE LA APLICACIÓN DEL MODELO MIT-NEXTLAB SOBRE INNOVACION Y EMPRENDIMIENTO EN LA UNIVERSIDAD DE SONORA

SERGIO F. PÉREZ RAMÍREZ*, RICARDO A. RODRÍGUEZ-CARVAJAL, F. JAVIER PÉREZ RIVERA, JORGE L. TADDEI BRINGAS

RESUMEN

En este artículo, se presenta la experiencia de un proyecto desarrollado por maestros y estudiantes de la Universidad de Sonora (Unison) en la realización de un programa de aprendizaje sobre Innovación y Emprendimiento basado en tecnologías móviles, adoptando un modelo generado y desarrollado en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y aplicado, a manera de programa piloto en la Unison; este modelo sirve de referencia para que se aplique en otras instituciones similares y fue nombrado NextLab@Unison.

Palabras clave: MIT Nextlab, NextLab@Unison, Innovación y Emprendimiento, Unison.

ABSTRACT

In this article, we present the experience of a project developed by students and professors from the University of Sonora (Unison) in the realization of a learning program on innovation and entrepreneurship based on mobile technologies, and adopting a model generated and developed at MIT (Massachusetts Institute of Technology) and applied, as a pilot program at the Unison; this model serves as a reference to apply in other similar institutions, and was appointed as NextLab@Unison.

Keywords: MIT Nextlab, Nextlab@Unison, innovation and entrepreneurship, Unison.

DR. SERGIO FRANCISCO PÉREZ RAMÍREZ
 Correo: fcoperez@industrial.uson.mx
 Dr. RICARDO RODRÍGUEZ CARVAJAL
 Correo: ricardo@industrial.uson.mx
 ING. FRANCISCO JAVIER PÉREZ RIVERA
 Correo: Franciscoj.perezri@correoa.uson.mx

DR. JORGE LUIS TADDEI BRINGAS
 Correo: jtaddei@industrial.uson.mx
 Depto. de Ingeniería Industrial,
 Universidad de Sonora

*Autor para correspondencia: Dr. Sergio Francisco Pérez Ramírez
 Correo electrónico: fcoperez@industrial.uson.m
 Recibido: 16 de marzo de 2015
 Aceptado: 20 de noviembre de 2015
 ISSN: 2007-4530



INTRODUCCIÓN

Actualmente, en el esquema de mercado globalizado cada país se manifiesta en franca competencia tecnológica contra las demás naciones, buscando mantener y elevar su competitividad contra los demás en un nivel aceptable. Para esto, la innovación como generadora de bienes y servicios novedosos y útiles, y la creación de empresas para producirlos, desarrolladas por emprendedores ha tomado una importancia significativa en la planificación de las economías de los países, ya que se considera como una de las bases fuertes del desarrollo económico sustentable [1]. Es en este contexto que los dirigentes nacionales han establecido mecanismos de política económica para estimular la creación de nuevos productos y empresas que sean competitivos en el ámbito mundial, y que satisfagan suficientemente los mercados existentes o futuros. Por ello, la innovación y el emprendimiento se han considerado de un interés estratégico para las naciones.

La importancia de la innovación

Países de todos los niveles de desarrollo, especialmente los más adelantados, manifiestan un gran interés sobre el tema de la innovación, aun cuando el emprendimiento es igual de importante para la economía nacional. Se considera que sin el emprendimiento, la innovación no podría realizarse con la oportunidad requerida para elevar la competitividad, factor éste que finalmente crea la riqueza impulsora del desarrollo nacional sustentable [2].

Además de la importancia primordial de la innovación, se define que el emprendimiento es el fenómeno que permite desarrollar innovaciones desde una forma no convencional, aprovechando las oportunidades que usualmente pasan desapercibidas para los otros integrantes de la industria. Generalmente, el emprendimiento y la innovación son señalados como conceptos estrechamente asociados [3].

El interés por la innovación y el emprendimiento, se manifiesta principalmente en forma de fondos directos a la investigación y al financiamiento parcial de nuevas empresas; los primeros, destinados a las actividades creativas y de formación en universidades y centros de investigación regionales, y los segundos para apoyar las actividades iniciales e inciertas de los nuevos empresarios.

De su lado, las universidades han asumido un papel más comprometido y amplio en la aplicación de la ciencia y tecnología, así como en la búsqueda del desarrollo económico, partiendo de la tecnología disponible en las diferentes regiones y en una adecuada vinculación con los líderes locales de innovación [4]. Uno de los principales esquemas de colaboración para la innovación y el emprendimiento se da a través del modelo de la Triple hélice.

La Triple hélice

El modelo de la Triple hélice [5] es un esquema de colaboración estratégica nacional en el que tres entidades

diferentes se vinculan estrechamente en actividades orientadas a lograr un crecimiento y desarrollo económico (Figura 1). Estas tres entidades complementarias son ACADEMIA-EMPRESA-GOBIERNO, quienes se enlazan para trabajar sistemáticamente por la innovación: la primera generando el conocimiento necesario para lograr productos o servicios innovadores y ampliamente útiles; la segunda, haciendo realidad la innovación a través de la producción o fabricación que finalmente es lo que produce la riqueza y desarrollo; y por último la tercera, en la que el gobierno es quien crea la reglamentación jurídica y otorga el financiamiento cuando es necesario.

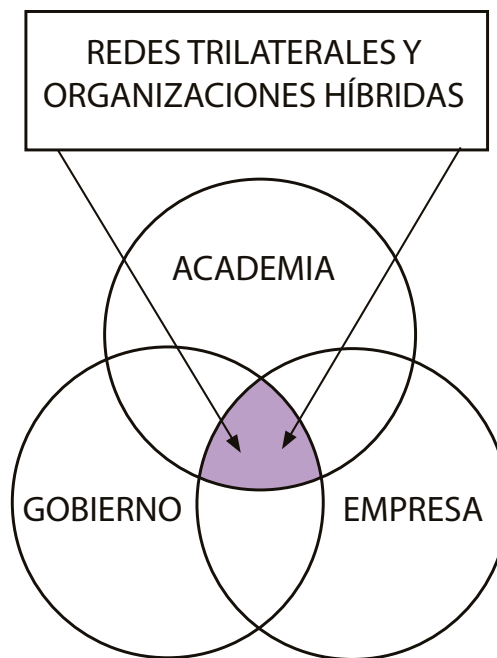


Figura 1. Esquema general de la triple hélice.

Fuente: MIT brief research 2012

Ecosistemas de innovación y emprendimiento

En años recientes, las universidades han iniciado la formación de redes de trabajo, regionales, nacionales y en algunas ocasiones internacionales, conocidas como Ecosistemas de Innovación y Emprendimiento. Estos ecosistemas han mostrado ser eficaces para desplegar la innovación de forma más amplia y decidida; los grupos de trabajo se conectan a la red para el intercambio de ideas, lo que favorece significativamente la creación de conceptos nuevos y su rápido desarrollo. A cada uno de los grupos de trabajo interactivos o nodos de la red, se les conoce actualmente como "hub" (concentrador o nodo con acceso al sistema). Cada institución involucrada se convierte en un nodo o "hub" de dicha red y puede participar en ambos sentidos en el flujo de conocimiento [6].

Existen muchos casos exitosos al respecto. Daniel Burnham [7], ex director general de la compañía Raytheon,

una de las compañías tecnológicas más importantes de los Estados Unidos e integrada al ecosistema de Silicon Valley, expresa que “El liderazgo tecnológico se gesta en las universidades y centros de investigación”, siendo las más aventajadas, las ubicadas en ese país [8].

Las ideas que se generan en los ecosistemas de innovación y emprendimiento pretenden tener viabilidad comercial. Una de las maneras para promover esa viabilidad es la llamada “startup”.

Las startups

Las startups son un agente de cambio importante para generar empleo de calidad, mayor crecimiento e innovación [9]. Paul Graham define a la startup como “una compañía diseñada para crecer rápido”. También aclara que la fundación reciente de una empresa no la hace ser una startup, ni tampoco es necesario, para serlo, que se oriente a productos o servicios de alta tecnología, ni que se financie con capital de riesgo. Además, establece que la única característica esencial de una startup es el crecimiento rápido y de ahí deriva todo lo demás. Una manera focalizada y estructurada de fomentar la innovación y el emprendimiento en las regiones, es a través de la implementación de apoyos a la creación de startups [10].

Por su lado, Erich Ries [11] describe con más detalle a la startup “es una institución humana diseñada para entregar un nuevo producto o servicio bajo condiciones de extrema incertidumbre”. Asimismo, Blank y Dorf [12] definen una startup como “una organización temporal, en busca de un modelo de negocio escalable, repetible y lucrativo”, agregando que el modelo startup de negocio es un conjunto de ideas y acertijos que no tiene clientes, ni una idea clara de quienes llegarán a serlo.

De lo anterior, se pueden identificar las dos grandes características de una startup: el lanzamiento bajo una gran incertidumbre y un mercado que se visualiza como de crecimiento explosivo. Con base en esto, se debiera desechar la idea de esa imagen tan recurrente que se describe cuando se trata de explicar lo que es una startup: la de dos tipos trabajando hasta altas horas de la noche en la cochera de una casa; personas que a temprana edad ya construyen un imperio tecnológico de miles de millones de dólares siendo la envidia de todos los jóvenes y adultos del mundo [11]. Pero creer que eso es la vía del éxito seguro es un error, ya que, al igual que los pequeños negocios que se instalan cotidianamente, las startups tienen una muy alta tasa de mortalidad; entre otras cosas porque inicialmente sus ingresos son limitados y los costos son altos, de manera que la mayoría de estas operaciones a pequeña escala no son sostenibles a largo plazo, sin fondos adicionales de capital de riesgo.

El MIT NextLab

El MIT NextLab se fundó como un laboratorio de siguiente generación en el Instituto Tecnológico de



Massachusetts, como un programa interdisciplinario de investigación, enseñanza y lanzamiento de proyectos de innovación tecnológica y emprendimiento, específicamente en tecnologías móviles, para los países emergentes [13]. Es en el año 2011 que el MIT NextLab lanza una convocatoria a todas las universidades de México para crear un Ecosistema de Innovación y Emprendimiento a nivel nacional que impulse el desarrollo del país.

La Universidad de Sonora, una institución de educación superior pública, típica mexicana, posicionada en el 8° lugar en el ranking nacional de universidades, consciente del prestigio del MIT y de la necesidad de involucrarse en programas de innovación, decidió participar y probar la siguiente hipótesis: **¿Funciona eficazmente el modelo NextLab en una universidad pública, típica mexicana?**

El propio fundador y director del programa Nextlab, el profesor Jhonatan Rotberg, fue quien llevó a cabo la convocatoria a nombre del MIT y se encargó de la planeación y dirección del programa también en la Unison, al cual bautizó como NextLab@Unison. Se consideró que, por el lugar que ocupa la institución en el ranking nacional, el programa tiene amplias posibilidades de éxito.

EL PROYECTO

En esta sección se describen algunas de las etapas en las que se desarrolló el proyecto NextLab@Unison, se analiza la problemática presentada, las soluciones y los resultados alcanzados.



La convocatoria

En el contexto anteriormente descrito, se recibe en la División de Ingeniería de la Unison, un documento electrónico de parte del MIT convocando a la participación en la formación y desarrollo de un Ecosistema de Innovación y Emprendimiento a nivel nacional. Parte de la convocatoria se enfocaba a solicitar el apoyo financiero del Fondo Sectorial de Innovación (FINNOVA), un programa gubernamental mexicano integrado por la Secretaría de Economía (SE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para apoyar la actividad de innovación en el país.

Indudablemente el prestigio académico del MIT fue un factor importante para responder afirmativamente a la convocatoria; dicha respuesta se envió en tiempo y forma el día 5 de noviembre del 2011, a través de la plataforma de Conacyt.

Ante la poca respuesta de otras Instituciones de Educación Superior (IES) del país, el MIT anunció su retiro del programa ya que no se logró el número esperado de instituciones participantes. Después de un diálogo para encontrar opciones, el fundador y director de MIT NextLab le propuso a la Unison realizar el programa en exclusivo. El proyecto se convirtió entonces en la primera ocasión en la que el exitoso programa NextLab se realizaba fuera de Cambridge (Boston), Massachusetts.

Una vez firmado el contrato entre la Unison y la empresa fundada por Rotberg para trabajar y facturar en México, llamada "Convergencia Humana", se inició con la planificación y seguidamente con la ejecución del programa.

El desarrollo del programa

Primeramente, se convoca a la participación de estudiantes y maestros de la Unison, diseñando para ello una campaña publicitaria utilizando los medios de difusión como la radio y revistas universitarias. El objetivo era conseguir la matrícula de 60 estudiantes, principalmente de las divisiones de ingeniería y de ciencias económicas y administrativas. La convocatoria logró que 118 alumnos de diferentes carreras, además de las citadas, solicitaran ingreso, de los cuales se seleccionó sólo a 60. Se utilizó un sitio de internet específico para esta etapa inicial. La

distribución de los participantes se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Porcentaje de participantes por carrera.

Estudiantes	n	%
Del Departamento de Ingeniería Industrial	37	62%
Del área de negocios	10	17%
De otras áreas	13	22%

Fuente: Elaboración propia

Se contó con un espacio físico para las actividades propias del programa en el Departamento de Ingeniería Industrial, al cual acudían los estudiantes de carreras tan variadas como arquitectura, diseño gráfico, mecatrónica, etcétera. A este espacio se le nombró "Laboratorio NextLab".

En el espacio del Laboratorio NextLab, se estableció que en todos los casos la innovación de cada equipo de trabajo sería una "app" de Android y se impartieron los cursos para aprender a crear y desarrollar las innovaciones. Esta decisión se fundamenta en la especialidad que observa el MIT NextLab de innovar sobre tecnologías móviles, ya que ha tenido experiencias exitosas de apps de Android en Venezuela, Trinidad y Tobago, Colombia, países de África e inclusive en México [13].

El lema de MIT NextLab se anuncia en internet [13] como sigue:

"MIT's NextLab: Designing Technology for the Next Billion Mobile Phone Owners"

El programa del curso NextLab@Unison se tomó directamente del mismo programa que se observa en MIT.

El NextLab@Unison

El 25 de febrero del 2013 se iniciaron formalmente las actividades con la inauguración del programa y del laboratorio NextLab; la ceremonia oficial se realizó en la explanada de los edificios 9Q de Contabilidad y Administración. Se presentó el proyecto de la implementación del programa NextLab@Unison ante autoridades universitarias, personalidades de los tres niveles de gobierno, así como estudiantes participantes.

Las actividades académicas se iniciaron al día siguiente, con los 60 estudiantes seleccionados, integrados en los 10 equipos de trabajo previstos; cada equipo con su idea de app (aplicación) seleccionada por ellos mismos, mediante propuesta, promoción y selección por votación. Todo ello a través del portal Saba People's Cloud que se estableció con ese propósito.

Las ideas de los proyectos que fueron generadas y desarrolladas por los diferentes equipos de estudiantes, se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Los proyectos del programa y sus características principales.

Proyecto	Tipo	Descripción
Beeta	Asesor nutricional	Brinda información nutricional, registros de toma de alimentos, y el establecimiento donde se pueden conseguir.
ForeQ	Gestor de recursos y tiempos en ferias	Mejora el uso de instalaciones de recreo y otros en ferias, festivales y todo tipo de aglomeraciones públicas con servicios limitados.
TrendSpot	Visualizador de promociones comerciales	Da a conocer ofertas varias y de interés para el usuario a través del móvil.
Empleo especializado	Ofertas de trabajo	Gestiona ofertas de trabajo específicas según el perfil del usuario a través de una plataforma normalizada.
Quest On!	Publicidad divertida	Publicidad a través del móvil utilizando preguntas o quests, para hacerla divertida y más atractiva.
Desert Innovation	Facturación electrónica	Elabora facturas en el punto de venta a través del móvil.
Domicilios App	Gestión de pedidos a domicilio	Solicitud automática a los comercios participantes, según ofertas anunciadas vía móvil y el pago por tarjeta correspondiente.
E-Cow	Control de ganado	Trazabilidad de la carne desde la crianza hasta su estancia en anaquel.
Save my coin	Alcancía electrónica	Ayuda a ahorrar a través de la plataforma asociada a una cuenta bancaria electrónica.
IAM	Expediente clínico electrónico	Historia clínica del usuario en la nube, para poder consultar a cualquier médico en los sistemas de salud.

Herramientas didácticas novedosas

Los instructores del MIT utilizaron técnicas de aprendizaje novedosas y efectivas, como el portal Saba People's Cloud (SPC) y el método Kahn Academy.

La plataforma SPC fue creada por una organización sin fines de lucro con el objetivo de mejorar la educación en general y a nivel global. La organización proporciona materiales novedosos en línea para apoyar la educación gratuita de primer nivel, dirigida a cualquier persona en un gran número de lenguas diferentes, en varios temas del conocimiento y en cualquier lugar del mundo [14].

Las clases grabadas utilizando la metodología de Khan Academy, fueron exhibidas a través del portal SPC, donde el estudiante puede ver cada lección en el momento que lo considere.

Los participantes

Los participantes en el programa se pueden dividir en estudiantes, coach y staff. Los primeros, universitarios de diferentes carreras, fueron seleccionados tanto por su conocimiento previo, como por el interés personal mostrado al solicitar el ingreso.

El concepto de coach, en este caso, se define como un académico conocido de la División de Ingeniería o de la División de Ciencias Económicas y Administrativas, que se

encarga de que las actividades al interior del equipo de trabajo de estudiantes se realicen con calidad, armonía y oportunidad.

También participó personal de apoyo o staff, como el Coordinador General del Programa, los administrativos del Departamento de Ingeniería Industrial, y el instructor enviado por el MIT NextLab, quien atendió en su totalidad la enseñanza sobre la elaboración del proyecto de innovación. El instructor residió en Hermosillo durante el programa, aunque apoyado por dos académicos del MIT que le suministraban material y apoyo desde Cambridge (Boston).

RESULTADOS DEL PROGRAMA

El Dr. Rotberg estimó, de acuerdo con los estándares del propio MIT, que aquí pudieran lograrse entre 4 y 6 startups; finalmente se tuvo un resultado de 5 startups graduadas. De éstas, 4 solicitaron formalmente financiamiento al Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM) para la fase de incubación. Lamentablemente, el apoyo solicitado no fue autorizado, ya que según noticieros nacionales, el instituto estaba experimentando escasez de recursos para el rubro específico en que se encuadró la solicitud [15].

Uno de los puntos más notables y más comentados al inicio del programa, fue la extraordinaria colaboración

que se dio en la organización de las actividades entre la División de Ingeniería y la División de Ciencias Económicas y Administrativas, no experimentada anteriormente a este nivel.

Un resultado positivo es la imagen proyectada por la Unison ante el sector productivo y la comunidad en general, al mostrar la capacidad de concertar acuerdos y proyectos con académicos de una de las universidades tecnológicas más importante y prestigiada del mundo.

Cabe mencionar también la relevancia de haber cumplido ante FINNOVA con los compromisos del proyecto, firmados en el convenio de financiamiento, lo que agrega otro compromiso cumplido de la Unison.

La culminación exitosa del programa NextLab@ Unison, con comentarios positivos de parte del Dr. Rotberg, se tomó como un elogio para los jóvenes estudiantes participantes del programa, quienes se comportaron a un nivel equiparable al de la mejor universidad tecnológica del mundo. Ello porque, al considerarse los rigurosos estándares del MIT, la generación de startups fue similar al número que proporcionalmente se produce en la sede del programa en Cambridge (Boston), MA.

El trabajo de los estudiantes universitarios sonorenses, atendiendo el programa con entrega y cumpliendo al mismo tiempo con los deberes escolares de su carrera, es motivo de orgullo sobre la formación académica que reciben en la Unison.

Conclusiones

Este proyecto fue una gran oportunidad para realizar en la Unison, una actividad académica conjunta a nivel internacional. En esta ocasión se efectuó con resultados satisfactorios, en una alianza entre la División de Ingeniería y la de Ciencias Económicas y Administrativas, con una universidad de gran prestigio a nivel global.

Se dio un buen trabajo de colaboración entre administrativos y académicos de la Unison involucrados directamente en el proyecto, y que apoyaron el esfuerzo de los jóvenes. Además, la dedicación de la mayoría de los estudiantes para sacar adelante su idea de negocio y el compromiso adquirido, pasando por alto horarios, fines de semana y su período vacacional de verano.

Fue también invaluable el apoyo recibido en el programa, de los fondos federales para la función de innovación que se ofrecen a través de instituciones de gobierno, como FINNOVA, que hizo posible la ejecución de este proyecto.

Después de los resultados obtenidos, es evidente la posibilidad enorme de realizar una réplica de este programa y preparar más grupos de innovadores emprendedores que impulsen la creación de riqueza en beneficio de nuestra región.

LIGAS DE INTERES

<http://NextLab.uson.mx/>

<http://www.uson.mx/noticias/default.php?id=15387>

<http://www.uson.mx/noticias/default.php?id=14332>

<http://www.uson.mx/noticias/default.php?id=14474>

<http://www.uson.mx/noticias/default.php?id=14509>



BIBLIOGRAFÍA

- 1) N. Rosenberg, «OECD.ORG,» [En línea]. Available: <http://www.oecd.org/cfe/tourism/34267902.pdf>. [Último acceso: 7 1 2014].
- 2) J. Schumpeter, *Theoretical problems of economical growth*, New York: JEH, 1947.
- 3) E. Petruskiene y R. Gliinskiene, «Entrepreneurship as the basic element for the successful employment of benchmarking and business innovations,» *Inzinerine Ekonomika*, pp. 65-77, 2011.
- 4) J. Youtie y P. Shapira, «Building an innovation hub,» *Research Policy*, pp. 1188-1264, 2008.
- 5) T. t. h. r. group, «Stanford University,» [En línea]. Available: http://triplehelix.stanford.edu/3helix_concept. [Último acceso: 13 11 2014].
- 6) J. B. Andersen, 15 5 2011. [En línea]. Available: <http://www.innovationmanagement.se/2011/05/16/what-are-innovation-ecosystems-and-how-to-build-and-use-them/>. [Último acceso: 8 12 2013].
- 7) D. Burnham, «Technology Management Program. Lecture Series,» University of California at Santa Barbara, 31 1 2008. [En línea]. Available: <http://www.youtube.com/watch?v=P2aO1FR3jJ0&feature=related>.
- 8) K. Still, M. Russell, J. Huhtamäki, M. Turpeinen y N. Rubens, «Explaining innovation with indicators of mobility and networks: insights into central innovation nodes of europe,» de Triple Helix 9 International Conference. "Silicon Valley: Global Model or Unique Anomaly?", Palo Alto, CA, 2011.
- 9) OCDE, «Society at a glance 2011 - OECD Social Indicators,» 124 2011. [En línea]. Available: http://www.oecd.org/document/60/0,3746,en_21571361_44315115_47567356_1_1_1_1,00.html. [Último acceso: 13 11 2014].
- 10) P. Graham, «Startup=growth,» [En línea]. Available: paulgraham.com. [Último acceso: 4 11 2014].
- 11) E. Ries, *The Lean Startup*, New York: Crown Business, 2011.
- 12) S. Blank y B. Dorf, *The Startup Owners Manual*, Pescadero, CA: K&S Ranch Inc. Publishers, 2012.
- 13) XConomy, «XConomy,» [En línea]. Available: <http://www.xconomy.com/boston/2010/03/31/mits-nextlab-designing-technology-for-the-next-billion-mobile-phone-owners/>. [Último acceso: 15 11 2014].
- 14) Khan Academy, «Khan Academy,» 2013. [En línea]. Available: <https://es.khanacademy.org/about>.
- 15) A. Pineda, «AI INADEM no le alcanza el dinero,» *El Empresario*, 29 Julio 2014.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Universidad de Sonora

UNIDAD REGIONAL CENTRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

Programa de Doctorado y Maestría en Ciencia de Materiales

Objetivos del Programa

El objetivo general del programa es formar personal de alto nivel académico y con autonomía para llevar a cabo en forma eficiente las actividades de generación, aplicación y difusión de conocimiento de frontera en el área de Ciencia de Materiales.

Los objetivos específicos son contribuir a la formación de los recursos humanos especializados que el país requiere en Ciencia de Materiales. Desarrollar investigación de alto nivel comprobada a partir de publicaciones científicas de calidad. Participar de manera efectiva en la resolución de problemas tecnológicos que se presenten en el medio social y productivo de la región y el país, en el ámbito de las líneas de investigación del programa.

Programa de Doctorado y Maestría en Ciencias de la Ingeniería: Ingeniería Química

Objetivos del Programa

Formar académicos y profesionales del más alto nivel en ingeniería y sus campos afines, útiles a la sociedad. Promover la práctica profesional de calidad en ingeniería y campos afines. Contribuir a la solución de problemas nacionales. Realizar investigación para generar nuevos conocimientos, métodos y criterios en ingeniería y sus campos afines. Desarrollar tecnología.

Programa de Posgrado en Ingeniería Industrial

Objetivos del Programa

El objetivo general es formar recurso humano orientado a entender, analizar y resolver problemas complejos dentro de organizaciones dedicadas a la producción de bienes o servicios.

Los objetivos específicos son profundizar en el estudio de áreas de interés de la Ingeniería Industrial, acorde a las necesidades que se deseen resolver por parte de la institución y de la sociedad. Hacer énfasis en la aplicación del conocimiento y la tecnología para resolver problemas que afectan la calidad y productividad de las organizaciones que producen bienes o prestan servicios. Impulsar la mejora de la eficiencia y eficacia de las organizaciones sobre todo aquellas consideradas como pequeñas y medianas (PYMES) que permita impulsar el desarrollo del estado y del país.

Programa de Posgrado en Ciencias de la Ingeniería: Ingeniería Civil

Objetivos del Programa

El objetivo general del programa es formar personal del más alto nivel académico y profesional en el campo de la Construcción y la Valuación, capaz de realizar investigación para generar nuevos conocimientos o desarrollos que contribuyan a la solución de problemas de interés regional y nacional.

Programa de Especialidad en Desarrollo Sustentable

Objetivos del Programa

Formar profesionales con una perspectiva integral de las áreas técnica, administrativa, económica, social, ambiental y ética de acuerdo a los modelos modernos del desarrollo

Programa de Maestría en Sustentabilidad

Objetivos del Programa

El objetivo general del programa de maestría es coadyuvar con la sociedad en la transición hacia estilos de vida más sustentables, mediante la formación de profesionistas con una perspectiva holística y ética; con los conocimientos y habilidades para planear, implantar y evaluar intervenciones que conlleven a prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos e impactos ambientales y ocupacionales en el área de su profesión y/o desarrollo en beneficio de su comunidad.



<http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm>

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Rosales y Blvd. Luis Encinas, Edificio 5M, Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000, Tel. (662) 259-21-57 y 259-21-58



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Universidad de Sonora

UNIDAD REGIONAL CENTRO

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS EN MATEMÁTICAS

Objetivos del Programa

Formar personal con alto nivel académico, para el estudio autónomo y comprensión de los resultados y avances de la matemática moderna y sus aplicaciones, con capacidad para realizar labores de asesoría y apoyo matemático en proyectos de investigación y desarrollo en disciplinas de carácter científico y tecnológico. A nivel de doctorado, además de los anteriores, el objetivo principal es capacitar para la realización de investigación original e independiente en el campo de las matemáticas y sus aplicaciones.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MATEMÁTICA EDUCATIVA

Objetivos del Programa

El propósito de este programa académico es formar Especialistas en Matemática Educativa, cuya práctica profesional como docentes sintetice una serie de competencias éticas, ideológicas, de conocimiento teórico y sentido práctico, para atender los problemas de la educación matemática escolar en los ámbitos de la investigación, el desarrollo docente y la proyección social de sus egresados.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FÍSICA

Objetivos del Programa

Preparar personal con un profundo conocimiento de las leyes fundamentales de la Física, para ejercer labores docentes a nivel licenciatura, posgrado y especialidad. Capacitar personal para ejercer actividades asociadas a la generación de conocimiento en diferentes áreas de la Física. Formar personal con una alta capacidad de trabajo e innovación lo cual le permita incidir sobre la solución de aquellos problemas de su competencia relacionados con el sector productivo de la región y del país. Capacitar personal en la utilización eficiente de diverso equipo con un alto desarrollo científico y tecnológico. Desarrollar programas multidisciplinarios de investigación científica y tecnológica.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS GEOLOGÍA

Objetivos del Programa

El objetivo general es el de formar Maestros en Ciencias de alto nivel de calidad y excelencia, capaces de participar en el análisis y solución de problemas geológicos tradicionales y de frontera, utilizando el método científico, y respondiendo con oportunidad a las necesidades del desarrollo científico y tecnológico del país. Se ofrece un espacio de formación de alto nivel académico en torno a la problemática derivada de tres grandes áreas de aplicación de las Ciencias de la Tierra como son: los yacimientos minerales, la geología regional, y la hidrogeología-geología ambiental. Con ello se pretende contribuir al fortalecimiento de la capacidad profesional y/o investigativa de los profesionales que se desempeñan en estas áreas del conocimiento.



<http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm>

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Rosales y Blvd. Luis Encinas, Edificio 3K-1 Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000, Tel. (662) 259-21-53 y 259-21-54