



FINGUACH

REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

Entrevista con el Dr. Alberto Camacho Ríos
Catedrático de la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Autónoma de Chihuahua

Sistemas de soporte para la toma
de decisiones espaciales (SADE)



CHIHUAHUA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

SEP - NOV 2019
Año 6, Núm. 21
ISSN: 2408-5499
latindex



Facultad de Ingeniería-UACH
Alcanza tus metas,
cumple tus sueños



ESTUDIA UN POSGRADO

- Doctorado en Ingeniería
- Maestría en Estructuras
- Maestría en Ciencias Básicas
- Maestría en Ingeniería en Vías Terrestres
- Maestría en Ingeniería en Computación
- Maestría en Ingeniería en Hidrología
- Especialidad en Valuación

RECEPCIÓN DE DOCUMENTACIÓN

Meses de mayo y noviembre

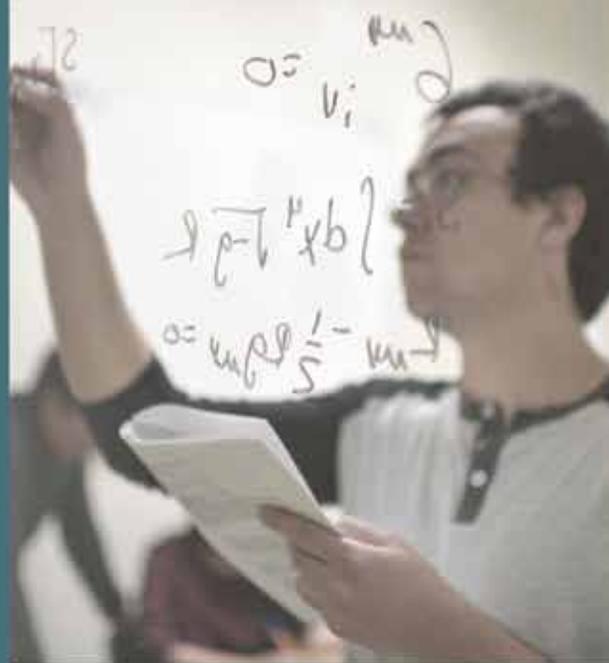
Tel. (52) 614 442.95.00 Ext.2502
Campus Universitario 2
fi.sip@uach.mx

www.fing.uach.mx



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología





M.I. Javier González Cantú

El pasado 12 de agosto inició el presente ciclo escolar agosto-diciembre 2019, en el que se incorporaron a la Facultad de Ingeniería 57 alumnos de posgrado y 601 alumnos de licenciatura de nuevo ingreso, distribuidos entre los dieciocho programas educativos que se ofertan en la Facultad. Les damos la más cordial bienvenida y les deseamos éxito a lo largo de su trayectoria estudiantil.

Durante la próxima semana, del 9 al 13 de septiembre, Grupo Cementos de Chihuahua (GCC) en vinculación con la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua llevarán a cabo la Semana de Innovación de carácter científico con diferentes conferencias, actividades y talleres orientados a la formulación de proyectos de innovación y creatividad.

Asimismo, me permito hacer una extensa invitación a la comunidad universitaria, iniciativa privada y público en general a los eventos que se llevarán a cabo durante las próximas semanas en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua como el Congreso Nacional de Paleontología del 30 de septiembre al 4 de octubre; *Hackathon Space App Challenge* (auspiciado por la NASA) del 18 al 20 de octubre; Conferencia Internacional en Aeronáutica (ICA) del 23 al 25 de octubre y el Desarrollo del Plan Hídrico Estatal (JCAS, JMAS, UACH, UACJ, UTEP, SDR) 6 y 7 de noviembre, esperamos contar con su asistencia

Finalmente, agradezco al Dr. Alberto Camacho Ríos, docente e investigador, por concedernos la entrevista central en esta edición de la revista FINGUACH.

Contenido

- 3 > **Sistemas de soporte para la toma de decisiones espaciales (SADE)**
Dr. Octavio Hinojosa de la Garza, Dr. José Luis Herrera Aguilar y el Dr. Cornelio Álvarez Herrera
- 6 > **Evolución del uso del quitosano en el tratamiento de agua**
Dr. Juan Carlos Buniño Montufar, M.I. Javier González Cantú y M.E.S Irma Liz Piñón Carmona
- 8 > **Entrevista con el Dr. Alberto Camacho Ríos**
Catedrático de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua
- 10 > **Cálculo variacional y el principio de mínima acción en física**
Ing. Francisco Javier Orozco Beica y el Dr. Juan Daniel Reyes Pérez
- 12 > **Importancia de la responsabilidad social en la minería**
M.A. Leonardo A. Llamas Jiménez
- 14 > **Conservación y restauración de la cuenca del río Presidio; delimitación de áreas prioritarias**
M.I. Miguel Ángel Méndez Alvarado, M.C. Joanna Acosta Velázquez y el Ing. José Carlos Becerra

FINGUACH es la edición institucional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), en la que predominan actividades de ciencia y tecnología con un sentido sustentable para impulsar el desarrollo económico y social, regional, nacional e internacional. El contenido de la publicación es principalmente desarrollado por investigadores de la UACH, así como de otras instituciones gubernamentales y privadas. El contenido de los artículos es responsabilidad de sus autores por lo que no necesariamente refleja el punto de vista de la institución.

Es una edición trimestral gratuita con distribución estatal y nacional en otras universidades, colegios de ingenieros, abogados, arquitectos, ciencias de la información, mineros, geólogos y topógrafos; cámaras empresariales, dependencias gubernamentales, centros de investigación y en congresos tecnológicos.

FINGUACH, Año 6, Núm. 21, septiembre - noviembre 2019, es una publicación trimestral editada por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Secretaría de Extensión y Difusión por la Facultad de Ingeniería, Circuito Universitario s/n, Nuevo Campus Universitario, 31100 Chihuahua, Chih. Tel: (614) 4429502, www.fing.uach.mx, finguach@uach.mx. Editor responsable: Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-071312482200-102, ISSN: 2448-5489, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido No. 16657 otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impreso por Carmona Impresores, Blvd. Paseo del Sol #115, Jardines del Sol, 27014 Torreón, Coah. Distribuida por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Circuito Universitario s/n, Nuevo Campus Universitario, 31100 Chihuahua, Chih. Tel: (614) 4429502. Este número se terminó de imprimir el 3 de septiembre de 2019 con un tiraje de 1,000 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Los contenidos podrán ser utilizados con fines académicos previa cita de la fuente sin excepción.

Directorio

M.E. Luis Alberto Fierro Ramírez
Rector

M.I. Javier González Cantú
Director

M.A. Jorge Alberto Arias Mendoza
Secretario Académico

Dr. Alejandro Villalobos Aragón
Secretario de Investigación y Posgrado

M.I. Rodrigo De La Garza Aguilar
Secretario de Planeación

M.I. Leticia Méndez Mariscal
Secretaria Administrativa

M.I. David Maloof Flores
Secretario de Extensión y Difusión Cultural

Consejo editorial

M.I. Javier González Cantú
Presidente

M.I. David Maloof Flores
Editor en jefe

Dra. Guadalupe Irma Estrada Gutiérrez
Editor adjunto

Dr. Luis Carlos González Gurrola
Editor adjunto

Lic. Luis Carlos González Martínez
Editor adjunto

Dr. José Luis Herrera Aguilar
Editor adjunto

M.I. Jesús Roberto López Santillán
Editor adjunto

M.E.S. Irma Liz Piñón Carmona
Editor adjunto

Dr. Alejandro Villalobos Aragón
Editor adjunto



Sistemas de soporte para la toma de decisiones espaciales (SADE)

Caso de aplicación: percepción del sismo de magnitud 5.4 en la capital de Chihuahua, Chih., Mex.



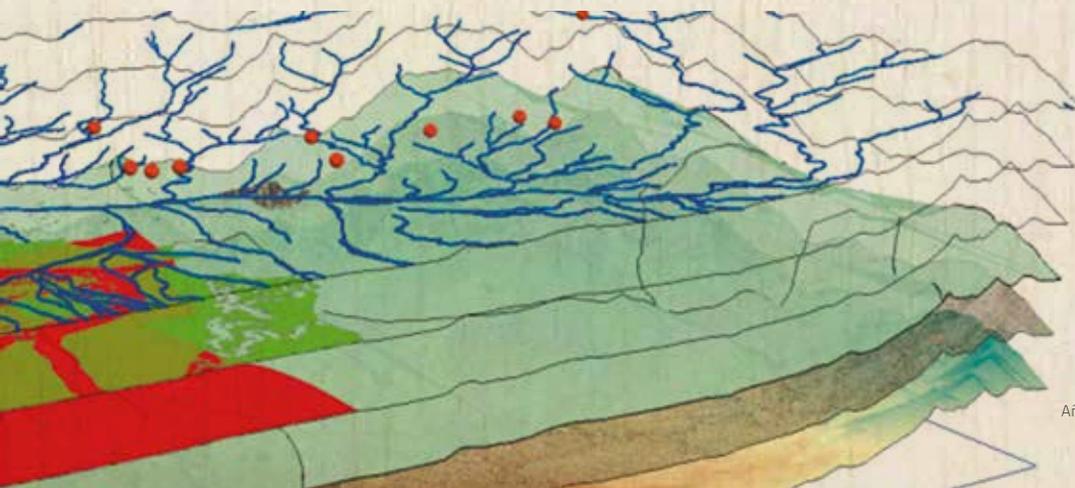
► Dr. Octavio Hinojosa de la Garza, Dr. José Luis Herrera Aguilar y el Dr. Cornelio Álvarez Herrera
Universidad Autónoma de Chihuahua /Facultad de Ingeniería
FINGUACH Año 6, Núm. 21, septiembre - noviembre del 2019

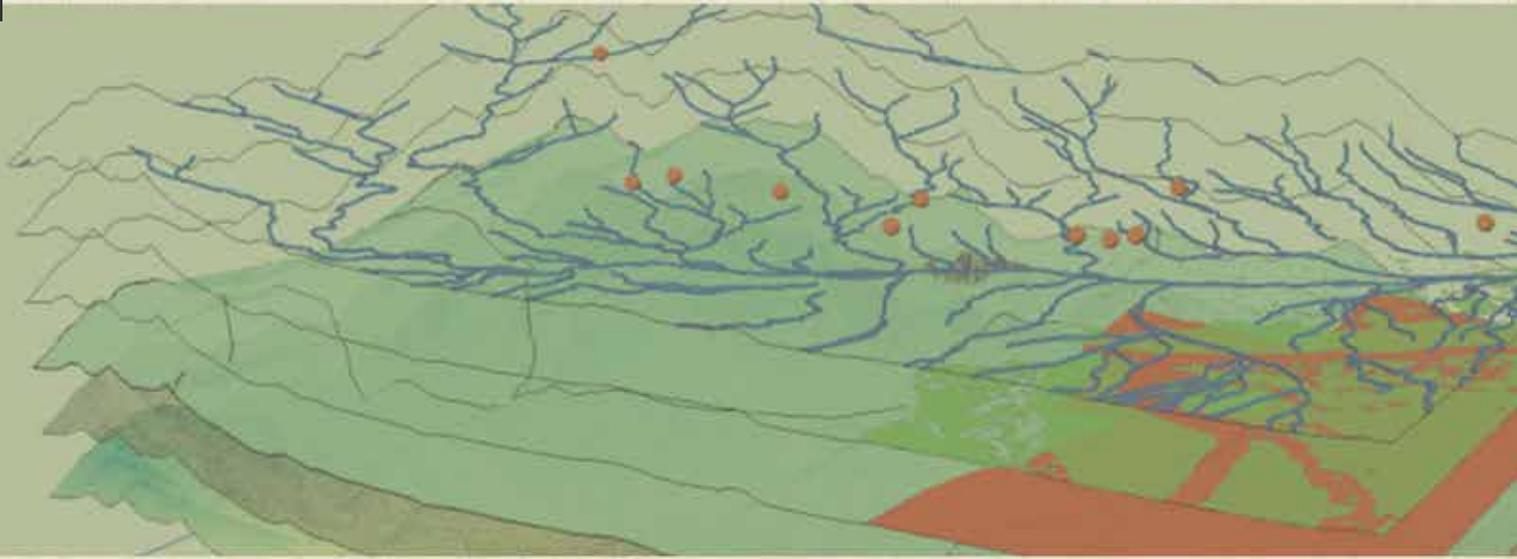
Antecedentes

Los sistemas de soporte para la toma de decisiones espaciales son cada vez más utilizados en gobiernos y centros de investigación como herramientas para la planeación estratégica, es decir los SADE permiten agrupar datos de numerosas fuentes de información usando su ubicación geográfica puntual de longitud y latitud (x,y) con lo cual se genera una base de datos espacial con toda la información unificada (Castillo Rosas, Jiménez Vélez, Monguet Fierro, & Núñez Andrés, 2015; Crossland, Wynne, & Perkins, 1995).

La representación de esta información se hace de manera gráfica a través de un sistema de información geográfica (GIS) el cual tiene entre sus características la de representar por capas o temas las bases de datos generadas, tales como la distribución de población, fallas geológicas y arroyos por mencionar algunas (Aronoff, 2004).

En el estado de Chihuahua se tienen registros de sismicidad por parte del Servicio Sismológico Nacional (SSN) del 27/10/1974 al 23/01/2019 con un total de 390 sismos medidos.





Las variables disponibles normalmente para su estudio son la fecha en formato UTM (del inglés *Universal Transverse Mercator*) este sistema de coordenadas universal se utiliza para identificar la fecha de ocurrencia de los sismos a nivel internacional, la magnitud y profundidad, el epicentro, el hipocentro, descripción de la localidad y las coordenadas para ubicar el lugar.

#Sismos ¹	Habitantes ²	Municipio	#Sismos ¹	Habitantes ²	Municipio
134	32 325	Saucillo	2	2 290	San Francisco de Borja
40	6 458	Guadalupe	1	22 302	Aldama
40	5 105	Valle de Zaragoza	1	28 766	Bocoyna
33	48 748	Camargo	1	22 378	Buena Ventura
23	8 998	Guazapares	1	154 639	Cuauhtémoc
20	3 662	Satevó	1	5 414	Cusiuhuirachi
16	8 441	Chinipas	1	137 935	Delicias
11	3 982	La Cruz	1	3 937	Santa Isabel
10	2 983	San Francisco de Conchos	1	53 499	Guadalupe y Calvo
7	41 265	Jiménez	1	4 953	Julimes
6	39 626	Guerrero	1	29 611	Madera
5	11 457	Ahumada	1	1 921	Maguarichi
5	1 681	Coyame del Sotol	1	8 343	Morelos
4	819 543	Chihuahua	1	2 849	Nonoava
4	10 953	Janos	1	59 337	Nuevo Casas Grandes
2	17 672	Balleza	1	8 012	Riva Palacio
2	14 362	Batopilas de Manuel Gómez Morín	1	16 785	Rosales
2	10 587	Casas Grandes	1	2 235	Rosario
2	2 911	Dr. Belisario Domínguez	1	4 753	San Francisco del Oro
2	49 689	Guachochi	1	6 211	Temósachic

1.- Censo de población y vivienda 2010-INEGI.

2.- Catálogo Servicio Sismológico Nacional 19000101_20190123.

Tabla 1. Sismos en el estado de Chihuahua n=390.

Materiales y métodos

El día 21 de septiembre de 2013, el SSN reportó un sismo con magnitud de 5.4 a las 6:16 hora local de Chihuahua, el cual fue localizado a 54 Km al suroeste de la Cd. de Delicias, Chih., con una profundidad de 3 Km (UNAM/SSN, 2019).

Se realizó una encuesta en la ciudad de Chihuahua para determinar la magnitud percibida por parte de la población con respecto al evento sísmico, para ello se utilizó la escala de Mercalli Modificada (MMI) la cual mide la intensidad del movimiento del suelo desde la perspectiva de las personas durante un evento sísmico, en una escala que va de 1=muy débil, 2=débil, 3=leve, 4=moderado, 5=poco fuerte hasta 10

(daños muy fuertes) capturando las coordenadas (xy) de toda la información generada (Vaca & Darío, 2018).

Se realizó una interpolación de inverso a la distancia ponderada (IDW de sus siglas en inglés) de las magnitudes sobre encuestas, así como la georreferenciación de la carta geológica publicada por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) en una escala de 1:50 000 (Villatoro, Henríquez, & Sancho, 2007).

La carta geológica con número 717H13-C66 cuenta con los detalles de las fallas geológicas presentes en la ciudad, la cual nos permite tratar de entender y buscar posibles relaciones en la propagación del sismo (Vargas Easton, Inzulza Contardo, Pérez Tello, Ejsmentewicz Cáceres, & Jiménez Yáñez, 2018).

Para su análisis se integró toda la información en una base de datos espacial dentro de un Sistema de Información Geográfica utilizando el *software* Arcmap.

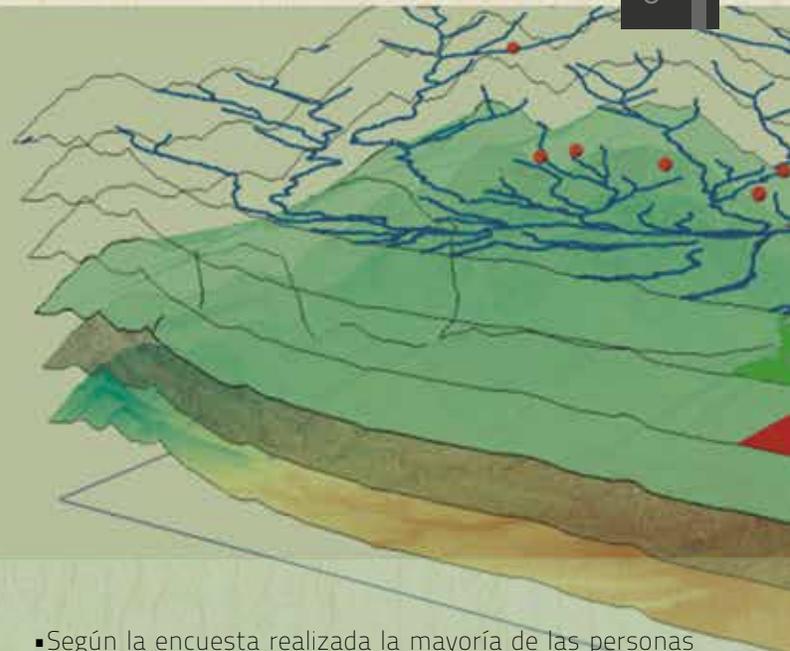
Resultados

Se realizaron un total de 201 encuestas en la ciudad de Chihuahua, Figura 1.

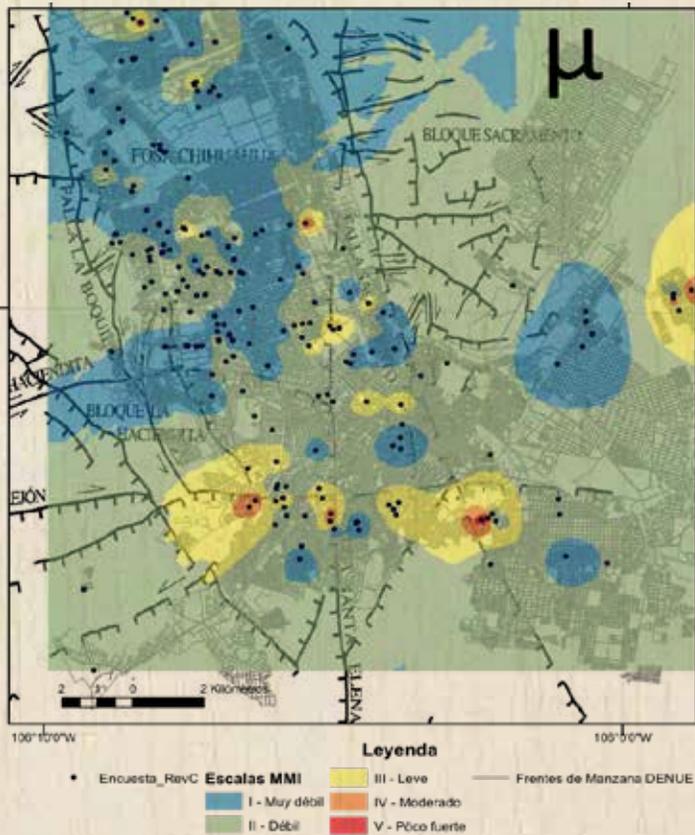


Figura 1. Percepción del sismo del 21 de septiembre del 2013 en la ciudad de Chihuahua, Escala MMI.

Se generó una interpolación de inverso a la distancia de las magnitudes percibidas por la población en las encuestas contra los esquemas estructurales reportados por el SGM en la carta geológica para la ciudad de Chihuahua.



Donde los colores con tonalidad más cálida (rojo) muestran las zonas con mayor percepción de movimiento (Mapa 1).



Mapa 1. Mapa de intensidad MMI para la ciudad de Chihuahua

Conclusiones

El SADE se presenta como una herramienta para apoyar en la toma de decisiones espaciales y nos permite integrar información de diferentes medios sociales y digitales de manera multidisciplinaria lo cual nos da la posibilidad de construir una ciudad del conocimiento para Chihuahua.

- Según la encuesta realizada la mayoría de las personas percibieron el sismo de manera muy débil, sin embargo, las personas que describieron categorías 4-5 fueron desperdadas debido a la sensación de movimiento de objetos, lo cual se relaciona de manera aparente con su distancia a las fallas geológicas, entre ellas las fallas Santa Elena y Rejón.
- La carta del servicio geológico marca con signos de interrogación zonas importantes del subsuelo donde se encuentra asentada la ciudad.
- Se necesita realizar una campaña para obtener más detalles del impacto sísmico en la ciudad y practicar simulaciones de evacuación de manera preventiva.

Referencias

- Aronoff, S. (2004). *Remote sensing for GIS managers*. Environmental Systems Research.
- Castillo Rosas, J. D., Jiménez Vélez, Á. F., Monguet Fierro, J. M., & Núñez Andrés, M. A. (2015). Conceptualización y desarrollo de un sistema para el soporte a la decisión espacial colectiva: el sistema geoespacial de inteligencia colectiva. 10th Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, 176–179.
- Crossland, M. D., Wynne, B. E., & Perkins, W. C. (1995). *Spatial decision support systems: An overview of technology and a test of efficacy*. *Decision Support Systems*, 14(3), 219–235. [https://doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00018-N](https://doi.org/10.1016/0167-9236(94)00018-N)
- UNAM/SSN. (2019). Servicio Sismológico Nacional e Instituto de Geofísica UNAM. Retrieved January 23, 2019, from 2019 *website*: <http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/>
- Vaca, E., & Dario, J. (2018). Elaboración de herramientas informáticas de visualización y análisis sísmico para la plataforma virtual del GRISSUTPL.
- Vargas Easton, G., Inzulza Contardo, J., Pérez Tello, S., Ejsmentewicz Cáceres, D., & Jiménez Yáñez, C. (2018). ¿Urbanización fallada? La Falla San Ramón como nuevo escenario de riesgo sísmico y la sostenibilidad de Santiago, Chile. *Revista de Urbanismo*; Núm. 38 (2018): JunioDO - 10.5354/0717-5051.2018.48216 . Retrieved from <https://revistas.uchile.cl/index.php/RU/article/view/48216>
- Villatoro, M., Henríquez, C., & Sancho, F. (2007). Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial de pH, CA, CICE y P del suelo. *Agronomía Costarricense*, 32(1).

Evolución del uso del quitosano en el tratamiento de agua

Dr. Juan Carlos Burillo Montufar, M.I. Javier González Cantú y M.E.S. Irma Liz Piñón Carmona

Universidad Autónoma de Chihuahua /Facultad de Ingeniería
FINGUACH Año 6, Núm. 21, septiembre - noviembre del 2019

El quitosano es un biomaterial polimérico con diversas aplicaciones. En medicina se emplea en la ingeniería de tejidos, liberación de drogas, vendaje para heridas, biosensores, el tratamiento de las úlceras gástricas y la adhesión a células cancerígenas; en nutrición como ingrediente dietético, preservador de alimentos, agente emulsificante; en biocatálisis para atrapar o liberar enzimas; en la agricultura como pesticida natural; en la industria como material protector para las pinturas de los coches; y en el tratamiento de aguas naturales y residuales para remover contaminantes tales como colorantes y metales pesados. El descubrimiento del quitosano y su caracterización inició en el siglo XIX más como un interés científico pero evolucionó y su empleo actual es de tipo médico, agrícola, industrial y ambiental (Zhang *et al.* 2016; Pakdel y Peighambaroust 2018). A continuación se presenta una breve historia de los orígenes del quitosano así como los más recientes avances tecnológicos para el tratamiento del agua.

Historia del quitosano (Ambore *et al.*, 2013)

- En 1811 el naturalista francés Braconnot, al estudiar los hongos descubrió la quitina de la que se obtiene el quitosano. El quitosano es un material que se obtiene del esqueleto de varios crustáceos. Por ejemplo del caparazón de la langosta, el camarón y el cangrejo, entre otros.
- 20 años después Lassaingne publicó un artículo donde mencionaba la presencia de quitosano en la estructura de los insectos y las plantas dándole el nombre de quitina. La palabra quitina se deriva del griego "quitón" cuyo significado es túnica, cáscara, envoltura, entre otros. Este mismo material fue estudiado por Lassaingne quien encontró nitrógeno en su estructura.
- Después del descubrimiento de la quitina se dio el del quitosano. Fue descubierto por primera vez por el científico Rouget mientras trabajaba con quitina. Rouget logró obtener quitosano soluble mediante tratamientos químicos y térmicos.
- En 1878 Ledderhose reportó que la quitina es una combinación de moléculas de glucosamina y ácido acético. En 1894 el científico Hoppe-Seyler describió al quitosano como un derivado de la quitina.
- A partir de 1920 el quitosano se convirtió en un material popular para proyectos de investigación. Muchos investigadores lo obtenían de cangrejos, conchas y setas.
- Rammelberg en 1930 trabajó con diversos productos naturales y descubrió que en muchos de ellos se encontraba pre-

sente la quitina. Además se dio cuenta de que hidrolizando la quitina de muchas formas se obtenía un polisacárido de la glucosamina.

- En 1950 el empleo de la técnica de rayos X mejoró el estudio de la presencia de quitina y quitosano en los hongos. Esta técnica ha permitido identificar además la celulosa en las paredes celulares de las plantas. Después de 140 años de los primeros trabajos sobre quitina publicados por Braconnot se editó en 1951 el primer libro sobre quitosano.

Aplicación del quitosano para el tratamiento de agua

En Chihuahua se han empleado exitosamente los hidrogeles de quitosano para remover simultáneamente arsénico y flúor del agua subterránea (Pamila, 2019). El uso de la quitina y el quitosano en el tratamiento de las aguas es muy amplio ya que se han eliminado con estos materiales contaminantes como colorantes, metales pesados y compuestos orgánicos. Estos materiales son de bajo costo por lo que se han utilizado en el tratamiento de aguas. El quitosano se usa como adsorbente, coagulante-floculante y bactericida en el tratamiento de aguas residuales. La mayor efectividad de este material para coagular y flocular suspensiones orgánicas se da a pH neutro y con alto grado de purificación (desacetilación) empleando por lo general muestras de quitosano de bajo peso molecular.

La tabla siguiente muestra el uso actual del quitosano en el tratamiento de agua:

Quitosano (CS)	Contaminante(s)	Eficiencia de remoción (%)	Cita
Floculante			
CS/PAL/PSD	DQO, SS, Al ³⁺	1.8-23.7, 50, 61-85.5	Zenget <i>et al.</i> (2008)
CS-glutaraldehído	Aceites	99	Zhang <i>et al.</i> (2013)
CS-polianión	Turbidez	65-72	Savant y Torres (2008)
CS	DQO	86	Hui y Li (2003)
CS	Turbidez	97.5	Altaher (2012)
CS	Tinte: congo rojo	94.5	Patel y Vashi (2012)
Adsorbente			
CS-Lodo activado	Cd ²⁺ , Pb ²⁺	96.08, 95.76	Zhao <i>et al.</i> (2017)
FMCB	As ³⁺ , As ⁵⁺	39.1, 54.2 mg/g	Qi <i>et al.</i> (2015)
CS y cáscara de huevo	Cr ⁶⁺ , Fe ³⁺ , Ni ²⁺ , Hg ²⁺	90	Renge <i>et al.</i> (2012)
Bactericida			
TSCS	Cu ²⁺ , E. coli	99	Ahmad <i>et al.</i> (2015)
CS	Turbidez, SS, DQO, NH ₄ , PO ₄ ³⁻ , Edwardsiella ictaluri	90, 61, 69.7, 89.2, 95.6	Chung (2006)

Tabla 1. Uso actual del quitosano en el tratamiento del agua.

Se observa en la tabla anterior que el quitosano puede remover simultáneamente contaminantes. Estos contaminantes pueden ser tanto orgánicos como inorgánicos. En el caso de indicadores de contaminación de tipo orgánico se incluye: la Demanda Química de Oxígeno (DQO) aceites, tintes, bacterias (por ejemplo E. Coli); mientras que los contaminantes inorgánicos son metales y metales pesados como hierro (Fe), cobre (Cu), cadmio (Cd), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), mercurio (Hg), entre otros. Las eficiencias de remoción dependerán de la calidad del agua del afluente y de las condiciones de operación y funcionamiento del sistema de tratamiento. En la tabla se muestra las eficiencias de remoción que pueden llegar a ser altas o muy altas con valores que van entre el 65 y el 99 %.

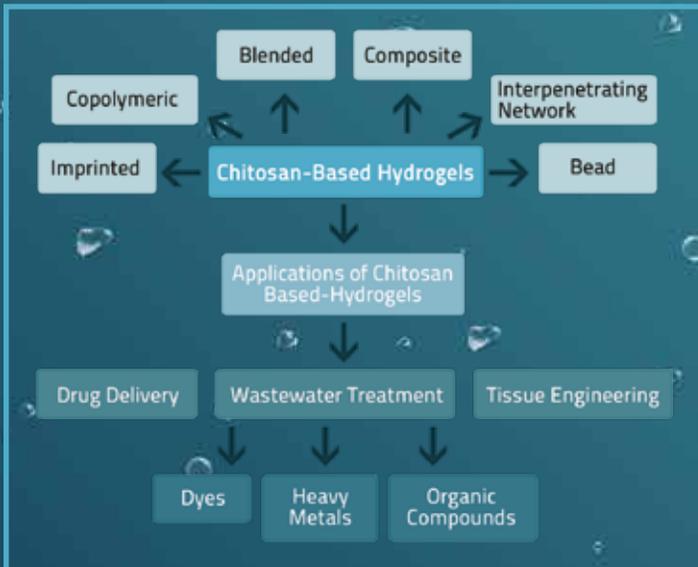


Figura 1. Los hidrogeles de quitosano y su aplicación en el tratamiento del agua. (Pakdel y Peighamardoust, 2018).

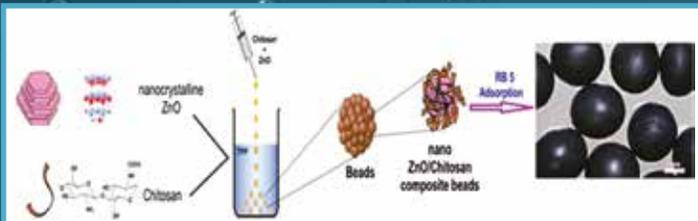


Figura 2. Proceso de preparación del hidrogel CS/ZnO. (Pakdel y Peighamardoust, 2018).



Referencias

- Ahmad M. Ahmed S., Swami B.L., Ikram S. (2015) Preparation and characterization of antibacterial thiosemicarbazide chitosan as efficient Cu(II) adsorbent. *Carbohydrate polymers*, 132: 164-172
- Altaher H. (2012) The use of chitosan as a coagulant in the pre-treatment of turbid sea water. *Journal of Hazardous Materials*, 233-234: 97-102
- Ambore S.M., Khantale S, Gavit M., Rathod C., Dhadwe A. (2013) A brief overview of chitosan applications. *Indo American Journal of Pharmaceutical Research*, 3(12) ISSN NO: 2231-6876
- Chung Y.C. (2006) Improvement of aquaculture wastewater using chitosan of different degrees of deacetylation. *Environmental Technology*, 27(11): 1199-1208
- Hui H., Li C. (2003) Studies on flocculation efficiency of chitosan treating waste water of FenSi production. *Guangxi Journal of Light Industry*.
- Pakdel P.M., Peighamardoust S.J. (2018) Review on recent progress in chitosan-based hydrogels for wastewater treatment application. *Carbohydrate Polymers*, 201: 264-279
- Pamila Tecuautzin I. (2019) Remoción de arsénico y flúor del agua subterránea de Chihuahua mediante hidrogeles de quitosano sintetizados con radiación gamma. *Tesis de Maestría en Ingeniería UACH*.
- Patel H., Vashi R.T. (2012) Removal of Congo Red dye from its aqueous solution using natural coagulants. *Journal of Saudi Chemical Society*, 16(2): 131-136
- Qi J, Zhang G., Li H. (2015) Efficient removal of arsenic from water using a granular adsorbent: Fe-Mn binary oxide impregnated chitosan bed. *Bioresource Technology*, 193: 243-249 <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.06.102>
- Renge V.C., Khedkar S.V., Pande S.V. (2012) Removal of heavy metals from wastewater using low cost adsorbents: A review. *Scientific Reviews and chemical communications*, 2(4): 580-584
- Savant V.D., Torres A., (2008) Chitosan-based coagulating agents for treatment of cheddar cheese whey. *Biotechnology progress* <https://doi.org/10.1021/bp0001260>
- Zhang S., Lu F., Tao L., Liu N., Gao C., Feng L., Wie Y. (2013) Bio-Inspired Anti-Oil-Fouling Chitosan-Coated Mesh for Oil/Water Separation Suitable for Broad pH Range and Hyper-Saline Environments. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 5(22): 11971-11976
- Zhang L., Zeng Y., Cheng Z. (2016) Removal of heavy metal ions using chitosan and modified chitosan: A review. *Journal of Molecular Liquids*, 214: 175-191
- Zhao Zuo-ping; Duan Min, Liu Zhi-feng, Tang Bo, Tong Yan-an (2017) Research on Adsorption Performance of Chitosan-Activated Sludge composite adsorbent to Cadmium and Lead in Wastewater. *Journal of Ecology and Rural Environment*.



Dr. Alberto Camacho Ríos

Catedrático de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua

En esta edición el Doctor en Matemática Educativa, Alberto Camacho Ríos, concedió una entrevista para la revista Finguach en la que habló acerca de la importancia que tiene la enseñanza de las ciencias básicas en la formación de los ingenieros debido a su carácter formativo ya que capacita a los alumnos para razonar y ser creativos e innovadores en la solución de problemas y por su carácter herramental, ya que los prepara para una mejor comprensión de la ingeniería, así mismo habló acerca de su formación académica y los proyectos en los que trabaja actualmente en las instituciones educativas en las que labora.

El Dr. Camacho Ríos es catedrático en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua donde imparte el curso de Ecuaciones Diferenciales Parciales y en el Instituto Tecnológico de Chihuahua.

"Trabajé aproximadamente 15 años como topógrafo y a raíz de ello me interesé por el estudio y enseñanza de las matemáticas, así que estudié una Licenciatura en Enseñanza de las Matemáticas en la Universidad Autónoma de Juárez y posteriormente hice una Maestría en Ciencias y un Doctorado en Ciencias en el Centro de Investigaciones Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional".

El Doctor ha laborado en la Facultad de Ingeniería desde hace aproximadamente veinte años: *"Recuerdo haber impartido los*

cursos básicos elementales cuando se abrieron las licenciaturas de matemáticas y física, eran cursos de cálculo, cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales y con el tiempo tuve la oportunidad de impartir el curso de ecuaciones diferenciales parciales que es el que más me ha ocupado los últimos años, ya que es un curso muy diferente a los que generalmente se imparten en ambas carreras, ya que tiende más a lo que es la matemática aplicada y la física-matemática; no es un curso riguroso y según mi experiencia resulta de bastante interés para los estudiantes ya



que es una derivación de los cursos anteriores que llevaron de matemáticas. El curso en sí mismo tiene un valor agregado a los cursos anteriores debido a que es una extensión del estudio de las ecuaciones diferenciales ordinarias que ven originalmente y en ese sentido se estudian las ecuaciones diferenciales tanto en su aplicación como en su extensión. La parte más rica del curso son los sistemas ortogonales que derivan en las ecuaciones diferenciales".

El Doctor agregó que imparte el curso tanto a los alumnos de la licenciatura como a los del doctorado, sin embargo recalcó que en el doctorado lo que hace es desempolvar a los estudiantes en esa área, ya que generalmente son profesionistas o profesores de la misma Facultad, por lo que retoman los principios básicos del conocimiento de las matemáticas y posteriormente se apegan a una disciplina con una riqueza muy valiosa que son las ecuaciones diferenciales.

"Yo creo que las ciencias básicas son fundamentales en cualquier carrera, sin ellas es imposible hablar de un ingeniero, yo parto de esa premisa, el ingeniero conoce de matemáticas, conoce de física y ciencias básicas y por eso se le llama ingeniero, el resto es parte de la especialidad que va a adquirir, pero la solidez la adquiere desde las ciencias básicas por lo que deben ser materias del tronco común. Desafortunadamente en nuestras instituciones educativas los estudiantes llevan estas materias y les resultan tan complicadas que después de aprobarlas terminan por olvidarse de lo aprendido y debería de ser todo lo contrario, el estudiante debería de adquirir esa solidez y reafirmarla para su especialidad".

Acerca de sus proyectos el Dr. Camacho comentó: "Mi pasión es la enseñanza de las matemáticas educativas y debido a mi trabajo como profesor he tenido que posponer algunos proyectos como la escritura de artículos y la asistencia a congresos para continuar capacitándome, sin embargo tengo varios años trabajando en un proyecto muy importante de investigación y reconocimiento de los sistemas de medición que se emplearon antiguamente en algunas civilizaciones. Hace aproximadamente seis años inicié con este trabajo de investigación y ha sido muy satisfactorio personalmente ya que he encontrado irre-

gularidades que jamás se han puesto en evidencia, sin embargo me falta mucho por consultar y estudiar ya que es mucho el material que existe sobre el tema, yo había idealizado un libro de 200 páginas aproximadamente, sin embargo he pensado en la posibilidad de sacar varios volúmenes ya que la información me ha rebasado, pues estos sistemas fueron utilizados por diferentes culturas y civilizaciones a lo largo de siglos, desde la época de los egipcios hasta las culturas mesoamericanas y tratar de poner en evidencia a un mismo sistema de medición es una tarea bastante compleja que tiene que ver no solo con las matemáticas sino con varias disciplinas como la arqueología, arquitectura, historia y topografía por citar algunas, así que me encuentro ante todo un reto personal. A la fecha he publicado un par de artículos relacionados con el tema".

Por otra parte el Doctor comentó que debido al creciente uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas y lo costosas que son algunas aplicaciones trabaja en coordinación con algunos de sus estudiantes en la creación de un software: "En la Facultad usamos mucho el software Wolfram Mathematica en algunos cursos, sin embargo es un programa comercial muy caro que oscila entre 300 y 500 dólares por licencia para cada estudiante, así que desde hace algún tiempo hemos apostado por utilizar otro tipo de aplicaciones que se puedan bajar a los teléfonos móviles de los alumnos y que desde ahí puedan operacionalizar el mismo tipo de problemas, de modo que lo hagamos directamente en el aula sin necesidad de bajarlo a una computadora. Este proyecto lo trabajo principalmente con los estudiantes del Tecnológico de Chihuahua, ahí doy clases en la Maestría de Sistemas Computacionales y actualmente tenemos un par de proyectos en los cuales elaboramos aplicaciones que puedan resolver ecuaciones diferenciales que en su haber tienen una función periódica que solamente se resuelve con una serie de Fourier y que por ejemplo Wolfram Mathematica y las aplicaciones que se bajan a los móviles actualmente no resuelven, así que nuestro objetivo es desarrollar este tipo de software e incluso llevarlo hasta el propio móvil de los estudiantes".



Dr. Alberto Camacho Ríos y el Dr. José Luis Herrera Aguilar

Cálculo variacional y el principio de mínima acción en física

➤ Ing. Francisco Javier Orozco Beiza y Dr. Juan Daniel Reyes Pérez

Universidad Autónoma de Chihuahua / Facultad de Ingeniería
FINGUACH Año 6, Núm. 21, septiembre - noviembre del 2019

En diversas situaciones cotidianas o de ingeniería suele ser común escuchar la palabra óptimo. Las personas quieren optimizar su tiempo o el rendimiento de combustible de su auto y las industrias requieren optimizar sus recursos y materiales. Optimizar generalmente implica maximizar o minimizar algo. Por ejemplo, en la industria de diseño automotriz, un problema típico de optimización es el de maximizar el volumen o capacidad de la carrocería con el material mínimo posible. Como éste hay una infinidad de ejemplos en donde se busca obtener el mejor resultado con los mínimos recursos.

Nuestro primer acercamiento formal a los problemas de optimización seguramente fue cuando trabajamos con aplicaciones del cálculo diferencial para obtener los extremos de una función con una o varias variables y determinar sus valores máximos o mínimos. Un problema de libro de texto (y una versión simplificada del problema de la carrocería de un auto) es el de encontrar las dimensiones de un rectángulo hecho con un pedazo de alambre de longitud fija, de tal modo que el área encerrada por el rectángulo sea máxima. Si la longitud de la base del rectángulo es su altura tendrá dimensiones y por tanto su área será una función de la longitud de la base dada por la expresión:

$$\begin{aligned}
 & a/2 - x \\
 A(x) &= x(a/2 - x) = xa/2 - x^2 \\
 A'(x) &= a/2 - 2x = 0 \\
 x &= a/4 \\
 & (t_1, t_2) \\
 S &= \int_{t_1}^{t_2} L dt \\
 & \int_V \mathcal{L} d^3x dt
 \end{aligned}$$

El valor que maximiza el área lo obtenemos igualando a cero la derivada de esta función, es decir la solución que maximiza el área es un cuadrado.

Pero ¿qué pasa si ahora tenemos la libertad de escoger no un cuadrado sino una figura arbitraria? (podemos doblar nuestro alambre de forma arbitraria, por ejemplo formando una estrella, un óvalo, entre otros). Para este problema general, el área encerrada por el alambre no depende de un simple número x , sino de algo más complicado, una función $f(t)$ que describe la forma exacta de la figura. Para resolver este problema necesitamos encontrar máximos y mínimos, no de funciones $A(x)$ de una variable numérica x , sino de funciones $A(f)$. Este es el dominio del cálculo variacional que lidia con funcionales (funciones que dependen de otras funciones) y que generaliza el concepto de derivada que mide la razón de cambio de un funcional, no al variar un número sino toda una función.

Otro ejemplo clásico de minimización de funcionales es el de determinar la forma de una película jabonosa que se forma dada una frontera. Las superficies minimales forman un área de estudio en las matemáticas, en donde se estudian superficies de tensión superficial mínima como la catenoides (Figura 1); podemos ver que entre todas las superficies posibles que pueden unir las fronteras dadas solo existe una en particular que hace que la tensión superficial de la burbuja de jabón sea mínima (Galaz, 2014).

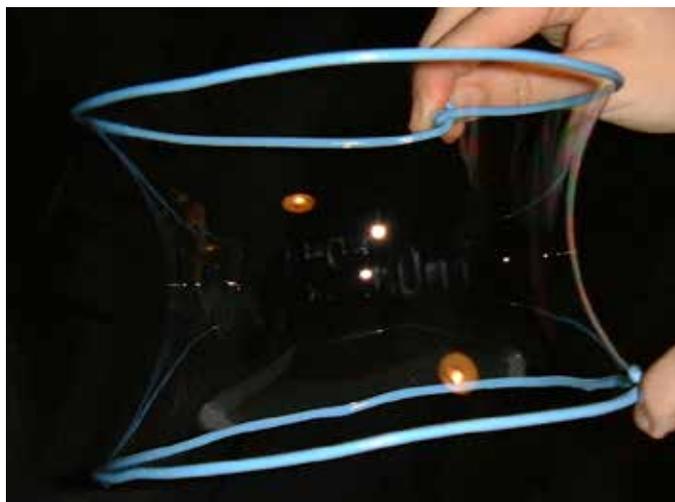


Figura. 1. Catenoides de jabón entre dos fronteras.

El cálculo variacional tiene aplicaciones en distintos problemas prácticos y teóricos en ingeniería, economía y matemáticas, pero resulta aún más fundamental en nuestra descripción actual del universo y las leyes de la física. La naturaleza también tiende a minimizar o encontrar soluciones óptimas. En el siglo XVIII teóricos como Lagrange y Hamilton observaron un hecho peculiar y profundo de la naturaleza: las trayectorias de las partículas físicas (descritas por funciones matemáticas) son tales que minimizan una cantidad física S llamada acción (Lanczos, 1949). Más específicamente, la acción de una partícula en un intervalo de tiempo $[\]$ es la integral en el tiempo que corresponde a la diferencia de energía cinética de la partícula menos su energía potencial. La diferencia de energía cinética y energía potencial es llamada el Lagrangiano de la partícula y entonces la acción está dada por la fórmula.

Esta cantidad física asociada a la partícula tiene unidades de energía por tiempo y depende matemáticamente de la trayectoria seguida por la partícula. Dado este hecho de la naturaleza, podemos adoptar una nueva perspectiva sobre el movimiento de una partícula, por ejemplo una bala de cañón y concluir que la bala sigue una trayectoria parabólica (ignorando el viento) porque ésta es precisamente la trayectoria que minimiza su acción S . Si calculamos la energía cinética que tendría la misma bala de cañón moviéndose en *zigzag*, restamos su energía potencial e integramos en un intervalo de tiempo, el resultado sería una cantidad mayor para la acción S . La trayectoria en *zigzag* para el movimiento de la bala no minimiza su acción y por eso nunca vemos una bala de cañón moviéndose en *zigzag* después de ser disparada. De igual forma podemos pensar que la tierra se mueve en una trayectoria elíptica alrededor del sol y no en una trayectoria rectangular o en forma de corazón, porque la trayectoria elíptica da un valor para la acción menor que cualquiera de las otras trayectorias.

Aunque esta perspectiva pudiera parecer más complicada e innecesaria, comparada al menos con las leyes básicas del movimiento en mecánica resumidas por Newton el enorme poder de este enfoque es su generalidad casi universal. Las leyes de Newton para una pelota o bala de cañón no se generalizan a un electrón o a un fotón. Por otro lado, el llamado principio de mínima acción de Hamilton sí puede generalizarse, no solo a todas las partículas macroscópicas sino también a las microscópicas y sus interacciones. Durante el siglo pasado, los físicos descubrieron que todas las partículas elementales y las interacciones fundamentales que conocemos entre ellas, como el electromagnetismo y la fuerza gravitacional tienen una acción asociada y se comportan de tal manera que siempre tienden a minimizar esta acción. El campo eléctrico y el rayo producido en una tormenta tienen esa configuración porque es precisamente esta configuración del campo la que minimiza su acción.

Uno de los problemas en física teórica es encontrar la forma

de la acción asociada con cada interacción de la naturaleza o sistema físico. Para el caso de los campos como el electromagnético o la gravitación, que a diferencia de una partícula localizada en un punto se encuentran o llenan todo el espacio, la acción es también una integral pero ahora en el tiempo y en el espacio: una integral múltiple de volumen sobre una región.

Nuestro entendimiento actual y más profundo de las leyes físicas está dado en términos de un principio de mínima acción. De hecho, fue esta perspectiva la que permitió desde el siglo pasado el descubrimiento de nuevas partículas elementales como el famoso bosón de Higgs y el entendimiento de las fuerzas nucleares (Quigg, 1997). La acción no solo codifica las trayectorias o configuraciones de los campos, sino también sus simetrías y cantidades conservadas como la energía.

A pesar de todo esto y sorprendentemente aún existen muchas preguntas y aspectos por explorar sobre estas formulaciones. En particular, el papel que juega el borde o frontera de la región de integración en las acciones de los campos electromagnéticos o gravitacionales. Para ilustrar en el caso electromagnético, el comportamiento del campo en estas fronteras puede proporcionar información sobre lo que pasa dentro de la región, por ejemplo la cantidad de carga contenida dentro de la misma. En el caso gravitacional, estas fronteras pueden coincidir o modelar agujeros negros y proporcionarnos información sobre los mismos (Ashtekar, 1998).

Actualmente en la Facultad de Ingeniería de la UACH se investigan varias de estas implicaciones para acciones de la teoría electromagnética y para el estudio de fenómenos gravitacionales y agujeros negros, esto como temas de tesis de la Maestría en Ciencias Básicas y como parte del proyecto PRODEP "Gravitación cuántica y agujeros negros".

Referencias:

- Ashtekar A *et. al.* (1998) Isolated horizons: A generalization of black hole mechanics. *Class.Quant.Grav.*16:L1-L7. arXiv:gr-qc/9812065v1.
- Corichi A, Reyes J. (2016) Weakly isolated horizons: First order actions and gauge symmetries. 10.1088/1361-6382/aa631c. arXiv:1612.01462v1.
- Galaz F. (2014). Superficies minimales. *Miscelanea matemática* 39. pp. 31-48.
- Lanczos C. (1949) *The variational principles of mechanics*. Dover. 4 ed. Canadá.
- Quigg C. (1997) *Gauge theories of the strong, weak, and electromagnetic interactions*. ABP. 1 ed. Illinois EUA.

Importancia de la responsabilidad social en la minería

➤ M.A. Leonardo A. Llamas Jiménez

Universidad Autónoma de Chihuahua /Facultad de Ingeniería
FINGUACH Año 6, Núm. 21, septiembre - noviembre del 2019

A partir del inicio del presente siglo, la minería ha experimentado importantes cambios, uno de ellos es el aspecto ético, del cual gran parte deriva en la responsabilidad social, sin perder de vista la conservación de aspectos como el social, la rentabilidad y el medio ambiente de la empresa.

Las normas ecológicas juegan un papel muy importante en esta industria, como lo son las disposiciones de los residuos generados por las empresas mineras, en este sentido, las empresas han implementado sistemas específicos de gestión de calidad, del medioambiente, seguridad y salud laboral.

Aunado a lo anteriormente descrito se suma la responsabilidad social empresarial, misma que integra a los valores, la misión y las estrategias de la empresa.

Pero, ¿qué es la responsabilidad social? no es un concepto nuevo. Se pueden situar sus orígenes en la década de 1950 aunque algunos lo pueden ubicar en el siglo XIX al atribuirlo a las prácticas de empresarios modelos como Owen o Cadbury (Bestraten y Pujol, 2004). No obstante, la responsabilidad social ha tomado auge y (Castka y Balzarova, 2007) ha ganado mayor popularidad, convirtiéndose así en un concepto de moda (Nieto y Fernández, 2004) que previsiblemente se formaliza como un vector clave de negocio y se puede definir como el conjunto de acciones que toma una organización, a fin de asumir las responsabilidades derivadas del impacto de sus actividades sobre la sociedad y el medioambiente donde se desarrolla su actividad (ISO, 2008).

La responsabilidad social no realiza únicamente actividades filantrópicas como la colaboración con organizaciones

no gubernamentales, sino que involucra a toda la empresa y busca el bienestar de todas las partes relacionadas de la empresa: consumidores, trabajadores, accionistas, sector gubernamental, sindicatos, proveedores y sociedad en general.

La responsabilidad social tiene un componente interdisciplinar que integra cuatro grandes áreas en términos de responsabilidad (Carroll, 1979): económicas, legales, éticas y filantrópicas. Esta gran herramienta de gestión se orienta hacia la excelencia de la empresa a largo plazo y se caracteriza por la instauración de una nueva cultura empresarial (Galán, 2008) basada en criterios de legitimidad, respeto, honradez, transparencia, responsabilidad y solidaridad.

Habiendo tenido como marco la definición de lo que es responsabilidad social, mencionaremos que el organismo internacional que evalúa el desempeño de esta importante actividad es el GRI (iniciativa de reporte global) quien ha desarrollado una serie de parámetros en los cuales se mide el grado de cumplimiento de las empresas en el compendio internacional, en lo que al ámbito nacional se refiere, el organismo encargado de llevar a cabo la evaluación del desempeño de las empresas en el territorio nacional es el Centro Mexicano para la Filantropía (CEMEFI) quien otorga el distintivo ESR (Empresa Socialmente Responsable) basado en los siguientes puntos: vinculación con la comunidad, vinculación con el medio ambiente, ética y gobernabilidad empresarial.

En cuanto a la vinculación con la comunidad nos referiremos a la aportación para el bienestar económico y social de la comunidad, donativos para las causas sociales como lo es la participación con apoyos para realizar actividades diversas para la comunidad, apoyo a escuelas y programas

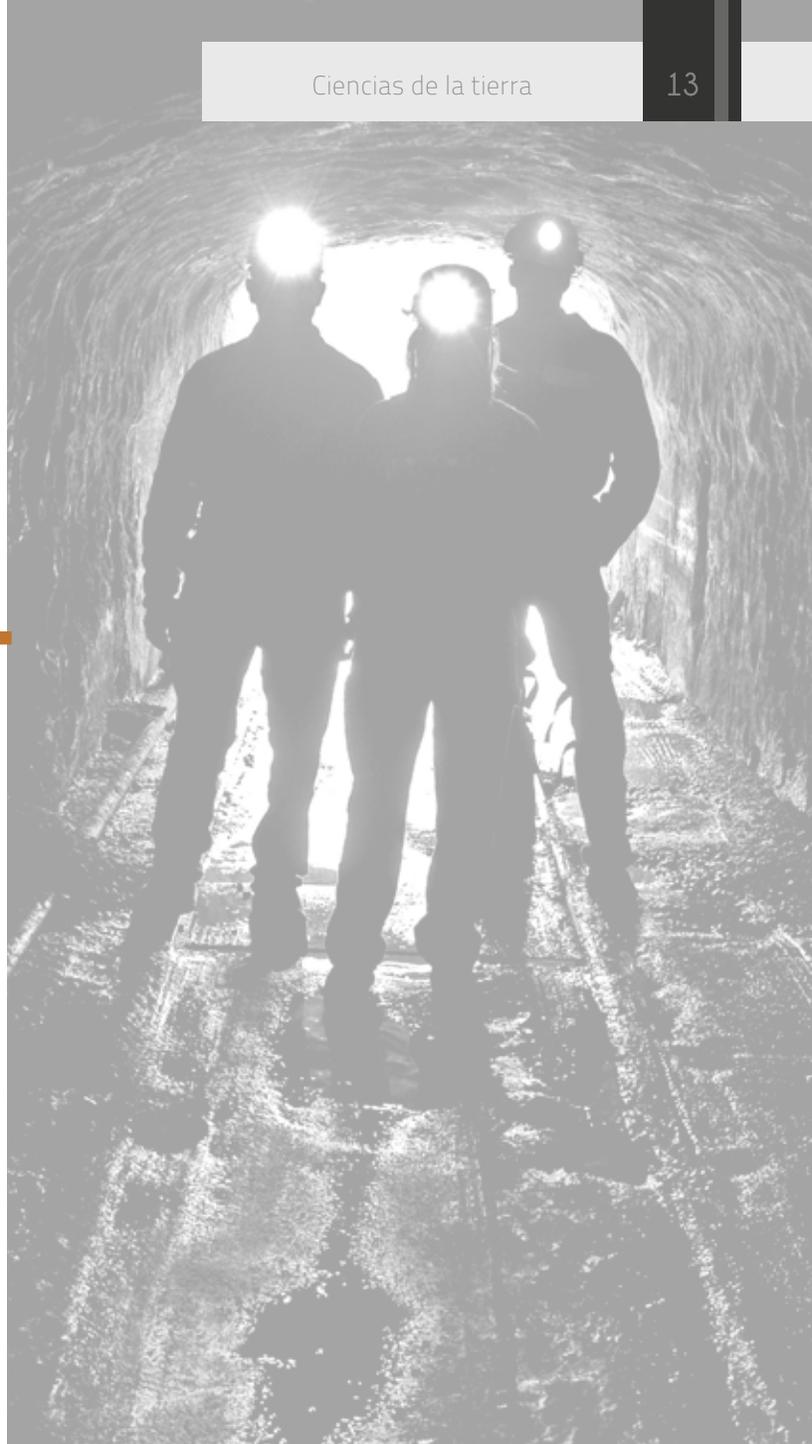
educativos, establecer una relación entre el trabajo y la familia de quienes laboran dentro de la empresa, equidad de etnia y género, identificar las necesidades apremiantes de las comunidades donde desarrolla actividades la minera.

En lo referente al medio ambiente y ética: cuentan con viveros de especies propias de la región, clasifican y reciclan la basura, se brinda educación ambiental a los pobladores de las comunidades, se destinan recursos para el pasivo ambiental de cierre de operaciones, comunican de forma oportuna a las comunidades la operación programada que se lleva a cabo, se cuenta con un programa de denuncias de casos que están fuera de políticas de la empresa, se cuenta con programas de capacitación constante y mejora en la educación de su personal operativo.

En el punto de gobernabilidad empresarial podemos tomar lo siguiente: se cuenta con un control de activos de la empresa, existe un programa para prevención y pérdidas, políticas para los despidos y programas para denuncia en casos de corrupción.

La empresa debe contar con responsabilidad social, organizarse para alcanzarla y mostrar los resultados obtenidos. Para ello es imprescindible disponer de un conjunto de criterios de sostenibilidad, ética y capital humano que marquen las directrices a seguir.

Todos estos criterios comparten un enfoque común con las áreas de calidad del medio ambiente, normas laborales y derechos humanos y prácticas competitivas que se canalizan a través de la aplicación de sistemas de vinculación con la comunidad, medio ambiente, ética y gobernabilidad empresarial.



Referencias

- <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/6975/Responsabilidad%20social.pdf>
 - <http://www.revistacontacto.com.mx/index.php/principales/mineria>
 - <http://www.desec.org.mx/mineria.php>
 - <http://portalweb.sgm.gob.mx/economia/es/mineria-en-mexico>
 - <https://camimex.org.mx/files/3614/6852/9181/02>
- Buenas prácticas en la industria minera: El caso de Grupo Peñoles en México.

M.I. Miguel Ángel Méndez Alvarado¹, M.C. Joanna Acosta Velázquez²
y el Ing. José Cortés Becerra³

1) Universidad Autónoma de Chihuahua / Facultad de Ingeniería, 2) Fondo Noroeste (FONNOR, A.C), 3) Innovación para la Conservación del Medio Ambiente A. C. FINGUACH Año 6, Núm. 21, septiembre - noviembre del 2019

Conservación y restauración de la cuenca del río Presidio; delimitación de áreas prioritarias

El agua disponible para los habitantes de una región se produce en las cuencas hidrológicas. Una cuenca hidrológica conforma la unidad territorial básica para la planeación del uso y manejo de los recursos naturales, su análisis demanda valorar las relaciones entre el medio biofísico, los modos de apropiación del territorio y las instituciones existentes como los usuarios, beneficiarios y las actividades productivas.

El manejo y aprovechamiento de los recursos naturales presentes en la cuenca, impacta de manera directa los servicios ambientales hidrológicos (SAH) que en ella se producen. Tomar acciones dentro de la cuenca garantiza el balance entre escurrimientos y la infiltración de agua al subsuelo a escalas locales y regionales, así como la reducción en la pérdida de suelo por erosión hídrica. Implementar acciones estratégicas planificadas a partir de la priorización de los SAH asegura la provisión de agua en el mediano y largo plazo. Un manejo adecuado de la cuenca aumenta la recarga de acuíferos lo cual es una medida eficiente de hacer frente a los efectos del cambio climático como las sequías prolongadas.

A pesar de que existen programas gubernamentales para mejorar la provisión de los SAH de las cuencas (CONAFOR, 2018) es necesario identificar y dirigir las acciones en sitios que requieran mayor atención. El presente estudio se desarrolló para la subcuenca del río Presidio, afluente de la cuenca que lleva el mismo nombre y que se localiza al sur del estado de Sinaloa (Figura 1). El agua que se produce en esta cuenca y que se almacena en la presa Picachos es la fuente de abastecimiento principal para los habitantes de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa (Guido *et al.*, 2016).



Figura 1. Localización de la subcuenca del río Presidio. Fuente: elaboración propia.

Dentro de una cuenca existen áreas que debido a su interacción con diferentes actores pueden presentar mayor o menor grado de afectación. En el presente trabajo se usó una metodología para delimitar áreas prioritarias de atención y se evaluó la respuesta hidrológica ante dos escenarios: el de condiciones actuales y bajo una estrategia de conservación y restauración. La priorización parte de la integración de aspectos biofísicos tales como pendiente del terreno, uso de suelo y vegetación y la delimitación de microcuencas a partir

del modelo SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*). El principal resultado es un mapa con tres niveles de prioridad de atención distribuidos a lo largo de la subcuenca del río Presidio. La importancia de este tipo de trabajos reside en el potencial de planificar la implementación de acciones estratégicas a partir de la priorización de servicios ambientales hidrológicos (SAH) como el escurrimiento de agua superficial, la pérdida potencial del suelo y la infiltración de agua en esta subcuenca.

Desarrollo

La subcuenca del río Presidio se localiza entre las coordenadas geográficas 106° a 106° 20' O y 23° 5' a 23° 45' N. Destacan las localidades de Concordia, Villa Unión y la ciudad de Mazatlán en las cercanías de la cuenca. Entre los afluentes más importantes del río principal se observan los arroyos: El Verde, Jacobo y Los Horcones.

El punto de partida fue la recopilación de datos hidrometeorológicos (Livneh, 2015) uso de suelo y vegetación (USV) y topografía del terreno (INEGI, 2014). Con estos datos se integró, calibró y validó un modelo para evaluar el comportamiento hidrológico de la cuenca. Se utilizó el modelo SWAT ya que permite conjugar parámetros para formar unidades de respuesta hidrológica (URH) de condiciones similares a nivel de cuenca, subcuenca y microcuenca (Neitsch *et al.* 2009).

Paralelo a la generación del modelo se definieron áreas de acuerdo al grado de conservación de la cobertura vegetal a partir de imágenes LANDSAT 8 y zonas que presentaban afectaciones a partir de estudios relativos a degradación de suelos causada por el hombre (SEMARNAT, 2012). Posteriormente esta información se integró en un sistema de información geográfica (ArcGIS 10.3) para obtener unidades de condiciones similares en cuanto a cobertura vegetal y degradación de suelos. Una vez definida esta capa se generó una matriz para la asignación de actividades de conservación y restauración en laderas y cauces con base en una guía de mejores prácticas de manejo (CONAFOR, 2015).

La priorización de las microcuencas se realizó mediante el esquema del Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), el cual es un método de toma de decisiones desarrollado por Thomas L. Saaty (1980). El método se basa en estimar magnitudes relativas a través de comparaciones entre pares de opciones. Una vez priorizadas las microcuencas se modeló en SWAT el escenario de restauración y conservación con acciones estratégicas propuestas para laderas y cauces.

Para la zona de laderas los objetivos evaluados fueron el incremento de infiltración con zanjas bordo y terrazas individuales, la regulación de escurrimientos con barreras de piedra acomodada y canales de difusión de agua, la recuperación vegetativa con sistemas agroforestales o silvopastoriles, el control de erosión por medio de terrazas de formación sucesiva; en cuestión de mejoramiento de calidad del sitio se propuso la reforestación con plantas nativas. En cuanto al nivel

de atención en cauces se evaluaron la regulación de flujo hídrico mediante presas de piedra acomodada, geocostales y gaviones, el almacenamiento de agua y retención de sedimentos con presas de mampostería, el mejoramiento de vegetación de galería con exclusión de ganado y el incremento de vegetación riparia.

Resultados

Balance hidrológico

Los resultados del modelo SWAT en el escenario de uso actual se muestran en la Figura 2A. La subcuenca del río Presidio registró 856.21 mm de precipitación media para el período de 1950 a 2013. La evapotranspiración media anual alcanzó los 451.11 mm (52.7 % de la precipitación). En cuestión de escurrimientos resalta que 130.14 mm (15 % de la precipitación) fluyen por los arroyos de la subcuenca. En materia de infiltración y recarga se registró el 14 % y 1 % respectivamente. Mientras que el 18 % se desplaza como flujo subsuperficial. La tasa erosión fue de 6.5 toneladas por hectárea anuales, de los cuales los meses de julio a octubre representan cerca del 87 % del aporte de sedimentos en la subcuenca, en estos meses se concentran el 82 % de la precipitación media anual.

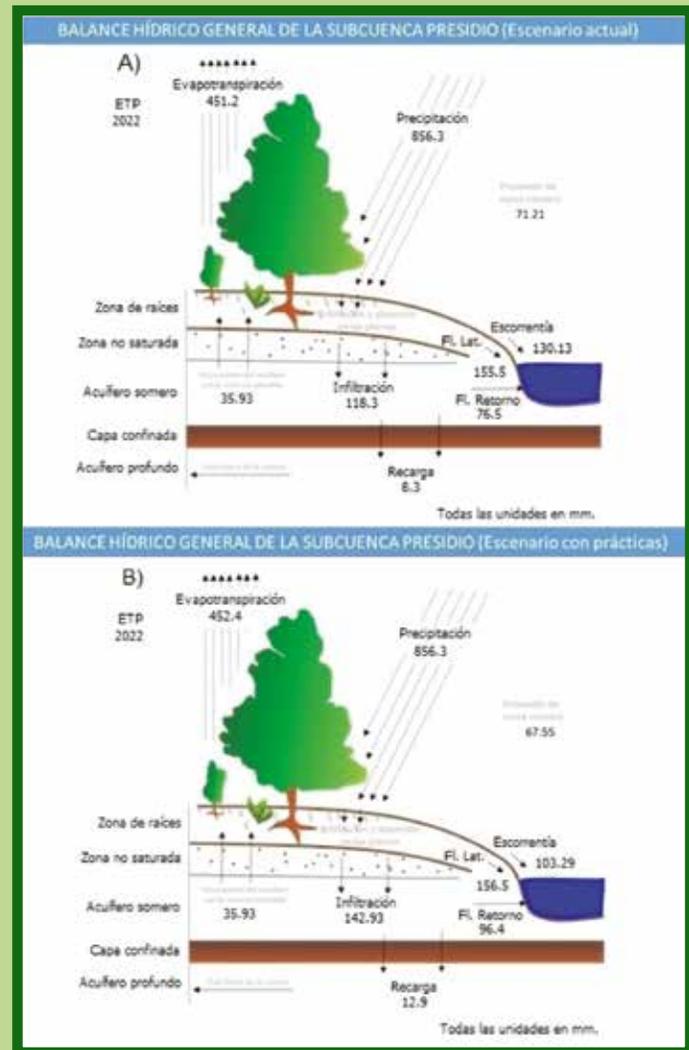


Figura 2. Comparativo de la respuesta hidrológica de la subcuenca: A) Condiciones actuales. B) Escenario con la estrategia de conservación y restauración. Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del modelo SWAT.

Priorización de microcuencas

La subcuenca del río Presidio registró un total de 118 microcuencas. Estas microcuencas se priorizaron en tres categorías con base en la integración de los parámetros individuales:

Prioridad de atención baja. Sitios que no requieren atención inmediata, presentan nula o baja degradación de suelos así como una cobertura vegetal en buen estado. En esta categoría resultaron 24 microcuencas.

Prioridad de atención media. Zonas que presentan algún tipo de degradación ya sea vegetal, de suelos o ambas. Se identificaron 69 microcuencas. Resalta que la mayoría de estas microcuencas presentan un uso de suelo principalmente de pastoreo. Para estas microcuencas es necesario tomar acciones a nivel de laderas principalmente.

Prioridad de atención alta. Sitios en los cuales es necesario tomar acciones de restauración ya que en conjunto la degradación forestal y de suelos es alta. Presenta problemas relacionados con el uso inadecuado del terreno, alta producción de escurrimientos y sedimentos. Se identificaron 25 microcuencas las cuales en su mayoría se localizan en la cercanía de la presa Picachos.

La distribución espacial de la priorización de las zonas de atención se presenta en la Figura 3.

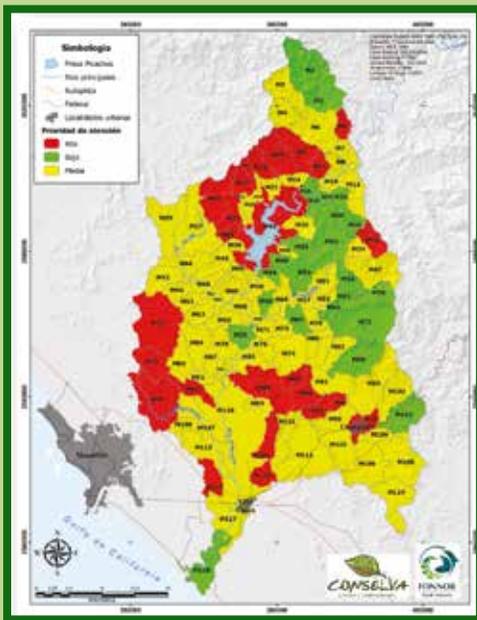


Figura 3. Nivel de prioridad de atención para las microcuencas presentes en la subcuenca del río Presidio. Fuente: elaboración propia.

Modelación de la respuesta hidrológica ante el escenario de conservación y restauración

A partir de la priorización de microcuencas y asignación de la estrategia de restauración. La respuesta hidrológica de la cuenca presenta mejoras, principalmente en el escurrimiento superficial, el cual disminuye del 15 % al 12 % de la precipitación anual. La infiltración y recarga aumentan a 17 % y 2 % del total de la lluvia. La evapotranspiración aumenta un par de milíme-

tros comprado con el uso actual, esto asociado al incremento de la vegetación por la estrategia de reforestación. Los resultados generales se observan en la Figura 2B.

Respecto a la producción de sedimentos, se obtuvo una reducción anual de 0.36 toneladas por hectárea (6.50 a 6.14) lo que representa poco menos de 60 000 toneladas (48 000 m³) que ya no se aportarían a la salida de la subcuenca.

Conclusiones

La subcuenca del río Presidio se encuentra en buen estado en general, ya que aproximadamente el 80 % del territorio presentó afectaciones menores en cuanto a cobertura vegetal y degradación de suelos. Las zonas que mayor afectación presentaron son las circundantes a la presa Picachos. Las afectaciones pueden ser atendidas con una estrategia de intervención para disminuir los escurrimientos superficiales y el arrastre de sedimentos.

A partir del adecuado manejo del suelo y los recursos naturales, en una subcuenca de zonas semiáridas en México la infiltración de agua al subsuelo aumenta entre tres y cuatro por ciento, lo que permite a los habitantes del territorio hacer frente a los efectos del cambio climático. Conservar el suelo es conservar la capacidad de infiltrar y almacenar agua.

Referencias

- Arellano, M. J. L., y M. J. López, 2004. Manejo integral de cuencas. 3er. Seminario sobre manejo y conservación del suelo y agua en Chiapas. SEMARNAT, INIFAP, CNA, The Nature Conservancy. Chiapas, México.
- Comisión Nacional Forestal. Guía de Mejores Prácticas de Manejo correspondientes a las áreas de pago diferidos. Pago por Servicios Ambientales. Zapopan Jalisco, 2018.
- Comisión Nacional Forestal. Criterios técnicos para la ejecución de los proyectos de conservación y restauración de suelos. Coordinación general de Conservación y Restauración. Zapopan Jalisco, 2015.
- Guido, S. Méndez, M. López, S. Nuestra Agua, Nuestra Cuenca, Nuestro Futuro. Cuencas Presidio y Baluarte en el Sur de Sinaloa I. Mazatlán Sinaloa. Noviembre de 2016. 27pp.
- INEGI, 2014. Continental-Continuo de Elevaciones Mexicano, CEM 3.0, Versión 3.0. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continual/continuoelevaciones.aspx>. (Consulta: junio 2017).
- Livneh B., T.J. Bohn, D.S. Pierce, F. Munoz-Ariola, B. Nijssen, R. Vose, D. Cayan, and L.D. Brekke, 2015, A spatially comprehensive, hydrometeorological data set for Mexico, the U.S., and southern Canada 1950-2013, Nature Scientific Data, 5:150042, doi:10.1038/sdata.2015.42.
- Neitsch S. L., Arnold J. G., Kiniry J. R. y Williams, J. R. 2009. Soil and Water Assessment Tool, Theoretical documentation version 2009. Grassland, Soil and Water Research Laboratory - Agricultural Research Service and Blackland Research Center - Texas Agricultural Experiment Station. Texas, USA.
- Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.



CHIHUAHUA
Juntos, una mejor ciudad
GOBIERNO MUNICIPAL 2018-2021

TRABAJANDO CUMPLIMOS

Con **soluciones viales** que sí te sirven

Construimos las Turboglorietas al sur inversión de más de 43 millones de pesos

CHIHUAHUA UNIDOS COVALOR En colaboración con Gobierno del Estado

Cuidamos a tus hijos con Policía Escolar y Abuelo Policía en 331 escuelas

Para servir y proteger **fortalecemos a policías y bomberos**

57 nuevos policías

10 nuevos elementos K9

Arrancamos la ampliación de la Gaze Universitaria y modernizamos el Periférico de la Juventud Más de 78 millones de pesos

Imagen render de proyecto

Nuevo camión de bomberos con escalera

20 nuevos bomberos

Nuevos uniformes

Lanzamos la **Aplicación MIA** para apoyar la seguridad de las mujeres chihuahuenses

Llegamos a más de 23 mil alumnos con el programa DARE para decir NO a las drogas y a la violencia

Construimos la Calle Libia conectando a las colonias de la zona suroriente con una inversión de 15 millones de pesos

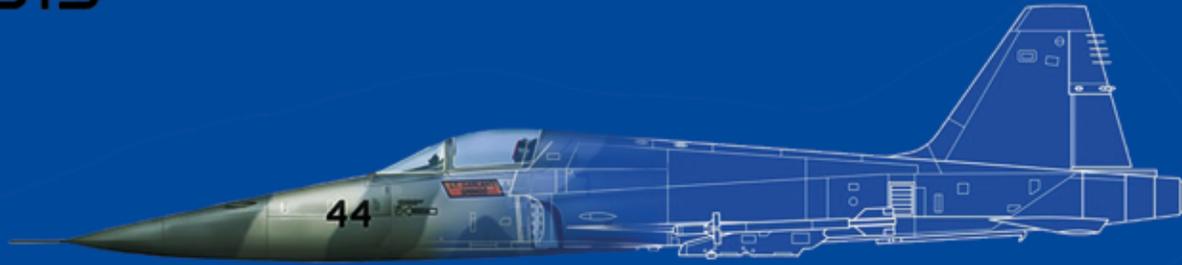
Pavimentamos más de 74 calles y rehabilitamos 104 más

21 nuevos parabuses con obras de artistas locales

Con la **Plataforma Escudo** y el apoyo de todos, trabajando cumplimos con reducir el robo a casa habitación, robo de auto y robo a transeúnte

Concluimos la construcción de la clínica Riberas con FECHAC que atenderá a más de 13 mil vecinos de la zona

Entregamos 12 mil 778 becas académicas, deportivas y de transporte con una inversión de \$34,993,000.00



3rd RTNA

International Conference on Aeronautics

Chihuahua, Chihuahua, México

The 3rd RTNA International Conference on Aeronautics is designed to meet academy, industry, and government to discuss new trends in aeronautical research and technological development with high impact on society. The conference will include plenary talks by renown guests, technical sessions, professional courses, and thematic poster sessions.

October
23rd-25th

Facultad de Ingeniería UACH

**AIRCRAFT AVIONICS, SYSTEMS AND EQUIPMENT • INNOVATIVE
CONCEPTS AND SCENARIOS • INTEGRATED DESIGN AND
VALIDATION • AEROSTRUCTURES/MATERIALS • AIR TRAFFIC
MANAGEMENT • HUMAN FACTORS • FLIGHT MECHANICS • FLIGHT
PHYSICS • PROPULSION • AIRPORTS**

