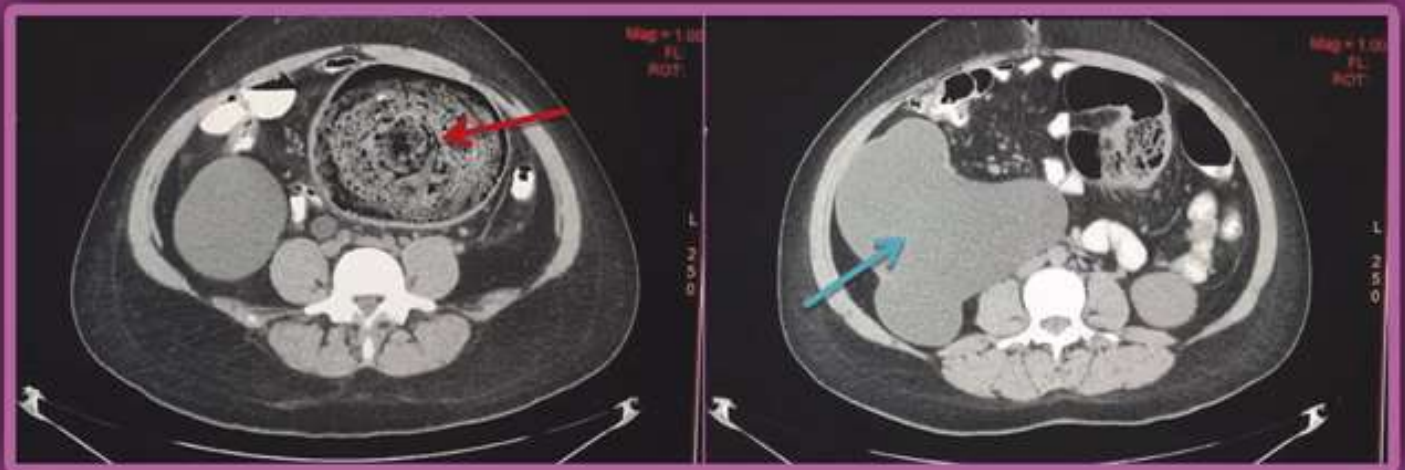


# TECNOLOGIA Ciencia Chihuahua

Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades  
Universidad Autónoma de Chihuahua



Topobathymetric 3D model reconstruction of shallow water bodies through remote sensing, GPS, and bathymetry



Enfermedad de Hirschsprung en un paciente adulto: reporte de un caso en el Hospital Central del Estado de Chihuahua, México





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA

M.E. LUIS ALBERTO FIERRO RAMÍREZ  
*Rector*

M.C. JAVIER MARTÍNEZ NEVÁREZ  
*Secretario General*

M.E. ALFREDO RAMÓN URBINA VALENZUELA  
*Director de Investigación y Posgrado*

M.C. FRANCISCO MÁRQUEZ SALCIDO  
*Director Administrativo*

M.A.V. RAÚL SÁNCHEZ TRILLO  
*Director de Extensión y Difusión Cultural*

M.A. HERIK GERMÁN VALLES BACA  
*Director Académico*

M.I. RICARDO RAMÓN TORRES KNIGHT  
*Director de Planeación y Desarrollo  
Institucional*



DR. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA  
*Editor en Jefe*

DR. ÓSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES OLIVAS  
*Editor adjunto*

M.E.S. NANCY KARINA VENEGAS HERNÁNDEZ  
*Procesos Editoriales*

PEDRO AMAYA ITURRALDE  
*Procesos Técnicos*

MTRO. IVÁN DAVID PICAZO ZAMARRIPA  
*Cuidado de la Edición*

#### EDITORES ASOCIADOS

DR. FELIPE ALONSO RODRÍGUEZ ALMEIDA

DRA. MARÍA ELENA FUENTES MONTERO

DRA. LAURA CRISTINA PIÑÓN HOWLET

DR. JAVIER TARANGO ORTIZ

DRA. GUADALUPE VIRGINIA

NEVÁREZ MOORILLÓN

DR. FRANCISCO ALBERTO PÉREZ PIÑÓN

DR. IGNACIO CAMARGO GONZÁLEZ

DRA. MARGARITA LEVARIO CARRILLO

# TECNOCIENCIA Chihuahua

## Consejo Editorial Internacional

DR. GUILLERMO FUENTES DÁVILA

*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

DR. VÍCTOR ARTURO GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

*Colegio de Posgraduados, México*

DR. JOHN G. MEXAL

*New Mexico State University, Estados Unidos de América*

DR. ULISES DE JESÚS GALLARDO PÉREZ

*Instituto de Angiología y Cirugía Vascular, La Habana, Cuba*

DR. HUMBERTO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

*Universidad Autónoma de Nuevo León, México*

DRA. ELIZABETH CARVAJAL MILLÁN

*Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., México*

DR. ALBERTO J. SÁNCHEZ MARTÍNEZ

*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México*

DR. LUIS RAÚL TOVAR GÁLVEZ

*Instituto Politécnico Nacional, México*

DR. LUIS FERNANDO PLENGE TELLECHEA

*Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México*

DR. HÉCTOR OSBALDO RUBIO ARIAS

*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

DRA. ANGELA BEESLEY

*University of Manchester, Reino Unido*

DR. LUIS ALBERTO MONTERO CABRERA

*Universidad de La Habana, Cuba*

DR. RICARD GARCÍA VALLS

*Universitat Rovira I Virgili, España*

DR. LUIZ CLOVIS BELARMINO

*Faculdade Atlantico Sul, Brasil*

TECNOCIENCIA-Chihuahua. Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades. Volumen XII, Número 1. Enero-Abril 2018. Publicación cuatrimestral de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Editor en Jefe: Dr. César Humberto Rivera Figueroa. ISSN: 1870-6606. ISSN Difusión Vía Red de Cómputo: En trámite. Número de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2018-070312595700-203. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 11441. Clave de registro postal PP08-0010. Domicilio de la publicación: Edificio de la Dirección de Investigación y Posgrado, Ciudad Universitaria s/n. Campus Universitario I. C.P. 31170, Chihuahua, Chihuahua, México. Oficina responsable de la circulación: Dirección de Investigación y posgrado, Ciudad Universitaria, Campus Universitario I. C.P. 31170. Imprenta: Carmona Impresores. Tiraje: 1,000 ejemplares. Precio por ejemplar en Chihuahua: \$60.00 Costo de la suscripción anual: México, \$200 (pesos); EUA y América Latina, \$35 (dólares); Europa y otros continentes, \$40 (dólares). La responsabilidad del contenido de los artículos firmados es de sus autores y colaboradores. Puede reproducirse total o parcialmente cada artículo citando la fuente y cuando no sea con fines de lucro.

Teléfono: (614) 439-1500 (extensión 2209), e-mail: [tecnociencia.chihuahua@uach.mx](mailto:tecnociencia.chihuahua@uach.mx) Página web: <http://tecnociencia.uach.mx> Nuevo portal: [vocero.uach.mx](http://vocero.uach.mx)

## Contenido

<b>Definición de la revista</b>	I	
<b>Editorial</b>	II	
<b>El científico frente a la sociedad</b>		
Competencias y pensamiento complejo en estudiantes de programas de posgrado <i>David Picazo, Claudia Patricia Contreras, Dagoberto Pérez Piñón, María Teresa Pérez Piñón</i>	1	Topobathymetric 3D model reconstruction of shallow water bodies through remote sensing, GPS, and bathymetry <i>Hugo Luis Rojas-Villalobos, Luis Carlos Alatorre-Cejudo, Blair Stringman, Zohrab Samani, Christopher Brown</i>
<b>Salud y Deporte</b>		42
Enfermedad de Hirschsprung en un paciente adulto: reporte de un caso en el Hospital Central del Estado de Chihuahua, México <i>Luis Bernardo Enríquez-Sánchez, Óscar Ramiro Guerra-Gallegos, Francisca I. Sierra-Santiesteban, Jesús Eduardo Charles-Cano</i>	12	<b>Economía y Administración</b>
<b>Ingeniería y Tecnología</b>		Barreras para la implementación de manufactura esbelta y la administración de la calidad total <i>Jesús Arturo Chávez-Pineda, Graciela del Carmen Sandoval-Luján, Óscar A. Viramontes-Olivas</i>
Tendencias en computación: Web Semántica y Computación Cognitiva <i>Miguel Royo-León, Dynhora Danheyda Ramírez-Ochoa, Alfonso José Barroso-Barajas</i>	19	27
		<b>Medio ambiente y Desarrollo sustentable</b>
		Rendimiento volumétrico e importancia del control de calidad de madera aserrada de <i>Pinus spp.</i> <i>Enrique Ambriz, Ma. Yolanda Andrade-Torres, Héctor Manuel Sosa-Villanueva</i>
		37

## Definición de la Revista *TECNOCIENCIA* Chihuahua

TECNOCIENCIA Chihuahua es una publicación científica arbitrada de la Universidad Autónoma de Chihuahua, fundada en el año 2007 y editada de forma cuatrimestral. Está incluida en los siguientes índices y directorios:

- LATINDEX, Catálogo de revistas científicas de México e Iberoamérica que cumplen con criterios internacionales de calidad editorial.
- PERIÓDICA, la base de datos bibliográfica de la UNAM de revistas de América Latina y el Caribe, especializadas en ciencia y tecnología.
- CLASE, la base de datos bibliográfica de la UNAM de revistas de América Latina y el Caribe, especializadas en ciencias sociales y humanidades.

### Objetivos

Servir como un medio para la publicación de los resultados de la investigación, ya sea en forma de escritos científicos o bien como informes sobre productos generados y patentes, manuales sobre desarrollo tecnológico, descubrimientos y todo aquello que pueda ser de interés para la comunidad científica y la sociedad en general. También pretende establecer una relación más estrecha con su entorno social, para atender a la demanda de los problemas que afectan a la sociedad, expresando su opinión y ofreciendo soluciones ante dicha problemática. La revista *TECNOCIENCIA* Chihuahua se publica cuatrimestralmente para divulgar los resultados de la investigación en forma de avances científicos,

desarrollo tecnológico e información sobre nuevos productos y patentes. La publicación cubre las siguientes áreas temáticas: Alimentos, Salud y deporte, Ingeniería y Tecnología, Educación y Humanidades, Economía y Administración, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, Creatividad y Desarrollo Tecnológico.

### Visión

Mejorar de manera continua la calidad del arbitraje de los artículos publicados en la revista, proceso que se realiza en forma anónima bajo el sistema de doble ciego. Conformar el Consejo Editorial Internacional y cada Comité Editorial por área del conocimiento de la revista, incorporando como revisores a investigadores del país y del extranjero adscritos a instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación, que son reconocidos como académicos y científicos especializados en su campo.

### Tipos de escritos científicos

En la revista se publican las siguientes clases de escritos originales: artículos científicos en extenso, notas científicas, ensayos científicos y artículos de revisión.

### A quién se dirige

A académicos, científicos, tecnólogos, profesionistas, estudiantes y empresarios



# Editorial

La contribución de la universidad a la sociedad se ve concretada en la formación de ciudadanos con las características que esta espera, individuos capaces de resolver problemáticas complejas con profesionalismo y sentido ético. En la actual sociedad del conocimiento, la universidad debe procurar la formación de individuos capaces de afrontar la creciente complejidad de los fenómenos sociales y resolverlos con un enfoque integral, a partir de múltiples visiones. En el artículo "Competencias y pensamiento complejo en estudiantes de programas de posgrado" se abordan estos temas de creciente interés.

En este fascículo se presenta el artículo: "Enfermedad de Hirschsprung en un paciente adulto: reporte de un caso en el Hospital Central del Estado de Chihuahua, México", donde se relata un estudio de caso de esta enfermedad en el adulto, y se presenta como una patología extremadamente poco común, pero que no debe descartarse en pacientes con ciertas características. En el adulto, las manifestaciones incluyen una historia de estreñimiento crónico en los casos leves, y perforación del colon en su presentación más grave.

Las ciencias computacionales se han reafirmado como una disciplina revolucionaria que avanza tanto en sus propios esfuerzos, como potenciando el trabajo de otras ciencias. Dos ramas computacionales que actualmente se investigan con auge, y que se implementan también en otras disciplinas, son la Web Semántica y la Computación Cognitiva. En el artículo "Tendencias en computación: Web Semántica y Computación Cognitiva", los autores presentan una perspectiva general de cada área, así como algunos ejemplos de aportaciones significativas en otras ciencias.

En el estudio: "Barreras para la implementación de manufactura esbelta y la administración de la calidad total" los autores analizan los beneficios y resultados obtenidos por empresas que han implementado

manufactura esbelta (LM) y la administración de la calidad total (TQM) en sus procesos. Se reconoce que la proporción de organizaciones que han fallado en su implementación y que no han obtenido los resultados esperados es mayor que aquellas organizaciones que han tenido éxito.

Con el objetivo de evaluar la calidad de la madera aserrada y estimar el impacto económico de la calidad de corte en un aserradero en el estado de Michoacán, los autores del estudio: "Rendimiento volumétrico e importancia del control de calidad de madera aserrada de *Pinus* spp.", evaluaron los procedimientos de corte que influyen en la calidad de la madera. Las pérdidas económicas pueden llegar hasta 25% por baja calidad en el corte de la madera en el aserradero en estudio.

En el área de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, se incluyó el artículo "Topobathymetric 3D model reconstruction of shallow water bodies through remote sensing, GPS, and bathymetry". El estudio introduce una nueva técnica de reconstrucción tridimensional basada en series de tiempo de imágenes de sensores remotos multiespectrales, batimetría, levantamiento topográfico con GPS de alta precisión y curvas de nivel regionales. Este modelo demostró ser muy preciso en escala regional, y a la vez útil para la evaluación y administración de los recursos hídricos.

PH. D. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA  
EDITOR EN JEFE

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v12i1.125>

# Competencias y pensamiento complejo en estudiantes de programas de posgrado

## Competences and complex thought in students of graduate programs

DAVID PICAZO<sup>1</sup>, CLAUDIA PATRICIA CONTRERAS<sup>1</sup>, MARÍA TERESA PÉREZ-PIÑÓN<sup>2,4</sup>  
Y DAGOBERTO PÉREZ-PIÑÓN<sup>3</sup>

### Resumen

La contribución de la universidad a la sociedad se ve concretada en la formación de ciudadanos con las características que esta espera, individuos capaces de resolver problemáticas complejas con profesionalismo y sentido ético. En la actual sociedad del conocimiento, esta formación originó que las universidades transitaran de un modelo enciclopédico de mera transmisión de información a otro que fomente la formación de individuos capaces de afrontar la creciente complejidad de los fenómenos sociales y resolverlos con un enfoque integral, a partir de múltiples visiones. En el caso particular de los estudiantes de posgrado, este enfoque favorece el desarrollo de estudiantes con habilidades informacionales, tales como el manejo de tecnologías de información, habilidades críticas de fuentes de información así como el desarrollo de habilidades comunicativas y trabajo colaborativo en el entorno de la web 2.0. En México, las instituciones de educación superior reconocen la importancia de enseñar estas competencias científicas en sus estudiantes, pero sin descuidar los aspectos de ética y habilidades sociales como rasgos complementarios que les permitirán desempeñarse con éxito en la profesión.

**Palabras clave:** universidad, educación superior, pensamiento complejo, sociedad del conocimiento, competencias científicas

### Abstract

The contribution of the university to society is concreted in the formation of citizens with characteristics that society expects, individuals capable of solving complex problems with professionalism and ethical sense. In the current knowledge society, this training requires universities to move from an encyclopedic model of mere transmission of information to another that fosters the development of individuals capable of facing the growing complexity of social phenomena and solving them with an integral approach, starting from multiple visions, with a multidisciplinary approach. In the particular case of postgraduate students, this approach produces students with information skills, management of information and communication technologies, development of critical skills of information sources, communication skills and collaborative work in the web 2.0 environment or social web. In Mexico, higher education institutions recognize the importance of inoculating these scientific competences in their students, but without neglecting aspects of ethics and social skills as complementary features that will allow them to perform successfully in the profession.

**Keywords:** university, higher education, complex thinking, knowledge society, scientific competences.

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Filosofía y Letras. Ave. Universidad s/n Campus Universitario I. Chihuahua, Chih., México. C.P. 31170. Tel. (+52 614) 413-5450.

<sup>2</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Odontología. Ave. Universidad s/n Campus Universitario I. Chihuahua, Chih., México. C.P. 31170. Tel. (+52 614) 439 1834.

<sup>3</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Enfermería y Nutriología. Campus Universitario II. Chihuahua, Chih. México. C.P. 31125. Tel (+52 614) 238-6048

<sup>4</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: mperez@uach.mx

## Introducción

Desde sus orígenes, la universidad ha formado a profesionales y especialistas en las diversas áreas del conocimiento. Su contribución a la sociedad se ve reflejada en la actuación de los ciudadanos que ha preparado en sus aulas. En *Misión de la Universidad*, Ortega y Gasset (1930) expone con claridad la expectativa de la sociedad sobre estas entidades educativas: «Una institución es una máquina, y toda su estructura y funcionamiento han de ir prefijados por el servicio que de ella se espera» (p. 1). Por ello, las universidades deben asumir este rol como generadoras de educación de calidad y con pertinencia social, que responda a los requerimientos que demanda la sociedad, en el contexto local o nacional donde tiene influencia una determinada institución de educación superior. La pertinencia de los programas de grado y de posgrado se debe establecer en función de los cambios sociales, científicos, económicos y tecnológicos que se viven hoy en día.

Las instituciones de educación superior (IES) constituyen un pilar fundamental para generar el cambio y el progreso social, pues el desarrollo del conocimiento a través de la investigación y formación continua contribuyen de manera significativa a las transformaciones del Siglo XXI (Unesco, 1998). Dirdriksson (2008, p. 24) asevera que el trabajo que llevan a cabo en las IES es determinante «sobre todo por lo que se aprende y se organiza como conocimiento, por la calidad y la complejidad en la que se realiza y la magnitud y calidad que todo ello representa para la sociedad». En otras palabras, en términos acordes con el fenómeno de la globalización, es preciso abandonar el esquema tradicional, el que es puramente gestor de información, que se ocupa de la adquisición, procesamiento y transmisión de información, y transitar hacia un enfoque holístico, capaz de infundir el mensaje que ayude al estudiante a lograr una mayor comprensión de cómo funciona el mundo como sistema abierto, y su propia contribución como parte de este sistema. Debe desarrollar un pensamiento complejo que le permita alejarse de una visión limitada, extenderse hacia otras áreas del conocimiento y hacia una comprensión más completa de la realidad, desde una perspectiva multidisciplinaria.

Se trata de este proceso que permita al estudiante transitar de la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento (Unesco, 2005). Mejor aún, diríamos, a la sociedad de la comprensión, aquella que es capaz de relacionar integralmente el conocimiento

y lograr un entendimiento de los fenómenos sociales; para ilustrar esto, acudimos a aquel viejo adagio de un autor desconocido que reza: «una onza de entendimiento vale una libra de conocimiento, así como una onza de conocimiento vale una libra de información». En esta época, gran parte de la población tiene acceso a incontables recursos a través de Internet. La alternativa es abordar esos recursos en diferentes dimensiones, como Morín (1994) lo propone a través del pensamiento complejo, que supera los límites y carencias de un pensamiento simplificante y reducido, para cambiarlo por una forma más completa para abordar la realidad en múltiples dimensiones relevantes para la comprensión del mundo como un sistema entrelazado.

En las últimas décadas, se han suscitado transformaciones significativas derivadas de las cada vez más altas exigencias en el desarrollo personal y profesional en el ámbito laboral (Castells, 2009). La situación se ha vuelto cada vez más compleja; por ejemplo, en el mundo científico, cada vez es menos común que un problema sea resuelto con un enfoque disciplinario único, ahora prevalece la multidisciplinaria, la integración y el trabajo conjunto de diferentes instituciones para abordar los problemas. En el mundo industrial pasa lo mismo, y aún es más marcado en el ámbito de la tecnología y comunicaciones. Esto es incrementado por la enorme expansión y difusión del conocimiento a través de Internet, y de una progresiva diferenciación y fragmentación disciplinar (Mateo, 2005). Ahora se le pide a las

personas una mayor educación y especialización, pero al mismo tiempo una mayor adaptación a los cambios y a la flexibilidad (Roegiers, 2007); personas competentes que sean capaces de afrontar los nuevos desafíos del conocimiento, ciencia y economía del siglo XXI (Area Moreira, 2010).

De aquí que la problemática se agudice, pues las instituciones de educación superior no necesariamente tienen la capacidad para responder activamente a los nuevos escenarios. Más aún, lo más lamentable es que a veces es la Universidad quien termina enterándose de último de esta dinámica y, más con una actitud reactiva que proactiva, echa a andar los oxidados engranajes del cambio con años, posiblemente décadas de retraso, cuando ya el panorama ha cambiado y ahora exige nuevos esquemas.

La educación superior en países desarrollados ha experimentado una transición a partir de la década de los 80, al pasar de una educación universitaria de «élite» a la de «masas» (Mateo, 2005). En América Latina se está viviendo un fenómeno similar. De hecho, la Unesco estima que la mayoría de los 120 millones de jóvenes que en todo el mundo cursarán estudios universitarios en las próximas décadas, serán de los países en vías de desarrollo (Andrien, 1987, citado por Mateo, 2005).

El conocimiento ahora tiene un nuevo rol, un rol que obedece a los procesos productivos, impone un nuevo esquema de capacitación continua y flexible, incluso en modalidades de educación no convencionales. Esta dinámica también requiere de un proceso de actualización de los currículos, y es aquí donde cobra importancia que los posgrados ofrezcan a la sociedad y a la industria personas educadas y especializadas (Rodríguez, 2012). La influencia de las políticas y enfoques globales se convierte en un factor clave que domina el eje central de la regulación internacional de la educación superior. Entre estas influencias podemos mencionar: el proceso de Bolonia, las políticas de la Organización Mundial del Comercio (OMC) y Banco Mundial, los acuerdos de libre comercio y convenios de cooperación bilateral entre países, así como las recomendaciones de buenas prácticas de la Unesco (Tobón, 2008).

Ahora bien, si con el fin de desarrollar las multicitadas competencias en las instituciones, se llega al extremo de adoptar un enfoque utilitarista, en el que el estudiante aprende a resolver situaciones puntuales de manera mecánica, la universidad entonces se convertirá en eso, un sistema mecánico que genera egresados con capacidades técnicas que sirven para propósitos específicos. Pero a la vez se reconoce que los individuos formados en aspectos puramente prácticos a final de cuentas no contarán con las tan necesarias habilidades sociales y humanas para desempeñarse con éxito en el ámbito laboral. Hay experiencias que demuestran que el componente social es a veces mejor valorado como rasgo deseable de un buen profesional que el componente técnico o cognitivo (López-Calva *et al.*, 2006; Hirsch-Adler, 2009; Navia Antezana y Hirsch-Adler, 2015).

El otro extremo es una formación generalista, que no obedece a la demanda social de un contexto en particular. Es necesario entonces llegar a un balance adecuado entre estas dos alternativas. La posición ortegiana que introdujimos al inicio de este documento postula, precisamente, una adecuada diferenciación entre cultura y los «especialismos» (competencias); es decir, Ortega y Gasset describe el ideal universitario como una adecuada combinación entre ciencia, cultura y profesión, combinación que, en teoría, debería conducirnos a la adquisición de las capacidades intelectivas del saber, saber-hacer y ser. Es decir, no como el tradicional aprendizaje mecánico de conocimientos, sino también de una comprensión clara (llámese entendimiento) del contexto que les dio origen.

El fenómeno de la implementación de competencias en las instituciones de educación superior en México ha tenido mucha atención en las últimas dos décadas. Sin embargo, esta atención se ha centrado mayormente en los programas de pregrado, dejando de lado a los programas de posgrado. Se percibe una orientación hacia este sentido, pues académicos e investigadores en América Latina están conscientes del papel que juega la universidad en el desarrollo de sus naciones, y las políticas que parten del neoliberalismo en apoyo a los procesos productivos y al desarrollo de los países bajo este modelo económico.



No queda claro si el esquema de las competencias es compatible con los programas de posgrado y, en su caso, cuáles son las competencias que deberían incluir tales programas, así como su diferenciación de acuerdo a la naturaleza de los mismos.

Por lo tanto, los temas que se abordan en este documento serán la inclusión y pertinencia de programas de posgrado basados en competencias en instituciones de educación superior en México, así como una discusión sobre los principios del pensamiento complejo de Edgar Morín y su importancia en la formación de estudiantes de posgrado.

## Las competencias

Las competencias se han venido abordando desde diferentes enfoques, tanto en la educación como a nivel laboral; por ejemplo, desde el punto de vista del conductismo, el funcionalismo, el constructivismo y el sistémico-complejo; este último es el enfoque preferido por algunos investigadores en México, ya que aseguran que da prioridad a la formación de personas integrales con compromiso ético, que busquen su autorrealización y que además sean profesionales idóneos y emprendedores (Tobón, 2008). La competencia se puede definir en términos del potencial que se tiene para realizar ciertas tareas, de naturaleza escolar o profesional, complementando las que ya posee la misma persona de manera natural.

En el Artículo 5, el decreto «Misiones» de la Comunidad francesa de Bélgica define la competencia como la «aptitud de poner en acción un conjunto organizado de saberes, de saber-hacer y de actitudes que permitan realizar cierto número de tareas» (Denyer *et al.*, 2007). Si analizamos esta definición a partir de sus elementos, encontramos que incluye los componentes aptitud y actitud, es decir, el conocimiento o las habilidades, pero también la voluntad, interés o motivación para llevar a cabo una tarea. Resalta aquí la expresión «conjunto organizado», la cual se refiere a la sistematización de dichos saberes. Si relacionamos esta definición con los pilares de la educación de Delors (1996), se pueden reconocer las tres dimensiones básicas de las competencias: Conocimientos (Saber), Habilidades (Saber hacer) y Actitudes (Saber ser). Una cuarta

dimensión es la de Aprender a vivir (juntos), desarrollando la comprensión del otro y la percepción de las formas de interdependencia.

De todas las definiciones del concepto de competencia, destacamos la de Gillet, que lo define como «Un sistema de conocimientos conceptuales y procedurales organizados en esquemas operatorios para la identificación de una tarea problema y su resolución a través de una acción eficaz» (Denyer *et al.*, 2007, p. 36). Esta definición se parece mucho a la anterior, pero incluye el componente «eficacia», sin embargo, ignora el concepto «aptitud», anteriormente señalado. Este detalle define lo que Denyer describe como «situaciones de prescripción estricta», en donde la competencia se define en términos de *saber-hacer*, relacionado con la filosofía tayloriana de competencia laboral («estrecha») bajo un esquema automatizado de operación, es decir, simplemente seguir instrucciones para ejecutar una actividad. Por otro lado, el componente aptitud nos lleva al otro extremo, hacia lo que denomina competencia «amplia», en la cual el sujeto resuelve un problema apoyándose en un conocimiento más amplio e integral de las situaciones, *saber-qué-hacer*, lo que implica saber actuar ante escenarios imprevistos con acciones de contención, negociación y toma de decisiones. Este último componente es el que se percibe como más importante, el que exige que se evalúen y sopesen múltiples variables, se anticipen escenarios y se tenga la capacidad de proceder con un enfoque proactivo para solucionar problemas.

Para resumir esta idea, la competencia la podemos dimensionar en dos extremos, en donde la prescripción estricta de la organización tayloriana implica la ejecución de una actividad con un mínimo de exigencia intelectual, es decir, una actividad unidimensional, sencilla y altamente repetitiva, mientras que la prescripción abierta de la competencia tiene una exigencia multidimensional, que requiere la aplicación de técnicas, toma de decisiones en un ambiente complejo, conocimientos de factores económicos y relacionales, es decir una organización de «oficio completo» (Denyer *et al.*, 2007). Aquí regresamos a un escenario donde el balance adecuado de competencia en el ámbito universitario conduce la discusión de su aplicación en planes y programas

netamente utilitaristas, o bien, generalistas. Al respecto, Denyer sentencia que «sólo una tiranía de las competencias conduciría a excluir de los programas todo conocimiento que no estuviese explícitamente ligado a una práctica» (2007, p. 43); no podemos estar más de acuerdo con esto.

Argudín-Vázquez (2005) define competencias básicas como las esenciales, las más importantes, implícitas en las prácticas laborales y en la educación, mientras que las competencias genéricas son las que posibilitan la ejecución de las tareas, tales como comunicación, manejo de información y trabajo en equipo, todas ellas indispensables en el ámbito laboral. Un tercer nivel propuesto son las competencias específicas, que son las que demanda específicamente el puesto de trabajo e involucran el dominio de conocimientos, procedimientos y experiencia. De acuerdo con esta clasificación, Pirela de Faría y Prieto de Alizo (2006) explican que las competencias genéricas se relacionan con habilidades generales y cualidades personales y de relaciones humanas, mientras que las competencias técnicas implican el conocimiento del contenido y de los procesos relacionados con el área.

## Las competencias en el posgrado

Desde la visión de Ortega y Gasset, las funciones sustantivas de la educación superior son la docencia, la extensión y la investigación. Esta última desempeña un papel fundamental, ya que favorece el desarrollo de competencias en el ser humano que le permiten llevar a cabo la promoción, generación, difusión y divulgación del conocimiento científico, artístico y humanístico (Tünnermann-Bernheim, 2008). En un modelo económico neoliberal predominante, basta reconocer la importancia que adquiere el conocimiento como fuente para la acumulación de capitales. En este sentido, el posgrado representa, de acuerdo con Rama-Vitale, «la forma moderna en la cual se expresa la amplia y creciente variedad de disciplinas y el proceso mediante el cual, asociado a la propia evolución de la división social y técnica del trabajo, se van creando, recreando, desapareciendo o fusionando las diversas disciplinas existentes» (2007, p. 33).

Los estudios de posgrado se constituyen en estudios de especialidad, maestría y doctorado, los cuales,

«garantizan la transmisión y construcción del conocimiento más avanzado, buscan formar tanto al profesional con un enfoque práctico aplicado, como al especialista con una orientación fundamental hacia la investigación de los fenómenos y los problemas propios de las áreas del conocimiento, elevan la preparación del egresado y lo orientan hacia la búsqueda del equilibrio entre sus propios intereses y aspiraciones, y los de la sociedad como un todo» (Pérez-Jiménez *et al.*, 2003, p. 9).

En este sentido, se desprende que las titulaciones de pregrado deberán incluir exclusivamente enseñanzas básicas, de formación general, orientadas al ejercicio profesional y a su desarrollo, pero no especializadas; mientras que las titulaciones de posgrado, en cambio, deberán atender a la especialización académica o profesional y al desarrollo de la competencia investigadora (Mateo, 2005).

Por ejemplo, los programas de maestría de orientación académica o profesionalizante, tienen como propósito la profundización de conocimientos y competencias en un área o disciplina del saber, con el propósito de generar una especie de especialización en diferentes áreas del conocimiento, mientras que los programas de maestría o doctorado en ciencias deberán enfatizar los esfuerzos por implantar en los estudiantes habilidades para la investigación y la docencia. Los programas de doctorado, además, deberán formar recursos humanos capaces de generar y aplicar el conocimiento con calidad e innovación, y tener la competencia para realizar estas actividades en forma independiente e interdisciplinaria.

En todos los casos, las competencias de los estudiantes deberán evidenciarse por medio de una disertación a través de la cual se haga una contribución al desarrollo del conocimiento o las competencias según el estado del arte en la disciplina, área o campo respectivo (Sanchez-Maríñez, 2008).

El tema de las competencias en educación superior está necesariamente ligado al tema de la

calidad de la educación en México. Hacia finales del siglo XX, se ha generado un amplio movimiento de las universidades en favor de una postura centrada en la adquisición de competencias (Cabra-Torres, 2008). El origen del enfoque de las competencias se vincula con tres procesos sociales significativos: la sociedad del conocimiento, el movimiento de la calidad de la educación y la formación del capital humano (Tobón, 2008). Este enfoque pretende dar respuesta a las demandas de la sociedad del conocimiento a través de un modelo educativo que forme individuos competentes que den respuesta a las exigencias del siglo XXI (Vera Noriega *et al.*, 2014).

Existe una preocupación creciente por la introducción de las denominadas «competencias» en el diseño de los programas curriculares de pregrado y posgrado en las instituciones de educación superior de nuestro país.

Las reformas educativas orientadas hacia el enfoque de competencias se han convertido en una realidad a inicios del siglo XXI. Su propósito es ir más allá del esquema de aprendizaje enciclopédico que reproduce un conocimiento que únicamente tiene sentido para la escuela (Meirieu, 2002). Sin embargo, esta realidad refleja lo que Roegiers (2007) concibe como una etapa histórica en la que cobra relevancia el sentido productivo del conocimiento, en detrimento de otras dimensiones, como lo formativo y lo científico.

El enfoque de competencias en la educación superior obedece entonces a un intento programado para ajustar los modelos de formación a las exigencias actuales de los sectores productivos, ajuste basado en el paradigma de la racionalidad técnica.

Para tratar de encontrar respuestas a los nuevos retos, los rectores de diferentes universidades europeas se reunieron en Bolonia en el marco de la celebración del noveno centenario del nacimiento de su universidad, la más antigua de Europa (Mateo, 2005). El documento que se origina de esta reunión (1988), recoge en definitiva cuatro principios fundamentales que definen a la universidad como: a) una institución autónoma; b) con actividad docente ligada a la investigación; c) que respeta la libertad de investigación, de enseñanza y de formación; y, d) como depositaria de la tradición del humanismo europeo.

La serie de cambios que se suscitaron a raíz de la firma de esta declaración, ha supuesto un cambio de paradigma docente universitario que deberá dar mayor peso al aprendizaje, en un nuevo contexto en el que la enseñanza y el cambio curricular garanticen no únicamente el dominio cognoscitivo, sino también otros aspectos formativos, tanto de las disciplinas específicas como las de carácter transversal. En el contexto del nuevo paradigma se define la empleabilidad en términos de puestos de trabajo o perfiles profesionales y está enfocado por competencias (Mateo, 2005).

En esta sociedad del conocimiento se ha intensificado el interés en las funciones sustantivas de investigación y transferencia de conocimientos que entregan las IES, lo cual se explica, según Connell (2004), por el aumento de la influencia del conocimiento y la investigación en la economía y el papel que desempeñan las políticas de ciencia y tecnología en los gobiernos. Según Vessuri (2008), la transferencia de conocimientos puede adoptar las siguientes figuras: formación de graduados y especialmente de egresados de posgrados; creación de propiedad intelectual (patentes y *copyright*); emprendedurismo (*spin-offs*); contratos con la industria; contratos con instituciones públicas; participación en la elaboración o implementación de políticas públicas; involucramiento en la vida social y cultural de la comunidad; y apoyo a una mayor comprensión social de la ciencia.

En estudiantes de posgrado, cobra especial relevancia el desarrollo de habilidades para el uso de tecnologías de información y comunicación (TIC), ya que constituyen herramientas básicas para la búsqueda y clasificación de fuentes de información confiables y pertinentes. Esta cualidad es denominada alfabetización informacional, en la que un individuo domina las bases de la información. Incluye usar Internet, navegar en el ciberespacio, saber utilizar aplicaciones informáticas e interpretar información (Wylson *et al.*, 2011; Unesco, 2018). A pesar de que los estudiantes de posgrado requieren de un alto dominio de las aplicaciones informáticas, en IES de México se ha constatado que evidencian cierto nivel de analfabetismo digital (Veytia Bucheli, 2016).



También implica una conexión con la denominada web 2.0 o web social, donde cohabitan círculos de información y conexión de académicos con interés investigativo, así como un cúmulo importante de herramientas y formas de comunicación entre personas para conformar un trabajo colaborativo aplicado a la ciencia. La ciencia es una actividad de comunicación y colaboración que se puede potenciar con el uso de la web (Becerril-García, 2018).

En posgrado, es deseable que las competencias se orienten además a la especialización académica o profesional y al desarrollo de la competencia investigadora (Mateo, 2005). El estudiante de posgrado sustenta su desempeño académico en habilidades de lectura y escritura, análisis crítico y redacción de textos académicos y científicos (Peredo Merlo, 2012).

Aunque, como ya hemos señalado, no se ha abordado suficientemente el tema de las competencias en posgrado en nuestro país, los expertos en el tema coinciden en que el desarrollo de competencias científicas es parte esencial de la formación del posgrado porque en él se espera formar un profesional capaz de apropiarse del discurso científico, crear conocimientos y transferirlos a la sociedad (Anuies, 2000). Podemos conceptualizar tales competencias científicas como «el conjunto de saberes, capacidades y disposiciones que hacen posible actuar e interactuar de manera significativa en situaciones en las cuales se requiere producir, apropiarse o aplicar comprensiva y responsablemente los conocimientos científicos» (Hernández, 2005, p. 21). Para un estudiante de posgrado en formación como investigador, es fundamental desarrollar la capacidad para organizar y expresar ideas de forma escrita, así como la capacidad de síntesis (Guzmán Useche, 2018).

En la revisión de estudios y experiencias de algunas universidades en México, encontramos que la Universidad Autónoma de Nuevo León reconoce la necesidad de que el estudiante de posgrado sea autogestor de su propio aprendizaje, se involucre en la generación y aplicación del conocimiento y desarrolle capacidades de análisis y de investigación; así como la capacidad colaborativa en ambientes multi y transdisciplinarios, utilizando efectivamente las tecnologías de información (UANL, 2011).

Profesores de posgrado de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) consideran indispensable la inclusión de una asignatura de formación ética en los currículos, y ven como una responsabilidad de la universidad desarrollar los aspectos éticos y valores de los estudiantes. Los participantes de este estudio resaltan la necesidad de incorporar en los programas de posgrado contenidos prácticos relacionados con aspectos como: solución de conflictos, principios profesionales, formación crítica y normas de desempeño (Pérez Castro, 2011).

Desde el punto de vista del estudiante, varios estudios coinciden que para ser un buen profesional, las competencias éticas (responsabilidad, honestidad, ética profesional y personal, servicio a la comunidad, respeto y principios morales y valores profesionales) y cognitivas (conocimiento, formación continua e innovación y superación) superan por mucho a las técnicas, sociales y emocionales. Particularmente, los rasgos «Conocimiento» y «Ética profesional y personal» fueron los mejor valorados en este estudio en 1,086 estudiantes de posgrado de la UNAM y 43 de la UAEM (López-Calva *et al.*, 2006; Hirsch-Adler, 2009; Navia-Antezana y Hirsch-Adler, 2015).

Por otro lado, Valdés-Cuervo *et al.* (2013) realizaron un estudio con 360 estudiantes de posgrado (maestría y doctorado) del área de ciencias naturales e ingenierías en tres instituciones de educación superior del estado de Sonora en el año 2010. Los investigadores clasificaron las competencias como 1) Genéricas (conocimientos, habilidades y actitudes elementales para el desempeño profesional); 2) Gestión de recursos para la investigación y 3) Generación y divulgación del conocimiento (que incluye las competencias investigativas). En este trabajo, los estudiantes valoraron más las competencias científicas sobre las de gestión de recursos y competencias genéricas. Se entiende que el perfil de los estudiantes de las áreas del conocimiento evaluadas influye en sus respuestas. Por ejemplo, estudiantes de posgrado de ciencias naturales e ingenierías reconocieron que en sus programas curriculares se le otorga una alta importancia a las competencias científicas, las cuales consideraron que han adquirido con buen nivel (Valdés Cuervo *et al.*, 2012).

Por su parte, en la Universidad Autónoma de Chihuahua se tienen definidas cuatro competencias básicas o genéricas que los estudiantes de posgrado deben adquirir a lo largo de su formación: 1) gestión de proyectos, 2) gestión del conocimiento, 3) comunicación científica y 4) investigación (UACH, 2018).

## Pensamiento complejo

La discusión y evidencia anterior sugiere que el estudiante de posgrado tiene la necesidad de desarrollar un pensamiento complejo que le permita alejarse de una visión limitada. El sistema tradicional de aprendizaje en donde se desarrolla un tema de tesis específico, en una disciplina específica, debe extenderse hacia otras áreas del conocimiento, de tal forma que su reflexión teórica y epistemológica lo lleven a una comprensión más completa de la realidad, desde las varias perspectivas que ofrecen las diferentes disciplinas y, sobre todo, más allá de lo individual. La generación del conocimiento que debe resultar de su formación como investigador, lo lleva a un sitio en donde se debe buscar el bien común a través de la innovación que la sociedad y las circunstancias demandan. El estudiante de posgrado debe ganar terreno en la introspección al profundizar en el sentido de su vida para reconocer su condición humana, y así poder mirar hacia afuera también de manera más profunda, hacer nuevos cuestionamientos sobre la relación con otros seres vivos, replantear su ética de vida y algo indispensable: aprender a enfrentar la adversidad (Borroto López, 2015). Estos elementos son lo que Edgar Morín (1999) llama el pensamiento complejo, que se basa en los siete saberes necesarios para la educación. El primero es romper con las cuevas del conocimiento, el error y la ilusión.

«La educación debe mostrar que no hay conocimiento que no esté, en algún grado, amenazado por el error y la ilusión... un conocimiento no es el espejo de las cosas o del mundo exterior. Todas las percepciones son a la vez traducciones y reconstrucciones cerebrales» (1999, p. 5)

El segundo son los principios de un conocimiento pertinente. «La necesidad de promover un conocimiento capaz de abordar los problemas globales y fundamentales» (p. 1). El tercero es la

enseñanza de la condición humana para reconocer la complejidad de los seres humanos a partir de diferentes disciplinas. El cuarto es la enseñanza de la identidad terrenal para, según Morín, enseñar la complejidad de la crisis planetaria, ya que todos los seres humanos enfrentamos los mismos problemas fundamentales de vida y muerte. El quinto es el enfrentamiento a la incertidumbre, ya que se deben enseñar estrategias para enfrentar lo inesperado. El sexto es la enseñanza de la comprensión, ya que se requiere un cambio de mentalidad para entendernos unos a otros y a través de esta comprensión terminar con el racismo y el desprecio a otras personas, en otras palabras, dice Morín, una educación para la paz. El séptimo es la ética del género humano, no a partir de una enseñanza moralista, sino de llegar a comprender que el individuo es parte de una sociedad y de una especie. Tener la noción de ciudadanía terrenal para buscar el bien de todos.

El estudiante de posgrado se encuentra en la necesidad de ir más allá en su pensar y en su saber, si la meta es entender sus circunstancias dentro de un todo, el reto es romper con el reduccionismo de las ideas para poder llegar a tres principios (Morín, 1999):

a) Principio dialógico: reconoce que dos elementos contrarios siempre serán contrarios pero no por eso dejan de coexistir. Considera a la conexión de los antagonicos como condición del sistema.

b) Principio de la recursividad: la causa es efecto y el efecto es causa. El individuo es parte de un sistema social que le da identidad y el individuo a su aporta su conocimiento y experiencias individuales a este sistema social.

c) Principio hologramático: trata de no ver solo las partes, sino también ve el todo, el pensamiento hologramático ve el todo en las partes y las partes en el todo.

La educación actual tiene el reto de desarrollar en el estudiante un pensamiento complejo, ya que, como lo afirma Morín (1994), el pensamiento simplificante tiene límites y carencias, ese pensamiento simple ya no es suficiente, es necesario integrar esas formas reducidas y crear una forma más total, completa y en varias dimensiones para abordar

la realidad. Es por ello que el estudiante de posgrado debe asumir que la búsqueda de la verdad, en cualquier forma y campo que su investigación lo amerite, deberá mirar más allá de las teorías, observar a los sistemas de quien dependa un fenómeno, medir las implicaciones que su investigación tendrá en otras áreas y como sus hallazgos a su vez, las favorecerán.

## Conclusiones

La formación de competencias científicas en los estudiantes de posgrado representa un reto de largo plazo. Lo que parece ser más importante para el estudiante es adquirir competencias que les permitan concretar los conocimientos adquiridos para mejorar sus condiciones de vida y la de su entorno inmediato. Hoy en día es más importante que el estudiante sea capaz de integrar el gran cúmulo de conocimientos a su disposición a través del desarrollo de su capacidad de análisis y síntesis, así como de investigación y colaboración.

El crecimiento exponencial del conocimiento y la facilidad de distribución del mismo son factores que dan cuenta de la importancia de desarrollar la competencia de búsqueda y selección crítica de fuentes de información en estudiantes de posgrado. El uso de tecnología en la web 2.0 para facilitar el aprendizaje y trabajo colaborativo resulta fundamental para las nuevas generaciones de científicos. Por esta realidad, el estudiante de posgrado debe desarrollar competencias de alfabetización informacional y digital para responder con eficacia a este dinamismo de la información para la generación y difusión de la ciencia.


Los programas académicos de posgrado en México están asumiendo el reto de inocular las competencias científicas en sus estudiantes, están cumpliendo con su función de formación de científicos, sin embargo, adquieren gran relevancia los aspectos de ética y habilidades sociales como rasgos adjetivos que les permitirán desempeñarse con éxito en la profesión. Las competencias técnicas deben ser complementadas por las competencias actitudinales. En este sentido, los principios y valores deben constituir el marco referencial en que se apoyan las habilidades y la aplicación práctica de los conocimientos.

La influencia de los procesos globales ha repercutido en la alineación del perfil de competencias de los egresados de los programas de pregrado y posgrado con la industria. El riesgo de caer en el enfoque utilitarista. El balance de formación en la universidad sería entregar a la sociedad a una persona dotada de herramientas reflexión y crítica, capaz de emitir un juicio originado en su propio discernimiento, y apto para resolver situaciones complejas por su alto grado de incertidumbre.

## Literatura citada

- ANUIES. 2000. *La educación superior en el siglo XXI. Líneas estratégicas de desarrollo*. México, D.F.: ANUIES.
- AREA MOREIRA, M. 2010. ¿Por qué formar en competencias informacionales y digitales en la educación superior? *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 7(2), 2-5.
- ARGUDÍN-VÁZQUEZ, Y. 2005. Las convergencias entre habilidades, actitudes y valores en la construcción de las competencias educativas. *Educar*, 33-42.
- BECERRIL-GARCÍA, A. 2018. Seminario de Comunicación en la Ciencia (en línea, 2018). Toluca, Estado de México, México.
- BORRITO LÓPEZ, L. T. 2015. Conocimiento, pensamiento complejo y universidad. *Revista Cubana de Educación Superior*, 34(2), 28-33.
- CABRA-TORRES, F. 2008. La evaluación y el enfoque de competencias: tensiones, limitaciones y oportunidades para la innovación docente en la universidad. *Revista EAN*, 91-106.
- CASTELLS, M. 2009. *Comunicación y Poder. Alianza* (Vol. 33). <https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>
- CONNELL, C. 2004. *University Research Management*. París, Francia: OCDE.
- DELORS, J. 1996. *La educación encierra un tesoro: informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI*. París: UNESCO.
- DENYER, M., Furnémont, J., Poulain, R., y Vanloubbeeck, G. 2007. *Las competencias en la educación. Un balance*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- DIRDRIKSSON, A. 2008. Capítulo 1. Contexto Global y Regional de la Educación Superior en América Latina y el Caribe. En G. A, & A. Dirdriksson, *Tendencias de la Educación Superior en América Latina y El Caribe* (págs. 1-43). Caracas, Venezuela: IESALC-UNESCO.
- GUZMÁN USECHE, E. 2018. Seminario de Comunicación en la Ciencia (en línea, 2018). Toluca, Estado de México, México.
- HERNÁNDEZ, C. A. 2005. ¿Qué son las competencias científicas? *Foro Educativo Nacional* (págs. 1-30). Madrid, España: Ministerio de Educación.
- HIRSCH-ADLER, A. 2009. Competencias y rasgos de ética profesional en estudiantes y profesores de posgrado de la UNAM. *Sinéctica*, 1-16.
- JARA-CONCHA, P., y Stiepovic-Bertonice, J. 2007. Currículo por competencias en el postgrado en enfermería. *Investigación y Educación en Enfermería*, 122-129.



- LÓPEZ-CALVA, J. M., ROYO-SORROSAL, I., ARMENTA-OLVERA, C., BARRADAS-GUEVARA, G., GUAJARDO-SANTOS, N., y HUESCA-RAMÍREZ, E. 2006. *Competencias y rasgos de la ética profesional en los posgrados de la Universidad Iberoamericana-Puebla*. Puebla: Universidad Iberoamericana-Puebla.
- MATEO, J. 2005. Los nuevos retos de la educación superior: los estudios de posgrado. *Educatio*, 69-86.
- MEIRIEU, P. 2002. Aprender, sí. Pero ¿cómo? <https://doi.org/10.1016/j.tine.2014.02.001>
- MORÍN, E. 1994. *Introducción al Pensamiento Complejo*. Barcelona, España: Gedisa.
- MORÍN, E. 1999. *Los Siete Saberes Necesarios para la Educación del Futuro*. París, Francia: Unesco.
- NAVIA-ANTEZANA, C., y HIRSCH-ADLER, A. 2015. Ética profesional en estudiantes de posgrado en dos universidades mexicanas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 100-115.
- ORTEGA Y GASSET, J. 1930. *Misión de la Universidad*. Salus. <http://www.esi2.us.es/~fabio/mision.pdf>
- PEREDO MERLO, M. A. 2012. *Habilidades complejas de lectura en el posgrado ¿Formación o disonancia?* (Primera ed.). Zapopan, Jal., Jalisco, México: Editorial Universitaria: Universidad de Guadalajara.
- PÉREZ CASTRO, J. 2011. Tensiones de la formación ético-profesional en los posgrados de la UJAT. *Sinéctica*, 37, 1-19.
- PÉREZ-JIMÉNEZ, J. A., AGUILAR-GUADARRAMA, A. H., y NÁJERA-RUIZ, F. 2003. *El desafío de la calidad en el posgrado para educadores*. Cuadernos de Difusión 11. México, D.F.: SEP.
- PIRELA DE FARÍA, L., y PRIETO DE ALIZO, L. 2006. Perfil de competencias del docente en la función de investigador y su relación con la producción intelectual. *Opcion*, 159-177.
- RAMA-VITALE, C. 2007. *Los Posgrados en América Latina y el Caribe en la Sociedad del Conocimiento*. México: Idea Latinoamericana Colección.
- RODRÍGUEZ, N. R. 2012. La construcción de escenarios futuros como herramienta para el diseño y la gestión de los posgrados en Educación Superior. *II Congreso Argentino y Latinoamericano de Posgrados en Educación Superior*, 1-17.
- ROEGERS, X. 2007. *Pedagogía de la integración. Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza*. San José: Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana.
- SANCHEZ-MARÍÑEZ, J. 2008. Una propuesta conceptual para diferenciar los programas de posgrado profesionalizantes y orientados a la investigación. Implicaciones para la regulación, el diseño y la implementación de los programas de posgrado. *Ciencia y Sociedad*, 327-341.
- SEP. 2011. *Programa de estudio preescolar*. México: SEP.
- STAKE, R. 1994. Case Studies. En N. K. Denzin, & Y. S. Lincoln, *Handbook of Qualitative Research* (págs. 236-247). London: SAGE Publications.
- TOBÓN, S. 2008. La formación basada en competencias en la educación superior: el enfoque complejo. *Formación Basada en Competencias, Grupo Cife*, 1-30.
- TÜNNERMANN-BERNHEIM, C. 2008. *La educación superior en América Latina y el Caribe: diez años después de la Conferencia Mundial de 1998*. Cali, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana Colombia.
- UACH. 2018. Dirección de Investigación y Posgrado. Competencias genéricas de posgrado. Chihuahua, México: UACH.
- UANL. 2011. *Modelo Académico de Posgrado*. Secretaría de Investigación, Innovación y Posgrado. Monterrey, México.: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- UNESCO. 1998. *Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el Siglo XXI: Visión y Acción*. París, Francia: UNESCO.
- UNESCO. 2005. *Hacia las sociedades del conocimiento*. (O. de las N. Unidas, Ed.). París.
- UNESCO. 2018. *Unesco*. Recuperado el 16 de mayo de 2018, de Unesco: <http://www.unesco.org/new/es/communication-and-information/intergovernmental-programmes/information-for-all-programme-ifap/priorities/information-literacy/>
- VALDÉS CUERVO, Á. A., VERA NORIEGA, J. Á., y CARLOS, E. A. 2012. Competencias científicas en estudiantes de posgrado de ciencias naturales e ingenierías. *Sinéctica*, 39, 1-16.
- VALDÉS-CUERVO, Á. A., VERA-NORIEGA, J. Á., CARLOS-MARTÍNEZ, E. A., y ESTÉVEZ-NENNINGER, E.-H. 2013. Perfiles de estudiantes de posgrado en ciencias e ingenierías en Sonora. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 22-39.
- VERA NORIEGA, J. Á., TORRES MORAN, L. E., y MARTÍNEZ GARCÍA, E. E. 2014. Evaluación de competencias básicas en TIC en docentes de educación superior en México. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 44, 143-155.
- VESSURI, H. 2008. El futuro nos alcanza: mutaciones predecibles de la ciencia y la tecnología. En L. Gazzola, & A. Didriksson, *Tendencias de la educación superior en América Latina* (págs. 53-86). Caracas, Ven.: IESALC/UNESCO.
- VEYTIA BUCHELL, M. G. 2016. Nivel de apropiación de la competencia digital 2.0 de los estudiantes maestría desde su percepción. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 4, 1-16.
- WYLSON, C., GRIZZLE, A., TUAZON, R., AKYEMPOUNG, K., y CHEUNG, C.-K. 2011. *Alfabetización Mediática e Informacional Currículum para Profesores*. París: Unesco. 

---

Este artículo es citado así:

Picazo, D., C. P. Contreras, M. T. Pérez-Piñón y D. Pérez-Piñón. 2018. Competencias y pensamiento complejo en estudiantes de programas de posgrado. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 12(1):1-11.

## Resumen curricular del autor y coautores

**IVÁN DAVID PICAZO ZAMARRIPA.** Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Chihuahua II (2002). Obtuvo los grados de Maestro en Administración (2003), Maestro en Sistemas de Información (2004) y Maestro en Salud en el Trabajo (2013) por la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Es candidato al grado de Doctor en Educación por el Centro de Desarrollo de Estudios Superiores (CDES, 2015). Es instructor certificado bajo la norma internacional ISO 17024 en Diseño e Impartición de Cursos Presenciales. Posee la certificación como Auditor de Sistemas de Gestión de Calidad ISO 9001:2008. Es vicepresidente del Comité de Esquema de Certificación en Educación en Chihuahua. Desde 1995 labora en la Universidad Autónoma de Chihuahua en diversos puestos administrativos y como docente. Ha participado como instructor y conferencista con los temas: «Comunicación en la Ciencia», «Creación y Desarrollo de Revistas Científicas» y «Redacción y Publicación de Artículos Científicos». Actualmente es profesor de tiempo completo de la Facultad de Filosofía y Letras (UACH), y posee la categoría Académico Titular «A». Ha dirigido 8 tesis de licenciatura. Tiene 3 artículos científicos publicados y múltiples artículos de difusión.

**CLAUDIA PATRICIA CONTRERAS.** Terminó su licenciatura en 1996, año en que le fue otorgado el título de Licenciada en Lengua Inglesa por la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en la misma Facultad, donde obtuvo el grado de Maestra en Humanidades en 2011 y el grado de Doctor en Periodismo en el área comunicación por la Universidad de Sevilla en el 2015, España. Desde 2014 labora en la Facultad de Filosofía y Letras y posee la categoría de Académico titular C. Su línea de investigación es lingüística y análisis del discurso. Ha dirigido 5 tesis de licenciatura y dos de maestría. Tiene varios capítulos de libros y artículos además de haber sido ponente en diferentes congresos internacionales.

**MARÍA TERESA PÉREZ PIÑÓN.** Es profesora de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Chihuahua desde 1994 a la fecha. Es reconocida por parte del Programa para el Desarrollo Profesional Docente para el Tipo Superior (PRODEP). Estudió la Licenciatura en Enfermería por la Universidad Autónoma de Chihuahua, la Maestría en Salud Comunitaria en la Universidad Autónoma de Nuevo León, es candidato a Doctor en Educación por la Universidad de Durango, campus Chihuahua; fungió como Coordinadora General de Educación Continua, Abierta y a Distancia de la Universidad Autónoma de Chihuahua del 2010 a febrero del 2013, participó como Integrante de la Red Nacional de Innovación Educativa Región Noroeste de la ANUIES, fue integrante del Sistema Nacional de Educación a Distancia A.C (SINED); fue Coordinadora de la Región Noroeste de la Red Nacional de Educación a Distancia (RENAED) del 2010 al 2012. Fue Integrante del Comité Académico del Espacio Común de Educación a Distancia (ECOESAD). Ha cursado los diplomados en modalidades no convencionales, y en diseño y rediseño curricular de programas virtuales. Ha coordinado los diseños curriculares de los programas virtuales en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Fue revisora del modelo educativo de programas virtuales de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Ha coordinado proyectos de Investigación como «Feria, Campus Virtual», «Desarrollo económico-familiar mediante técnicas socialmente responsable: hidroponía» financiados por el SINED. Entre sus publicaciones se encuentran: los libros «Análisis y Tendencia de la formación de profesores en Educación a Distancia en México 2012», «Intervenciones de enfermería para la Prevención de cáncer de mama como manual del participante» y «Desarrollo del pensamiento reflexivo y crítico en enfermería en México; una visión colegiada».

**DAGOBERTO PÉREZ PIÑÓN.** Terminó su licenciatura en 1977, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Industrial Electricista por el Instituto Tecnológico de Chihuahua. Realizó su posgrado en la Facultad de Contaduría y Administración de la UACH, donde obtuvo el grado de Maestro en Administración en 1998 y el grado de Doctor en Administración Pública en el Instituto Internacional del Derecho y del Estado en el 2013. Desde 2005 inicia la impartición de clases en el posgrado de la Facultad de Contaduría y Administración de la UACH, en el 2011 adquiere su tiempo completo en la Facultad de Enfermería y Nutriología. Posee la categoría de Académico titular C. Su área de especialización es la Administración. Ha dirigido 3 tesis de licenciatura, 13 de maestría y 2 de doctorado. Es autor de 30 artículos científicos, 10 ponencias en congresos, y 2 capítulos de libros científicos; además ha impartido 15 conferencias por invitación.

# Enfermedad de Hirschsprung en un paciente adulto: reporte de un caso en el Hospital Central del Estado de Chihuahua, México

Hirschsprung's disease in adult: A case report at Central Hospital of the State of Chihuahua, Mexico

LUIS BERNARDO ENRÍQUEZ-SÁNCHEZ<sup>1</sup>, ÓSCAR RAMIRO GUERRA-GALLEGOS<sup>2,4</sup>,  
FRANCISCA I. SIERRA-SANTIESTEBAN<sup>3</sup> Y JESÚS EDUARDO CHARLES-CANO<sup>2</sup>

Recibido: Diciembre 7, 2017

Aceptado: Mayo 15, 2018

## Resumen

**Introducción.** La enfermedad de Hirschsprung descrita por Harald Hirschsprung en 1888 es una patología rara (1/5,000 nacidos vivos) presentándose comúnmente como una obstrucción intestinal en el recién nacido. Enfermedad caracterizada por la ausencia de células ganglionares en el plexo de Auerbach e hipertrofia de los troncos nerviosos relacionados. Incidencia de 1 en cada 5,000 nacimientos vivos, con predominancia en hombres 4:1. En el adulto las manifestaciones incluyen una historia de estreñimiento crónico en los casos leves y perforación del colon en su presentación más grave. **Justificación.** Patología rara en el adulto con pocos casos reportados en la literatura global. **Objetivo.** Documentar caso clínico con revisión bibliográfica. **Material y métodos.** Reporte de caso. **Discusión.** En nuestro caso, el diagnóstico fue ratificado histopatológicamente hasta los 21 años de edad. Se incluye a los poco más de 300 casos de enfermedad de Hirschsprung en el adulto o adolescentes que han sido reportados en la literatura. **Conclusión.** La enfermedad de Hirschsprung en el adulto es una patología extremadamente poco común, pero no por eso debemos dejar de sospecharla en pacientes con ciertas características.

**Palabras clave:** enfermedad de Hirschsprung en el adulto, reporte de caso, plexo de Meissner y de Auerbach, agangliosis.

## Abstract

**Introduction.** Hirschsprung's disease described by Harald Hirschsprung in 1888 is a rare pathology (1/5,000 live births) commonly presenting as an intestinal obstruction in the newborn. Disease characterized by the absence of ganglion cells in the Auerbach plexus and hypertrophy of the related nerve trunks. Incidence of 1 in every 5,000 live births, with male predominance in a 4:1 rate. In the adult the manifestations include a history of chronic constipation in mild cases and perforation of the colon in its most severe presentation. **Justification.** rare pathology in adults with few cases reported in the global literature. **Objective.** document clinical case with bibliographic review. **Material and methods.** Case report. **Discussion.** In our case, the diagnosis was confirmed histopathologically until 21 years of age. It includes the more than 300 cases of Hirschsprung's disease in adults or adolescents that have been reported in the literature. **Conclusion.** Hirschsprung's disease in adults is an extremely rare pathology, but that is not the reason why we should not suspect it in patients with certain characteristics.

**Keywords:** Hirschsprung's disease in adult, case report, Meissner and Auerbach plexus, aganglionosis.

<sup>1</sup>HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO DE CHIHUAHUA. Jefe del Departamento de Cirugía General. C. Antonio Rosales 33000, Col. Obrera, Chihuahua, Chih. México. C. P. 31350. Tel. (01 614) 180 0800.

<sup>2</sup>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas. Circuito Universitario Campus II. Chihuahua, Chih., México. C. P. 31109. Tel. (01 614) 238-6030.

<sup>3</sup>INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL. Hospital General Regional No. 1. Calle Ortiz de Campos Esq. Universidad 500, San Felipe Sector 5, Chihuahua, Chih., México. C.P. 31203. Tel. (01 614) 413-0728.

<sup>4</sup>Dirección electrónica del autor de correspondencia: oscarguerrag91@gmail.com



## Caso clínico

**F**emenina de 21 años de edad originaria y residente de la ciudad de Chihuahua, con antecedente de cirugía abdominal desconocida al nacimiento, durante la cual le realizan colostomía con la cual permanece hasta los 8 años de edad, cuando se lleva a cabo reconstitución de tránsito intestinal.

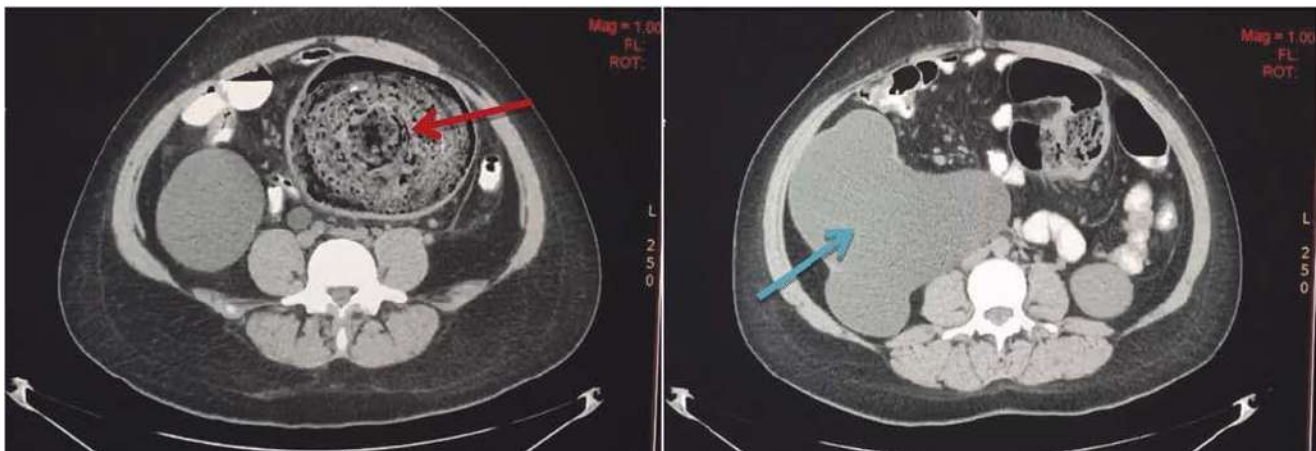
Inicia 7 meses previos a la consulta, con tumora- ción abdominal en fosa iliaca derecha, con crecimiento insidioso, fija, indurada, bien localizada y sin dolor asociado. Resto de síntomas negados.

A la exploración se palpa tumoración de 15 x 15 cm en hipogastrio, fija, dolorosa a la palpación profunda, de características sólidas. Ultra Sonografía Abdominal (USG): quiste gigante de ovario 11.1 x 9.9 x 11.6 cm, hidronefrosis severa de lado derecho, e hidronefrosis leve de lado izquierdo. Marcadores tumorales: CA- 125, CA 19-9, AFP, y ACE negativos. Resto de estudios de gabinete dentro de rangos de normalidad. Se realizó tomografía axial compu-

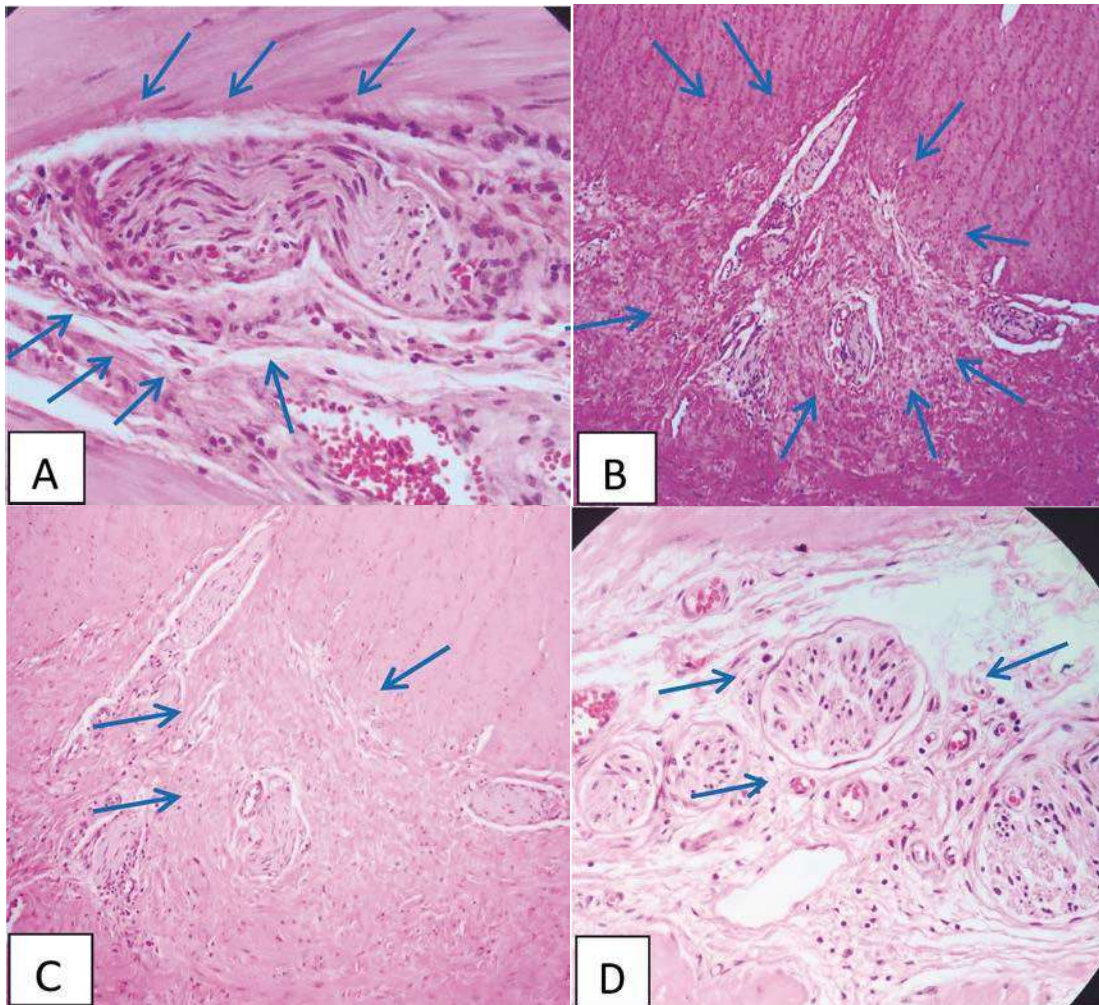
tarizada (TAC) la cual arrojó el diagnóstico de mega- colon con fecaloma gigante en su interior e hidrone- frosis severa, descartando los diagnósticos emitidos por la USG (Figuras 1 y 2).

Se realizó laparotomía exploradora (LAPE) en el Hospital Central del Estado de Chihuahua, encontrando colon recto sigmoides con dilatación importante y fecaloma en su interior de 18 x 15 x 12 cm, se procedió a realizar colectomía izquierda más toma de biopsias con resultados histopatológicos como se muestra en la Figura 3 (A-E), se realiza colostomía. Con adecuada evolución se decide egreso a los 5 días.

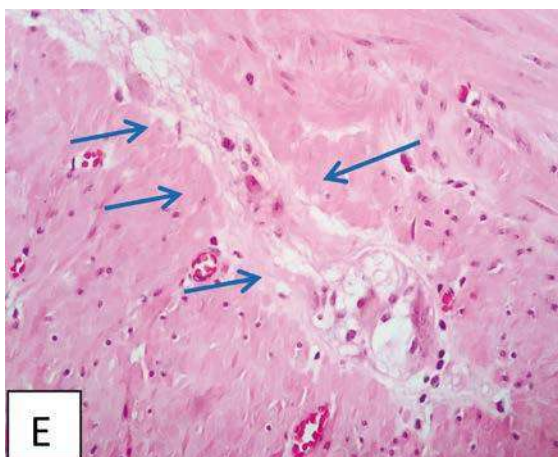
**Figuras 1 y 2.** TAC con contraste vía oral. Dilatación importante de Colon Sigmoides y descendente, con imagen en su interior sugerente de materia fecal de 14 x 15cm (imagen izquierda), desplazamiento de asas intestino delgado y mesenterio hacia derecha. Colección líquida derecha sugerente de bolsa hidronefrótica (imagen derecha).



**Figura 3 (A-D).** Tinción H y E (A y D 40x), (B y C 10x) estudio histopatológico de pared de colon resecado, el cual muestra plexos nerviosos mientéricos con ausencia de neuronas ganglionares (flechas).



**Figura 3 (E):** H y E 40x a 4 cm del borde quirúrgico comienza la presencia de neuronas ganglionares (flechas).



## Introducción

La enfermedad de Hirschsprung descrita por Harald Hirschsprung en 1888, Copenhague, Dinamarca, es una patología rara (1/5,000 nacidos vivos) presentándose comúnmente como una obstrucción intestinal en el recién nacido (Wang *et al.*, 2014; Rebollar *et al.*, 2016; Hamdorf y Blackham, 2017; Ryu *et al.*, 2017). Consiste en una malformación intestinal debida a la ausencia de células ganglionares del plexo nervioso de la pared colorectal (Wei *et al.*, 2016; Yoshimaru *et al.*, 2017). Su diagnóstico en el adulto se define cuando el paciente es mayor de 10 años, frecuentemente con dificultad para su diagnóstico teniendo una incidencia estimada del 2%, por lo cual solo ha habido alrededor de 550 casos reportados en



la literatura desde 1950 (Zaafouri *et al.*, 2015). El 94% de los casos se diagnostican antes de que el paciente cumpla 5 años de edad (Qiu *et al.*, 2013).

Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo de investigación es reportar y describir un caso diagnosticado y tratado por el servicio de Cirugía General del Hospital Central del Estado de Chihuahua, ya que es una patología poco común en la edad adulta y que a menudo es sub diagnosticada, quedando de esta manera bien documentado y establecido para que se agregue al resto de los casos en el mundo.

Se recolecta información de expediente clínico previamente solicitado y bajo consentimiento del departamento de archivo del Hospital Central del Estado. Se busca la bibliografía en diversas plataformas electrónicas con artículos de revisión médicos de 5 años a la fecha actual. El estudio no es posible repetirlo ya que es un caso aislado y por lo tanto se plantea su publicación como un solo reporte de caso. Se utilizó el SiHO® (Sistema Integral Hospitalario) y el expediente en físico para recabar la información de laboratorios, de la misma forma se mantuvo constante comunicación con la paciente y sus familiares. De acuerdo con el comité de ética del Hospital Central del Estado de Chihuahua, este estudio cuenta con los lineamientos establecidos para la documentación y la realización de este trabajo.

## Materiales y métodos

### Revisión de caso clínico.

**Definición.** Es una enfermedad congénita, caracterizada por la ausencia de células ganglionares en el plexo de Auerbach e hipertrofia de los troncos nerviosos relacionados (Brunicardi *et al.*, 2010, Bradnock *et al.*, 2017). Frecuentemente llamada megacolon agangliónico congénito, es considerada como uno de los desórdenes conocidos como disganglioneosis, junto con hipoganglioneosis y displasia neuronal intestinal; siendo descrita como la ausencia congénita de ganglios en la parte del plexo del sistema nervioso entérico determinando el segmento nervioso afectado (Shitta *et al.*, 2014; Lopez Ruiz *et al.*, 2016; Rebollar *et al.*, 2016).

**Incidencia.** Comúnmente vista como un desorden genético, ya que el Mendelismo no siempre está presente; actualmente existen bases patogénicas y

genéticas que hablan de los aspectos de esta enfermedad, incluyendo la descripción y relación de alrededor de 13 genes en la morfogénesis y diferenciación del sistema nervioso entérico (Rebollar *et al.*, 2016). Actualmente, la mutación más importante se localiza en el RET (Bae *et al.*, 2016; Tang *et al.*, 2016) (protooncogén localizado en el brazo largo del cromosoma 10), con detección arriba del 50% en los casos con familiares relacionados a la enfermedad de Hirschsprung y arriba del 20% en casos esporádicos (Rebollar *et al.*, 2016). Asimismo, se ha visto la susceptibilidad de la enfermedad en las variantes de los *loci* de SEMA3 y NRG1 para esta enfermedad (Tang *et al.*, 2016). En estudios recientes se ha visto que existen relaciones regionales asociadas a la enfermedad de Hirschsprung y el *loci* de inositol-trisfosfato 3 cinasa C (ITPKC) (Kim *et al.*, 2017). Estudios recientes comprueban que la obesidad maternal aumenta el riesgo de tener hijos con enfermedad de Hirschsprung, y que esto incrementa el riesgo de que los niños que padecen esta enfermedad nazcan prematuramente (Granström *et al.*, 2016).

Frecuentemente detectada en el periodo neonatal, siendo raro en su etapa adulta, en algunas literaturas hablan de solo 300 casos reportados (Lopez Ruiz *et al.*, 2016). Tiene una incidencia de 1 en cada 5,000 nacimientos vivos, con un promedio general entre hombres y mujeres de 3:1 a 4:1 (Qiu *et al.*, 2013).

**Diagnóstico.** Se presenta como un cuadro de estreñimiento severo con dilatación colónica proximal al segmento agangliónico en su mayoría durante el periodo neonatal (Kim *et al.*, 2008). En el adulto las manifestaciones incluyen una historia de estreñimiento crónico en los casos leves llegando a síntomas de erosión y ulceración colónica, con sangrado, obstrucción intestinal parcial o completa, compromiso vascular, compromiso respiratorio y perforación del colon en su presentación más grave pero afortunadamente muy poco frecuentes (Zaafouri *et al.*, 2015; Wei *et al.*, 2016). No existe algún estudio de laboratorio que confirme su diagnóstico, por radiología la TAC o el enema con bario pueden sugerir datos indirectos pero el diagnóstico definitivo se realiza a través del resultado de histopatología de biopsias de espesor total de la pared intestinal (Granström *et al.*, 2016; Yoshimaru *et al.*, 2017).

Para poder lograr esto se necesita la toma de biopsia de una zona de transición histopatológica entre el intestino normogangliónico y el segmento agangliónico, la falla de resección de la zona de transición explica la persistencia de los síntomas obstructivos postoperatorios (Kapur, 2016).

**Tratamiento.** En el adulto consiste en la resección o exclusión del segmento afectado tratando de preservar la función normal del esfínter anal, con gran importancia en la elección del tratamiento dependiendo del resultado esperado y la experiencia del equipo quirúrgico (Zaafouri *et al.*, 2015; Lopez Ruiz, 2016; Bjørnland *et al.*, 2017). Una de las complicaciones postoperatorias esperadas es la incontinencia fecal (Collins, 2017), independientemente de las diferentes técnicas quirúrgicas, ya que puede ser llevada a cabo de forma trans anal, trans abdominal por laparotomía o por laparoscopia (Wang *et al.*, 2014; Hamdorf y Blackham, 2017; Neuvonen *et al.*, 2017; Ryu *et al.*, 2017).

**Pronóstico.** Cuando esta enfermedad es diagnosticada y tratada quirúrgicamente durante la infancia las complicaciones psicosociales comparadas con las de los niños sanos se encuentran aumentadas, y se ha visto que los niños con enfermedad de Hirschsprung tienen niveles elevados de incontinencia fecal (Collins *et al.*, 2017). La prognosis es usualmente buena y los resultados son habitualmente satisfactorios después del tratamiento quirúrgico (Wang *et al.*, 2014; Rebollar *et al.*, 2016; Baayen *et al.*, 2017; Hamdorf y Blackham, 2017). Sin embargo, se ha documentado que existen algunas complicaciones en el periodo postoperatorio de la enfermedad de Hirschsprung, siendo la enterocolitis y la incontinencia las más frecuentes (Huangm *et al.*, 2017). Las complicaciones urológicas y sexuales en el adulto raramente se han documentado (Versteegh *et al.*, 2016).

## Resultados y discusión

La enfermedad de Hirschsprung fue descrita por primera vez hace más de 100 años por Harald Hirschsprung en 1888 (Rebollar *et al.*, 2016), siendo esta diagnosticada en más del 90% en la etapa neonatal, solo un poco más del 5% pasa desapercibido llegando a la etapa adulta, considerando este diagnóstico después de los 10 años de edad (Qiu *et al.*,

2013; Shitta *et al.*, 2014; Lopez Ruiz *et al.*, 2016; Rebollar *et al.*, 2016). En nuestro caso, el diagnóstico fue ratificado histopatológicamente hasta los 21 años de edad, desconocido por parte de padres y sin registro hospitalario del diagnóstico neonatal, muy probablemente coincidiendo con el cirujano que le realizó el procedimiento al nacimiento. La hidronefrosis severa presentada por la paciente fue secundaria a compresión extrínseca del uréter derecho por el fecaloma. Nuestro caso se incluye a los poco más de 300 casos de enfermedad de Hirschsprung en el adulto o adolescentes que han sido reportados en la literatura (Lopez Ruiz *et al.*, 2016). Habiendo algunos reportes de adultos de 46 y 67 años que se salen de la normalidad (Qiu *et al.*, 2013), ya que el rango reportado va desde los 10 a los 73 años, con un promedio de 24.1 con la mitad de los pacientes por debajo de los 30 años (Shitta *et al.*, 2014; Bradnock *et al.*, 2016; Rebollar *et al.*, 2016). Como nuestra paciente, nuestro caso corresponde al sexo femenino (relación 4:1) (Qiu *et al.*, 2013). Respecto a la sintomatología, no corresponde al típico paciente con historial de estreñimiento crónico, malestar abdominal, distensión o dolor, pero sí a la exploración física con masa palpable, que fue el signo y síntoma principal como motivo de consulta. Respecto al tratamiento, coincidimos con los procedimientos más frecuentemente empleados, los cuales son quirúrgicos (Qiu *et al.*, 2013; Hamdorf y Blackham, 2017; Neuvonen *et al.*, 2017; Ryu *et al.*, 2017).

## Conclusiones

Definitivamente, la piedra angular para el diagnóstico y tratamiento oportuno de la enfermedad de Hirschsprung en el adulto, se encuentra en la elaboración de una historia clínica detallada; haciendo énfasis en los antecedentes quirúrgicos realizados durante la infancia. En nuestra paciente el abordaje inicial no fue el adecuado, ya que la primer sospecha fue un quiste de ovario gigante lo cual retrasó el tratamiento ocasionando falla renal del lado derecho post renal no recuperable.


La enfermedad de Hirschsprung en el adulto es una patología extremadamente poco común, pero no por eso debemos dejar de sospecharla en pacientes con ciertas características, ya que es un padecimiento benigno, con buen pronóstico a la función y la vida si es debidamente diagnosticado y tratado.



## Agradecimientos

Se agradece a autoridades del Hospital Central del Estado por el apoyo recibido, y a la Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas por permitir hacer investigación a los médicos pasantes del servicio social.

## Literatura citada

- BAAYEN, C., F. Feuillet, P. Clermidi, et al. 2017. Validation of the French versions of the Hirschsprung's disease and Anorectal malformations Quality of Life (HAQL) questionnaires for adolescents and adults. *Health Qual Life Outcomes*. 15(1):24. doi:10.1186/s12955-017-0599-7.
- BAE, J. S., I. Koh, H. S. Cheong, et al. 2016. A genome-wide association analysis of chromosomal aberrations and Hirschsprung disease. *Transl Res*. 177:31-40.e6. doi:10.1016/j.trsl.2016.06.001.
- BJØRNLAND, K., M. P. Pakarinen, P. Stenstrøm, et al. 2017. A Nordic multicenter survey of long-term bowel function after transanal endorectal pull-through in 200 patients with rectosigmoid Hirschsprung disease. *J Pediatr Surg*. 52(9):1458-1464. doi:10.1016/j.jpedsurg.2017.01.001.
- BRADNOCK, T. J., M. Knight, S. Kenny, M. Nair, G. M. Walker. 2017. Hirschsprung's disease in the UK and Ireland: incidence and anomalies. *Arch Dis Child*. 102(8):722-727. doi:10.1136/archdischild-2016-311872.
- BRUNICARDI, F. C., D. K. Andersen, T. R. Biliar, D. L. Dunn, J. G. Hunter, J. B. Matthews REP. 2010. *Shwartz Principios de Cirugía*. Novena. (Mc Graw Hill, ed.). México City.
- COLLINS, L., B. Collis, M. Trajanovska, et al. 2017. Quality of life outcomes in children with Hirschsprung disease. *J Pediatr Surg*. 52(12):2006-2010. doi:10.1016/j.jpedsurg.2017.08.043.
- GRANSTRÖM, A. L., A. Svenningsson, E. Hagel, J. Oddsberg. 2016. Maternal Risk Factors and Perinatal Characteristics for Hirschsprung Disease. *Pediatrics* 138(1). doi:10.1542/peds.2015-4608.
- HAMDORF, J. M., R. E. Blackham. 2017. Light at the end of the virtual tunnel: why hasn't utilization of simulation changed? *ANZ J Surg*. 87(10):753-753. doi:10.1111/ans.14148.
- HUANG, W. K., X. L. Li, J. Zhang, S. C. Zhang. 2017. Prevalence, Risk Factors, and Prognosis of Postoperative Complications after Surgery for Hirschsprung Disease. *J Gastrointest Surg*. 22(2):335-343. doi:10.1007/s11605-017-3596-6.
- KAPUR, R. P. 2016. Histology of the Transition Zone in Hirschsprung Disease. *Am J Surg Pathol*. 40(12):1637-1646. doi:10.1097/PAS.0000000000000711.
- KIM, H. J., A. Y. Kim, C. W. Lee, et al. 2008. Hirschsprung disease and hypoganglionosis in adults: radiologic findings and differentiation. *Radiology*. 247(2):428-434. doi:10.1148/radiol.2472070182.
- KIM, J. H., S. M. Jung, J. G. Shin, et al. 2017. Potential association between ITPKC genetic variations and Hirschsprung disease. *Mol Biol Rep*. 44(3):307-313. doi:10.1007/s11033-017-4111-6.
- LOPEZ RUIZ, J. A., L. Tallon Aguilar, L. Sanchez Moreno, et al. 2016. Hirschsprung disease with debut in adult age as acute intestinal obstruction: case report. *Rev Esp Enferm Dig*. 108(11):742-745. doi:10.17235/reed.2016.3841/2015.
- NEUVONEN, M. I., K. Kyrklund, R. J. Rintala, M. P. Pakarinen. 2017. Bowel Function and Quality of Life After Transanal Endorectal Pull-through for Hirschsprung Disease. *Ann Surg*. 265(3):622-629. doi:10.1097/SLA.0000000000001695.
- QU, J. F., Y. L. Shi, L. Hu, L. Fang, H. F. Wang, M. C. Zhang. 2013. Adult Hirschsprung's disease: report of four cases. *Int J Clin Exp Pathol*. 6(8):1624-1630. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23923081><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3726979>.
- REBOLLAR, R. E., R. E. Cánovas, R. P. Peláez. 2016. Hirschsprung's Disease in an Adult Patient. *Rev Col Gastroenterol* 31(1):50-53.
- RYU, A., S. T. Mun, T. Ahn, H. J. Lee, G. A. Moon. 2017. Case of Hirschsprung's disease diagnosed during pregnancy. *J Obstet Gynaecol (Lahore)* 37(1):97-99. doi:10.3109/01443615.2015.1134460.
- SHITTA, A. H., B. T. Ugwu, S. D. Peter, K. N. Ozoilo, P. F. Adighije, B. I. Omolabake. 2014. Hirschsprung's Disease in an Adult: a Case Report. *J West African Coll Surg*. 4(3):121-126. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4553232&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.
- TANG, C. S., H. Gui, A. Kapoor, et al. 2016. Trans-ethnic meta-analysis of genome-wide association studies for Hirschsprung disease Authors/: Département de Génétique, Faculté de Médecine, Université Paris Descartes, Paris, France; INSERM U-781, AP-HP Hôpital Necker-Enfants Malades.
- TANG, W., J. Tang, Y. Zhao, Y. Qin, G. Jin, Y. Xia. 2016. Exome-Wide Association Study Identified New Risk Loci for Hirschsprung's Disease. doi:10.1007/s12035-016-9752-2.
- VERSTEEGH, H. P., N. S. Johal, I. De Blaauw, M. P. Stanton. 2016. Urological and sexual outcome in patients with Hirschsprung disease: A systematic review. *J Pediatr Urol*. 12(6):352-360. doi:10.1016/j.jpuro.2016.07.019.
- WANG, L., Q. He, J. Jiang, N. Li. 2014. Long-term outcomes and quality of life after subtotal colectomy combined with modified Duhamel procedure for adult Hirschsprung's disease. *Pediatr Surg Int*. 30(1):55-61. doi:10.1007/s00383-013-3423-4.
- WEI, Z. J., L. Huang, A. M. Xu. 2016. Reoperation in an adult female with «right-sided» hirschsprung's disease complicated by refractory hypertension and cough. *World J Gastroenterol*. 22(41):9235-9241. doi:10.3748/wjg.v22.i41.9235.
- YOSHIMARU, K., Y. Kinoshita, Y. Yanagi, et al. 2017. The evaluation of rectal mucosal punch biopsy in the diagnosis of Hirschsprung's disease: a 30-year experience of 954 patients. *Pediatr Surg Int*. 33(2):173-179. doi:10.1007/s00383-016-4010-2.
- ZAAFOURI, H., S. Mrad, M. Mabrouk, et al. 2015. Hirschsprung's disease in adults: clinical and therapeutic features. *International Research Journal of Surgery* 2(1):9-17. 

Este artículo es citado así:

Enríquez-Sánchez, L. B., O. R. Guerra-Gallegos, F. I. Sierra-Santiesteban y J. E. Charles-Cano. 2018. Enfermedad de Hirschsprung en un paciente adulto: reporte de un caso en el Hospital Central del Estado de Chihuahua, México. *TECNOCENCIA Chihuahua* 12(1):12-18.

## Resumen curricular del autor y coautores

**LUIS BERNARDO ENRÍQUEZ-SÁNCHEZ.** Jefe del Departamento de Cirugía General 2016 a la fecha, Hospital Central del Estado de Chihuahua, profesor adjunto de la Especialidad de Cirugía General UACH, del 2016 a la fecha. Maestro de Médicos Internos de Pregrado de la Universidad Autónoma de Chihuahua, del 2017 a la fecha. Realizó los estudios de Médico Cirujano y Partero en la Universidad Autónoma de Chihuahua 2004-2011. Especialidad Médica en Cirugía General en el Hospital Central del Estado de Chihuahua, 2012-2016.

**ÓSCAR RAMIRO GUERRA-GALLEGOS.** Médico Cirujano y Partero, Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Realizó los estudios de Médico Cirujano y Partero obteniendo el título con una Mención Especial por la Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Chih. 2011- 2018.

**FRANCISCA I. SIERRA-SANTIESTEBAN,** Médico Adscrito al Departamento de Patología del Hospital General Regional No. 1 IMSS, Chihuahua, Chih, Jefa del Departamento de Citología del Hospital General Regional «Salvador Zubirán, Chihuahua, Chih. Realizó los estudios de Medicina General por la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N. L. 1990-1996. Especialidad Médica en Anatomía Patológica del Hospital de Especialidades, C.M.N Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social 1997-2000, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. Curso de Postgrado en Citología, Instituto Nacional de Cancerología, México. Universidad Nacional Autónoma de México 2002-2003, Ciudad de México. Tiene 4 publicaciones científicas.

**JESÚS EDUARDO CHARLES-CANO.** Médico Cirujano y Partero, Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Realizó los estudios de Médico Cirujano y Partero en la Universidad Autónoma de Chihuahua obteniendo el título por unanimidad 2004-2011, Chihuahua, Chih. Residente de cuarto año de especialidad en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, Unidad Médica de Alta Especialidad o. 71, Instituto Mexicano del Seguro Social, Torreón, Coahuila.

# Tendencias en computación: Web Semántica y Computación Cognitiva

Trends in computing: Semantic Web and Cognitive Computing

MIGUEL ROYO-LEÓN<sup>1,2,4</sup>, DYNHORA DANHEYDA RAMÍREZ-OCHOA<sup>3</sup>  
Y ALFONSO JOSÉ BARROSO-BARAJAS<sup>1,3</sup>

*Recibido: Noviembre 14, 2017*

*Aceptado: Enero 8, 2018*

## Resumen

Las ciencias computacionales se han reafirmado como una disciplina revolucionaria que avanza tanto en sus propios esfuerzos, como potenciando el trabajo de otras ciencias. Dos ramas computacionales que actualmente se investigan con auge, y que se implementan también en otras disciplinas, son la Web Semántica y la Computación Cognitiva. En este artículo presentamos una perspectiva general de cada área, así como algunos ejemplos de aportaciones significativas en otras ciencias.

**Palabras clave:** ciencias computacionales, Web Semántica, Computación Cognitiva, interdisciplinaridad.

## Abstract

Computer sciences have reaffirmed as a revolutionary discipline that advances both on its own efforts, same as bolstering work in other sciences. Two computational branches that are being increasingly researched, and are also applied in other disciplines, are the Semantic Web and the Cognitive Computing. In this paper we present a general perspective of each area, same as examples of their significant contributions in other sciences.

**Keywords:** Computer science, semantic web, cognitive computing, interdisciplinarity.

## Introducción

El alcance de las ciencias computacionales comprende todos los ámbitos de la vida humana moderna: desde los usuarios comunes que utilizan aplicaciones de ofimática o de navegación en Internet en computadoras personales o teléfonos móviles, hasta científicos prominentes que realizan cálculos complejos automatizados en granjas de servidores, sin dejar de lado implementaciones militares y empresariales de gran envergadura y costo. Esta joven disciplina, con menos de 80 años de existencia, innegablemente ha resultado revolucionaria para la humanidad.

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Ingeniería, Campus Universitario II, Chihuahua, Chih., México. C.P. 31240. Tel: (614) 442 9500.

<sup>2</sup> UNIVERSIDAD DE TEXAS EN EL PASO. Departamento de Ciencias Computacionales, 500 West University Avenue, El Paso, Texas, Estados Unidos de América.

<sup>3</sup> UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHIHUAHUA. Tecnologías de la Información y Comunicación. Av. Montes Americanos, No. 9501, Sector 35, C. P. 31216, Chihuahua, Chih., México.

<sup>4</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: mroyoleo@uach.mx

Las ciencias computacionales tienen una naturaleza ambivalente: tanto avanzan por sí mismas, desarrollando conocimiento y tecnología dentro de sus diversas áreas, como pueden ser utilizadas por otras ramas del conocimiento, ya sea como auxiliar para lograr descubrimientos, o incluso empujándolas para generar técnicas e implementaciones novedosas que auxilien en las necesidades de dichos campos del conocimiento.

La Inteligencia Artificial (*Artificial Intelligence*) es una rama de la computación que estudia cómo lograr que las computadoras puedan pensar y actuar de forma humana o de forma racional (Russell y Norvig, 1995). La Web Semántica y la Computación Cognitiva son dos ramas de la Inteligencia Artificial que buscan replicar algunos procesos mentales que realizan los humanos, e incluso potenciarlos gracias a las capacidades de cómputo disponibles. La Web Semántica se encuadra dentro del estudio de la Representación del Conocimiento y Razonamiento (*Knowledge Representation and Reasoning*) (Berners-Lee *et al.*, 2001), mientras que la Computación Cognitiva se encuentra en la confluencia de las áreas de Procesamiento del Lenguaje Natural (Natural Language Processing), Aprendizaje de Máquina (*Machine Learning*) y la Interacción Humano-Computadora (*Human-Computer Interaction*) (Kelly, 2015).

El presente artículo busca introducir al lector en ambas áreas, así como ejemplificar su uso en otras disciplinas del conocimiento.

## La Web Semántica

La World Wide Web (WWW, la Web, o el Internet) fue diseñada para presentar información con formato fácilmente comprensible para los humanos, pero desafortunadamente no provee ni la estructura y ni las semánticas explícitas necesarias para que las computadoras puedan lograr cierto nivel de comprensión de la información para su utilización automatizada (Fuchs *et al.*, 2010). Si así fuera, las computadoras podrían procesar los datos que encontrarán disponibles en las páginas de la red mundial de una manera más sencilla. Las investigaciones al respecto no solo buscan desarrollar algoritmos que puedan entender las expresiones humanas, sino que también buscan proveer a las computadoras con datos bien definidos (Berners-Lee y Hendler, 2001).

Para sir Tim Berners-Lee, creador de la Web original, el pensamiento humano realiza dos tareas que las computadoras no han logrado replicar: utilizar información de *trasfondo* para comprender el *significado* de información novedosa, así como realizar *inferencias* en base a la información ya conocida (Berners-Lee *et al.*, 2001). La Web Semántica es una evolución de la Web original con la que es posible modelar la información del mundo real para discernir su significado de forma computacional, gracias a las relaciones entre los términos de un dominio determinado, lo que permite realizar inferencias basándose en la información almacenada en su base de conocimiento (Berners-Lee y Hendler, 2001). Para lograr esto, se utiliza un conjunto de lógicas formales llamadas Lógicas de Descripción, implementadas como tecnologías web estandarizadas (Hitzlet *et al.*, 2009).

Tanto los datos del dominio o problema como la información de trasfondo necesaria para poder realizar el razonamiento se modelan en colecciones de *términos, relaciones, clases y propiedades*, en forma de vocabularios controlados, taxonomías u ontologías, utilizando lenguajes de marcado como XML, RDF o OWL. Toda esta información se almacena en *triples* o *tripletas*, enunciados compuestos de un *sujeto* y un *objeto* unidos por una *relación*. Las clases se interrelacionan con otras por estas relaciones o roles. Los individuos pertenecientes a estas clases cuentan con diferentes propiedades o datos. La información modelada de esta manera también se puede abstraer como grafos con nodos que representan las clases, interconectados por las relaciones, representadas como flechas. En el ejemplo de la Figura 1, indicamos en forma de grafo que una MacBook es una subclase perteneciente a la clase de Computadoras. Con esto en cuenta y yendo más allá, podemos imaginar MacBooks específicas de diferentes personas relacionadas a esta subclase, cada una con sus propios datos como dueño, número de serie, especificaciones técnicas, etc.

La implementación de servicios de Web Semántica requiere de distintas piezas de software. Existen editores de ontologías que facilitan el trabajo de su programación y prueba. Uno de los más usados es Prótegé, desarrollado en la Universidad de Manchester (Hitzlet *et al.*, 2009). Los razonadores (*Reasoners*)



son utilizados para «razonar» o «inferir» sobre la base de conocimientos utilizada, y encontrar nuevos datos, relaciones e incluso clases, ejecutando algoritmos de inferencia sobre esta base de conocimientos (Abburu, 2012). Prótegé integra varios razonadores para agilizar el desarrollo y probar los modelos. Los datos de Web Semántica se pueden almacenar en bases de datos de grafos (*Graph Databases*) (Robinson *et al.*, 2015) o en almacenes de tripletas (*Triple Stores*) (Ontotext, 2014), los cuales suelen implementar *endpoints*, puntos de consulta de datos abiertos a la web en general.

Los conceptos de Web Semántica comenzaron siendo implementados para compartir información científica de forma transparente y rápida. En principio, se planteaba la posibilidad de compartir reportes de experimentos de laboratorio o datos de forma automatizada hacia sistemas hermanados, así como añadir información semántica a los artículos científicos para facilitar su distribución (Berners-Lee y Hendler, 2001). Las aplicaciones de Web Semántica han ido mucho más allá.

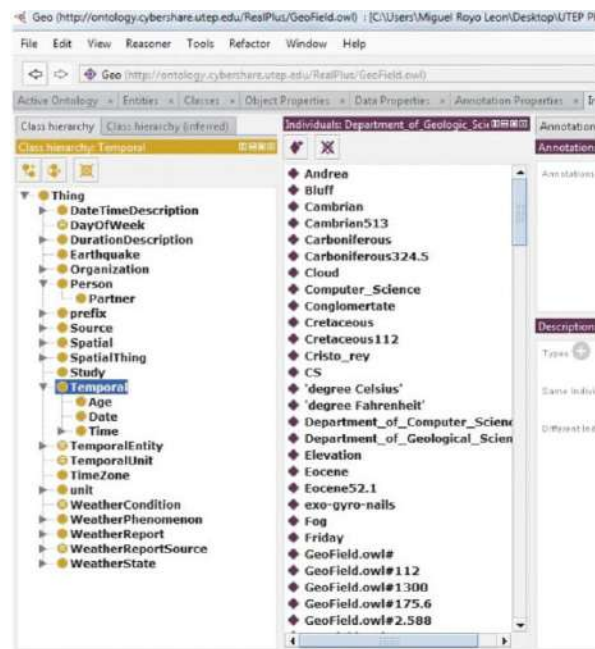
**Figura 1.** Ejemplo de una tripleta para «Una MacBook es una subclase de Computadora», en forma de grafo. El sujeto es MacBook, la relación es `rdfs:subClassOf`, y el objeto es Computer.



La investigación biomédica ha logrado importantes avances gracias a la Web Semántica. La ontología *Gene Ontology* (Ontología del Gen) estableció un vocabulario controlado que permitió unificar la descripción de partes, funciones y procesos celulares. La Web Semántica ha facilitado integrar bases de datos para realizar consultas, debido a la gran cantidad de datos generados en este campo (Hoendorf *et al.*, 2012). Gracias a Gene Ontology, se pueden realizar análisis de estructuras genéticas como el GSEA (*Gene Set Enrichment Analysis*, análisis de enriquecimiento de conjuntos de genes), que ha dado pie a, por ejemplo, estudios de mecanismos del cáncer. También se realizan estudios de farmacogenómica, con vías de auxiliar a la medicina personalizada al estudiar estrategias de respuesta de individuos a diferentes medicamentos (Dumontier y Villanueva-Rosales, 2009).

En ciencias de la tierra también se han dado implementaciones exitosas. NASA desarrolló la *Semantic Web for Earth and Environmental Terminology* (SWEET, Web Semántica para terminologías de la tierra y ambientales), un conjunto de ontologías sobre ciencias ambientales y de la tierra, con el objetivo inicial de usarse en una herramienta de búsquedas (Raskin y Pan, 2005). SWEET también ha sido usada en utilerías de geo posicionamiento, recolección de datos de vida marina y ecología, así como para interoperabilidad entre fuentes de datos de geociencias (Barahmand *et al.*, 2010). Un proyecto con connotaciones semánticas es EarthCube, una iniciativa para implementar ciber infraestructura con estándares tecnológicos para realizar investigación interdisciplinaria. Earthcube financia diferentes proyectos con tecnologías semánticas para geociencias, en los campos de colaboración y descubrimiento científico, compartición, e integración de datos (Gil *et al.*, 2014). EarthCube organizó un par de campañas durante los veranos de 2015 para que un grupo de científicos computacionales experimentara de primera mano el trabajo de campo en las geociencias, y buscar implementar soluciones tecnológicas para facilitarlos (Mookerjee *et al.*, 2015). Muchos de los científicos computacionales presentes contaban con estudios de Web Semántica (Amini, 2015).

**Figura 2.** Una ontología abierta en Prótegé, software de edición de ontologías (Musen, 2015).



La potencia y el futuro de las tecnologías semánticas puede observarse claramente en los proyectos del Internet de las Cosas (*Internet of Things*), que busca interconectar aparatos, dispositivos y sensores a través del Internet. Esto conlleva contar con «representaciones computacionales» de los dispositivos para que otros sistemas computacionales puedan comunicarse con dichos dispositivos y operarlos. Sería utópico pensar que es posible crear estándares obligatorios para esta diversidad de aparatos y almacenamiento de datos. En este caso, la Web Semántica es una opción viable como capa intermedia que permita la comunicación con los diferentes dispositivos e integrar las diversas bases de datos de información detectada por los sensores, permitiendo la interoperabilidad de todos estos elementos (Barnaghi *et al.*, 2012). Esta implementación va más allá de los típicos casos promocionados para el público en general, como los casos de aparatos electrodomésticos capaces de comunicarse por Internet en caso de requerir reparaciones o realizar compras de abarrotes. Finalmente, el concepto de ciudad inteligente (*Smart City*) busca que la tecnología pueda incidir en cuestiones de movilidad, economía, medio ambiente, habitación, gestión, etc., y así mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, teniendo especialmente en cuenta el desarrollo sostenible (Villanueva-Rosales *et al.*, 2015).

## Cómputo Cognitivo

Dado que las publicaciones que existen al respecto del cómputo cognitivo provienen de las grandes empresas de cómputo (Ferrucci *et al.*, 2010; IBM, 2014; Kelly, 2015; Hewlett Packard, 2016), podemos considerar que es una tendencia claramente empresarial. Contando con profundas bases de ciencias computacionales e Inteligencia Artificial, el cómputo cognitivo tiene como objetivo crear tecnologías (software y/o hardware) que repliquen los procesos cognitivos del cerebro humano para potenciar tareas que tanto humanos como máquinas realizan por separado (Kelly, 2015), pero que darán mejores resultados con la colaboración, interacción y aprendizaje (Aguirre, 2015).

De acuerdo con el *Cognitive Computing Consortium* (Consortio de Cómputo Cognitivo), una agrupación de empresas interesadas en desarrollar

esta área (IBM, Hewlett Packard, Microsoft, por mencionar a las más conocidas), el cómputo cognitivo busca lograr *hacer computables* problemas que antes no lo eran, debido a su complejidad, y su inherente incertidumbre y ambigüedad (Cognitive Computing Consortium, 2014).

Los sistemas cognitivos deben:

a) Ser *adaptables* a posibles cambios en la información (incluyendo entrada de datos en tiempo real) y a la evolución de los requerimientos (resolviendo situaciones de ambigüedad y tolerando la incertidumbre).

b) *Interactuar* con usuarios humanos y otros dispositivos.

c) Definir *problemas con preguntas*, y buscar información adicional si el problema inicial es incompleto o ambiguo. Deben poder recordar iteraciones previas.

d) *Utilizar información contextual*, estructurada o no estructurada, y entradas de datos de sensores (Cognitive Computing Consortium, 2016).

La respuesta de preguntas de dominio abierto (*Open-domain question-answering*) (Simmons, 1970) es un problema computacional que consiste en responder preguntas realizada en un lenguaje natural humano con información veraz y en el mismo lenguaje. Para realizar esto, una computadora necesitaría realizar lo que realiza una persona:

a) Comprender la pregunta en el lenguaje natural.

b) Discernir la información que se requiere del sistema.

c) Considerar el contexto de la información que requiere el usuario.

d) Buscar en una amplísima fuente de datos de forma muy veloz.

e) Encontrar la información pertinente y construir la respuesta.

IBM Watson es un sistema cognitivo enfocado a responder preguntas de dominio abierto. En 2011, Watson participó en el programa de televisión de concursos Jeopardy!, en el cual los participantes deben responder las preguntas que realiza el anfitrión, estructurando su respuesta en forma de pregunta. Watson logró derrotar a varios campeones históricos del concurso (Jackson, 2011).

Watson trabaja con una metodología similar a la que hemos descrito, generando hipótesis de respuesta para la pregunta realizada y reuniendo evidencia para cada respuesta, las cuales evalúa para finalmente dar al usuario las respuestas que considere más adecuadas (Ferrucci *et al.*, 2010). Watson es alimentado con documentos de textos relacionados a algún tema específico o dominio. Los documentos pueden ser archivos de tipo PDF, texto plano, páginas de Internet, o Word, por mencionar algunos. Es recomendable que los documentos hayan sido revisados y «curados» por expertos en el dominio de la aplicación, con la intención de eliminar información irrelevante, desactualizada o de poca consideración. En ocasiones puede ser necesario revisar el formateo de la información para mejorar su ingestión y uso por parte de Watson (Royo-León *et al.*, 2016).

Los documentos ingeridos son pre-procesados por Watson antes de proceder a la fase de entrenamiento, en la cual el usuario realiza preguntas a Watson y las aparea con la respuesta correcta entre las que el mismo Watson proporciona (Ferrucci, 2012). Al recibir las preguntas del usuario, Watson realiza un análisis de sus componentes, identifica qué se está preguntando y genera una serie de posibles interpretaciones de la pregunta, correspondientes con hipótesis para las cuales buscará respuestas. Tras buscar evidencias a favor y en contra de las hipótesis, Watson evalúa cada respuesta antes de clasificarlas de acuerdo con la evaluación de su evidencia, y calcula la confianza en dicha respuesta (Ferrucci *et al.*, 2010).

IBM llama a este proceso DeepQA (*Deep Question Answering*). Requiere de una gran cantidad de procesamiento computacional para producir las respuestas de las hipótesis, estimar la confianza en las mismas, usar los componentes expertos, e integrar tanto conocimientos profundos como someros de la respuesta. Watson es capaz de utilizar más de cien técnicas distintas de análisis del lenguaje natural, identificación de fuentes de información, generación de hipótesis, evaluación de evidencias, y unión y clasificación de hipótesis evaluadas (Ferrucci *et al.*, 2010). La Figura 3 ilustra este proceso.

Trabajar con Watson requiere una cuidadosa revisión del dominio al que se referirá la aplicación, y

de los documentos que se incluirán como corpus para Watson, para reflejar correctamente que el conocimiento con que la aplicación deberá responder esté suficientemente comprendido por los documentos. Watson se entrena entonces realizando las preguntas relacionadas al dominio, y de preferencia basadas en los documentos. Al realizar las preguntas a Watson, el sistema dará posibles opciones de respuesta y solicitará que el usuario indique cuál respuesta es la más acertada. Watson aprenderá progresivamente acerca del dominio y de cómo responder las preguntas de forma acertada gracias a esta interacción. IBM recomienda entrenar a Watson con al menos 800 preguntas para un sistema prototipo, o 1000 para un sistema en producción (Aguirre, 2015). Tras finalizar este proceso de entrenamiento, Watson está listo para responder las preguntas de los usuarios, pero no contará con una interfaz directa para ello, por lo que es necesaria una aplicación que se conecte con Watson, envíe la pregunta y reciba los resultados que Watson le arroje como posibles respuestas a la pregunta realizada (Aguirre, 2015).

Figura 3. Ilustración del proceso DeepQA (Ferrucci *et al.*, 2010).

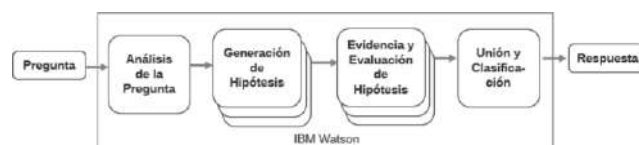
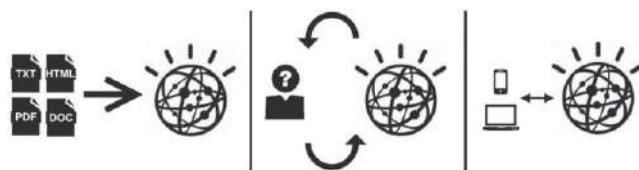


Figura 4. Procesos de A. Ingestión de documentos, B. Entrenamiento con preguntas, y C. Conexión de la interfaz con Watson (computadora o teléfono móvil) (Royo-León *et al.*, 2016).



IBM ha lanzado diversas aplicaciones para dominios específicos utilizando Watson como plataforma. El Memorial Sloan Kettering Cancer Center de Nueva York, habilitó una instancia de Watson con un corpus de literatura científica sobre el cáncer con más de 290 revistas médicas arbitradas,



200 libros, y más de 12 millones de páginas de texto (IBM, 2016), con el objetivo de mejorar las decisiones clínicas de los médicos (Fu *et al.*, 2015). IBM también ha entrenado a Watson con un corpus de documentos describiendo más de 8 millones de ataques informáticos de *spam* o *phishing*, y documentación de más de 100,000 vulnerabilidades de sistemas informáticos, que permitan ayudar en tareas de cyber seguridad (IBM Security, 2016). En México, el Museo Nacional de Antropología entrenó a Watson para poder responder 22,000 preguntas acerca de 11 piezas arqueológicas específicas dentro del museo (Unocero, 2017).

Otra empresa que ha lanzado productos relacionados con cómputo cognitivo es Hewlett Packard Enterprise (HPE) con Haven OnDemand, que provee servicios en la nube por medio de APIs (*Application Programming Interfaces*, Interfaces de programación de aplicaciones) de análisis de textos, reconocimiento de lenguaje hablado, reconocimiento de imágenes, análisis predictivo y búsquedas, con el fin de que sus usuarios puedan desarrollar aplicaciones con «inteligencia humana aumentada» (Cognitive Computing Consortium, 2016).

## Conclusiones

La Web Semántica se ha desarrollado mayormente para uso científico, aunque existen casos de implementaciones industriales. La literatura describe proyectos que habilitan compartición de datos, incluso al grado de disponibilidad inmediata, lo que permite una transparencia de información muy necesaria en diversos ámbitos, como gobierno, empresarial, y por descontado el científico. A pesar de estas proyecciones y diversos casos de éxito, consideramos que solo se alcanzará una verdadera explosión en el uso de las tecnologías semánticas, comparable al éxito del Internet común, cuando el uso de sus tecnologías sea simplificado lo suficiente, o envuelto, para que su adopción por el común de los usuarios y/o programadores, sea cuasi transparente, y no requiera de un alto nivel de preparación técnica para poder utilizarse; estas características fueron lo que permitió el *boom* de las tecnologías Web. Un avance al respecto es que en las nuevas versiones de HTML integran componentes semánticos en sus definiciones, lo que permitirá agregarlos a las páginas web de forma rápida.

Las grandes empresas de cómputo como IBM y HP han invertido enormes cantidades de dinero en proyectos de Computación Cognitiva, conjuntando técnicas de Inteligencia Artificial para poder lograr resultados sorprendentes. Con seguridad el cómputo cognitivo se establecerá en el mercado, o al menos en mercados específicos que cuenten con los recursos para pagar estos servicios. Es probable que estos servicios permeen poco a poco en aplicaciones que utilizan los usuarios comunes. Estas implementaciones van por buen camino, pues la interacción entre un usuario común y un sistema cognitivo se da de forma tan sencilla como hacer una pregunta en un lenguaje humano, y que el sistema arroje respuestas correctas. Es previsible que conforme pase el tiempo, se liberarán nuevos servicios de cómputo cognitivo, para auxiliar en áreas aún más diversas.


Las contribuciones actuales de la investigación sobre Web Semántica y Cómputo Cognitivo nos permiten dilucidar un brillante futuro para ambas ramas de la computación, no se diga de la Inteligencia Artificial en general. El ritmo de los avances ha generado debates acerca de los controles necesarios para evitar su mal uso, o para poder llegar a controlar la llamada «singularidad», en que un sistema inteligente podría hacerse consciente de su propio potencial.

Hemos visto que las técnicas de ambas áreas cada vez son más utilizadas en implementaciones interdisciplinarias. Denotamos que el esfuerzo para construir aplicaciones de calidad en ambas áreas es fuerte desde el punto de vista técnico, y podemos vislumbrar que se requerirá mayor esfuerzo para su generalización o masificación. Afortunadamente, los ejemplos, y los beneficios de estas tecnologías están cada vez más al alcance de los usuarios comunes.

## Literatura citada

- ABBURU, S. 2012. A survey on ontology reasoners and comparison. *International Journal of Computer Applications*, 57(17).
- AGUIRRE, D. 2015. Cognitive Computing [Material de Clase]. *Colección personal de Diego Aguirre*. El Paso, Texas, Estados Unidos de América.
- AGUIRRE, D. 2015. JSON - Watson Tutorial [Material de clase]. *Colección personal de Diego Aguirre*. El Paso, Texas, Estados Unidos de América.
- AMINI, R. 2015. *EC3 Fieldtrip: 2-7 August 2015/ Yosemite NP and Owens Valley*. Retrieved from Data Semantics Lab, Wright State University: <http://dase.cs.wright.edu/blog/ec3-fieldtrip-2-7-august-2015-yosemite-np-and-owens-valley>



- BARAHMAND, S., Taheryian, M., Al-Ashri, S., and Upadhyay, B. 2010. *A Survey on SWEET Ontologies and their applications*. Retrieved from Mohsen Taheryian's Website - Reports: <http://www-scf.usc.edu/~taheriya/reports/csci586-report.pdf>
- BARNAGHI, P., Wang, W., Henson, C., and Taylor, K. 2012. Semantics for the Internet of Things: early progress and back to the future. *International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS)*, 8(1), 1-21.
- BERNERS-LEE, T., and Hendler, J. 2001. Publishing on the semantic web. *Nature*, 410(6832), 1023.
- BERNERS-LEE, T., Hendler, J., and Lassila, O. 2001. The Semantic Web. *Scientific American*, 284(5), 28-37.
- COGNITIVE COMPUTING CONSORTIUM. 2014. *Cognitive Computing defined*. Retrieved 2017, from Cognitive Computing Consortium Web Site: <https://cognitivecomputingconsortium.com/resources/cognitive-computing-defined/#1467829079735-c0934399-599a>
- COGNITIVE COMPUTING CONSORTIUM. 2016. *HPE Haven OnDemand Machine Learning & Search*. Retrieved 2017, from Cognitive Computing Consortium web site: <https://cognitivecomputingconsortium.com/hpe-haven-ondemand-machine-learning-search/>
- DUMONTIER, M., and Villanueva-Rosales, N. 2009. Towards pharmacogenomics knowledge discovery with the semantic web. *Briefings in bioinformatics*, 10(2), 153-163.
- FERRUCCI, D. 2012. Introduction to This is Watson. *IBM Journal of Research and Development*, 56(3.4), 1-1.
- FERRUCCI, D., Brown, E., Chu-Carroll, J., Fan, J., Gondek, D., Kalyanpur, A. A., and Lally, A. 2010. Building Watson: An overview of the DeepQA project. *AI Magazine*, 31(3), 59-79.
- FU, J., Gucalp, A., Glass Zauderer, M., Epstein, A. S., Kris, M. G., Keesing, J., . . . Seidman, A. D. 2015. Steps in developing Watson for Oncology, a decision support system to assist physicians choosing first-line metastatic breast cancer (MBC) therapies: Improved performance with machine learning. *ASCO Annual Meeting Proceedings*, 33, p. 566.
- FUCHS, C., Hofkirchner, W., Schafranek, M., Raffl, C., Sandoval, M., and Bichler, R. 2010. Theoretical foundations of the web: cognition, communication, and co-operation. Towards an understanding of Web 1.0, 2.0, 3.0. *Future Internet*, 2(1), 41-59.
- GIL, Y., Chan, M., Gomez, B., and Caron, B. 2014. *EarthCube: Past, Present, and Future. EarthCube Project Report EC-2014-3*.
- HITZLET, P., Krotzsch, M., and Rudolph, S. 2009. *Foundations of the Semantic Web*. CRC Press.
- HOENDORF, R., Dumontier, M., and Gkoutos, G. V. 2012. Evaluation of research in biomedical ontologies. *Briefings in bioinformatics*, 14(6), 696-712.
- IBM. 2014. IBM Watson: How it works. Retrieved 2017, from <https://www.youtube.com/watch?v=Xcmh1LQB9I>
- IBM. 2016. IBM Watson for Oncology. Retrieved 2017, from <https://www.ibm.com/watson/health/oncology-and-genomics/oncology/>
- IBM Security. 2016. *Cognitive security [White paper]*. Retrieved 2017
- JACKSON, J. 2011. IBM Watson vanquishes human Jeopardy foes. *PC World*(17).
- KELLY, J. E. 2015. *Computing, cognition and the future of knowing*. IBM Research whitepaper.
- MOOKERJEE, M., Vieira, D., Chan, M. A., Gil, Y., Goodwin, C., Shipley, T. F., and Tikoff, B. 2015. We need to talk: Facilitating communication between field-based geoscience. *GSA Today*, 25(11), 34-35.
- MOOKERJEE, M., Vieira, D., Chan, M. A., Gil, Y., Pavlis, T. L., Spear, F. S., and Tikoff, B. 2015. Field data management: Integrating cyberscience and geoscience. *Eos*, 96(20), 18-21.
- MUSEN, M. A. 2015. The Protégé project: A look back and a look forward. *AI Matters*, 1, 4. doi:10.1145/2557001.25757003.
- ONTOTEXT. 2014. *The Truth About Triplestores*. Ontotext.
- RASKIN, R., and Pan, M. 2005. Semantic web for earth and environmental terminology (SWEET). *Proc. of the Workshop on Semantic Web Technologies for Searching and Retrieving Scientific Data*, 25.
- ROBINSON, I., Webber, J., and Eifrem, E. 2015. *Graph Databases: New Opportunities for Connected Data*. O'Reilly Media, Inc.
- ROYO-LEÓN, M., Rodriguez, L. M., Gallardo, P., Gonzalez, T., Negron, R., Aguirre, D., and Fuentes, O. 2016. SEXWISE: An IBM Watson-Powered Mobile Application to Promote Sexual Education. In S. M. Computacionales (Ed.), *Tecnologías emergentes y avances de la computación en México - ENC 2016*, (pp. 205-210). Chihuahua, México.
- RUSSELL, S., and Norvig, P. 1995. *Artificial Intelligence: A modern approach*. (P. Hall, Ed.)
- SIMMONS, R. 1970. Natural language question-answering systems. *Communications of the ACM*, 13(1), 15-30.
- UNOCERO. 2017. *IBM Watson llega al Museo de Antropología*. Retrieved from UnoCero: <https://www.unocero.com/noticias/ciencia/ibm-watson-en-museo-antropologia/>
- VILLANUEVA-ROSALES, N., Cheu, R., Gates, A., Rivera, N., Mondragon, O., Cabrera, S., . . . Larios, V. M. 2015. A collaborative, interdisciplinary initiative for a smart cities innovation network. *IEEE First International Conference On Smart Cities* (pp. 1-2). IEEE. 

---

Este artículo es citado así:

Royo-León, M., D. D. Ramírez-Ochoa y A. J. Barroso-Barajas. 2018. Tendencias en computación: Web Semántica y Computación Cognitiva. *TECNOCENCIA Chihuahua* 12(1):19-26.  
DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v12i1.128>

## Resumen curricular del autor y coautores

**MIGUEL ROYO LEÓN.** Ingeniero en Sistemas Computacionales en Software por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) en 2006. Obtuvo la Maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales por la misma Facultad en 2010. Se ha desempeñado en la industria en roles de Ingeniero de Soporte, Administrador de Sistemas, y Desarrollador de Software. En 2014 inicia estudios doctorales en Ciencias Computacionales en la Universidad de Texas en El Paso. Es Académico Asociado A en la Facultad de Ingeniería de la UACH desde 2015. Ha impartido cursos de Programación, Algoritmos e Investigación. Ha colaborado en 7 artículos de revistas arbitradas, 4 capítulos de libro, 3 artículos de congresos arbitrados y 4 posters. Ha colaborado en proyectos de investigación relacionados con Ciencias de la Tierra y Autismo. Sus intereses de investigación son la enseñanza de la computación, el desarrollo de software, y la web semántica.

**DYNHORA DANHEYDA RAMÍREZ OCHOA.** Ingeniero en Sistemas Computacionales en Hardware por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) en 2004. Obtuvo la Maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales por la misma Facultad en 2010. Se ha desempeñado como técnico de videoconferencia en la Coordinación General de Tecnologías de la Información de la UACH. Es maestra de tiempo completo en la Universidad Tecnológica de Chihuahua (UTCH) desde 2006, y pertenece al Cuerpo Académico de Tecnologías de Seguridad Informática.

**ALFONSO JOSÉ BARROSO BARAJAS.** Ingeniero en Sistemas Computacionales en Software por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) en 2004. Obtuvo la Maestría de Sistemas Informáticos por la Facultad de Contaduría y Administración de la misma UACH en 2013. Se desempeñó en la industria como desarrollador de software contable. Es Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica de Chihuahua (UTCH), y pertenece al Cuerpo Académico de Tecnologías de Seguridad Informática. Es profesor de asignatura en la Facultad de Ingeniería de la UACH, impartiendo cursos de Programación. Desde 2017 se desempeña como CTO de la empresa PPAP Manager, una empresa de desarrollo de sistemas de gestión de calidad.

# Barreras para la implementación de manufactura esbelta y la administración de la calidad total

## Barriers of lean manufacturing and total quality management implementation

JESÚS ARTURO CHÁVEZ-PINEDA<sup>1,4</sup>, GRACIELA DEL CARMEN SANDOVAL-LUJÁN<sup>2</sup>  
Y OSCAR A. VIRAMONTES-OLIVAS<sup>3</sup>

Recibido: Febrero 7, 2017

Aceptado: Noviembre 7, 2018

### Resumen

Se analizan los beneficios y resultados obtenidos por empresas que han implementado manufactura esbelta (LM) y la administración de la calidad total (TQM). La proporción de organizaciones que han fallado en su implementación y que no han obtenido los resultados esperados es mayor que aquellas organizaciones que han tenido éxito. Para lograr una mejor comprensión de este problema, se analizan las barreras comunes de implementación y las relaciones complementarias entre LM y TQM. Para el análisis de estas relaciones, se utilizó la teoría del conocimiento profundo de Deming. Este análisis sugiere que LM y TQM funcionan mejor de forma integrada y pueden ser consideradas como una sola filosofía de administración.

**Palabras clave:** filosofía de administración, mejora continua, cambio organizacional biotecnología y aeroespacial

### Abstract

The results and benefits accomplished by organizations that have implemented Lean manufacturing (LM) and Total quality management (TQM) are analyzed. The proportion of organizations that had failed in the implementation of these management philosophies is larger than those that have been successful. In order to get a better understanding of this problem, the common implementation barriers and the relationships between them are analyzed. For this analysis, Deming's theory of profound knowledge is used. This analysis suggests that LM and TQM together are capable to provide better results for firms that implement them. They can be considered a single management philosophy.

**Keywords:** Management philosophy, continuous improvement, organizational change, biotechnology and aerospace.

### Introducción

**M**anufactura esbelta o «*Lean Manufacturing*» también conocida como producción esbelta y la administración de calidad total o «*Total Quality Management*» (LM y TQM respectivamente, por sus siglas en inglés). Se popularizaron las décadas de los 80 y 90; son conocidas generalmente, como los métodos idóneos para mejorar el desempeño organizacional por medio de la mejora continua en procesos y cambio organizacional (Bozdogan, 2010).

<sup>1</sup> INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DELICIAS. Paseo Tecnológico km. 3.5 Delicias, Chih., México. C.P. 33000.

<sup>2</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Contaduría y Administración Extensión Delicias. Calle Sexta y avenida 21ª Poniente S/N. Delicias, Chih., México. C.P. 33000, .

<sup>3</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Contabilidad y Administración. Campus Universitario II, Chihuahua, Chih. CP. 31125

<sup>4</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: arturo.chavez@itdelicias.edu.mx

*El North America Manufacturing Benchmarks & Outlook* (2007) estudio realizado en Estados Unidos y Canadá, reportó que alrededor de 73% de las empresas manufactureras de maquinaria y equipo industrial (20.9%), automotriz (14.7%), construcción (10.6%), bienes de consumo duraderos (7.5%), no duraderos (8.6%), farmacéutica, biotecnología y médica (5.7%), aeroespacial (5.1%), química (4.2%), alta tecnología (4.0%), impresiones y publicidad (3.4%), industria de defensa (2.2%) y otras (13.3%), tenían implementada alguna estrategia de mejora continua. La mayoría (54%) seguía alguna estrategia relacionada con LM, mientras que 10% utilizaban como metodología de mejora TQM.

La proporción de organizaciones que han logrado implementar estrategias de mejora en el desempeño organizacional con éxito es mayor que aquellas que han tenido problemas con su implementación y el logro de los resultados esperados (Stone, 2012; Mosadeghrad, 2014). Existe la necesidad urgente de trabajar en el desarrollo de sistemas de administración más efectivos, para ello es necesario explorar elementos comunes y las relaciones complementarias que integran a LM y TQM (Bozdogan, 2010). En este sentido, la hipótesis del presente trabajo de investigación consiste en que los resultados obtenidos y las barreras de implementación experimentadas por aquellas organizaciones que no han tenido éxito en la implementación de estas estrategias de mejora, probablemente están asociadas, desde el punto de vista teórico, con la relación de complementariedad que existen entre ellas, de esta forma, en lugar de ser vistas como dos enfoques independientes, deben ser integradas bajo un mismo sistema para lograr un mejor desempeño organizacional.

*Objetivo general.* Analizar las relaciones complementarias entre LM y TQM a partir de los resultados, beneficios, barreras comunes de implementación e investigaciones empíricas que manejan sistemas integrados de LM y TQM asociadas con un mejor desempeño organizacional.

*Objetivos específicos.* Los objetivos específicos, son los siguientes:

1.- Estudiar los resultados y beneficios obtenidos en la implementación de LM y TQM, haciendo una revisión de las fuentes bibliográficas con el fin de integrar una descripción general de estas.

2. Identificar los elementos y barreras comunes en la implementación de LM y TQM, analizando investigaciones empíricas que estudian sistemas integrados en esos procesos de calidad.

*Resultados en la implementación de Manufactura Esbelta (LM).* En la actualidad, es mayor la proporción de empresas que han fallado en la implementación de iniciativas de LM (Emiliani y Stec, 2005); el problema reside en que más del 50% de las iniciativas en empresas de manufactura pequeña y mediana no logran los resultados deseados (Kallage, 2006). En Gran Bretaña, menos de 10% de las compañías han tenido éxito en la implementación de LM (Bhasin y Burcher, 2006). A pesar de los enormes beneficios que se pueden obtener mediante LM, en realidad no muchas organizaciones son exitosas en implementar este sistema (Papadopoulou y Özbayrak, 2005). Mohanty *et al.* (2007) muestran que las organizaciones occidentales se han esforzado por imitar el «Sistema Toyota» con muy poco éxito. Aunque existen numerosos casos de mejoras operativas tangibles y aun radicales, Azuan y Syed (2013) señalan que las compañías que han implementado LM, revelan que aquellas que no han podido sostener las mejoras, se debe a que su enfoque de implementación consideró solo herramientas y técnicas y que no se consideraron cambios culturales necesarios, así como el factor humano.

*Beneficios en la implementación de Manufactura Esbelta (LM).* Varios estudios concluyen que LM ha ayudado a múltiples empresas a mejorar el desempeño operativo y del negocio, los beneficios de implementación se muestran a continuación (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Beneficios de la implementación de Manufactura Esbelta (LM).

Beneficios	Autores
Calidad	Shah y Ward, 2003; Fullerton y Wempe, 2009
Reducción de inventarios	Chong <i>et al.</i> , 2001; Fullerton y McWaters, 2001.
Reducción de tiempos de entrega	Ahmad <i>et al.</i> , 2004
Mejora de la productividad	Fullerton y Wempe, 2009; Singh <i>et al.</i> , 2010.
Reducción de costos	Cua <i>et al.</i> , 2001; Hallgren y Olhager, 2009.
Reducción de accidentes y ausentismo	Prabhushanakar, 2015.
Rentabilidad	Ahmad <i>et al.</i> , 2004; Fullerton y Wempe, 2009.
Ventas	Kannan y Tan, 2005; Green y Inman, 2007.
Satisfacción del cliente	Sakakibara <i>et al.</i> , 1997; Green y Inman, 2007.



*Resultados en implementación de Administración de Calidad Total (TQM).* Mosadeghrad (2014) considera una tasa de falla de 70% en la implementación de iniciativas TQM y una mejora en la productividad de 20 a 30%. Actualmente sigue entre las 10 herramientas administrativas más utilizadas por las compañías globales (Rigby y Bilodeau, 2017). Es importante comprender causas por las cuales han fallado muchas de las iniciativas de TQM.

*Beneficios en implementación de Administración de Calidad Total (TQM).* La implementación exitosa de TQM está relacionada con el éxito económico y mejor desempeño. Los beneficios internos de la aplicación exitosa, están basados en una reducción de defectos y desperdicios; mejora la productividad y satisfacción del recurso humano; externamente basados en el incremento en ventas y la participación de mercado; mejores relaciones con proveedores y una mayor satisfacción del cliente (Kaynak, 2003).

Las organizaciones que han recibido el premio de calidad Malcolm Baldrige o aquellas cercanas de ganarlo, tenían mejores resultados de operación y mayor relación con los empleados, incremento en la satisfacción del cliente, aumento en la participación de mercado y la rentabilidad (GAO, 1991). Por lo anterior, la implementación de TQM se realiza de manera apropiada, tiene impacto radical en el desempeño y la cultura de una organización. Así mismo, la comparación de empresas que han recibido premios de calidad, contra aquellos que no los han tenido, demuestran que las primeras tienen mejores ingresos y utilidades de operación, mayor desempeño en sus acciones dentro de la bolsa de valores en periodos mayores a cinco años (Hendricks y Singhal, 1997; 2001). Esto sugiere que la transformación TQM es un proceso de largo plazo que requiere cambios fundamentales en las prácticas y la cultura administrativa; también, indica que las fallas que se han presentado en la implementación de TQM son precisamente de eso, de establecerlas y no las que están en su teoría y en los métodos que se propone en TQM.

## Manufactura esbelta

Manufactura esbelta, en inglés Lean Manufacturing (LM), término difundido por investigadores del MIT para describir el Sistema de

Producción Toyota (TPS). El nombre original fue «*Respect for Humanity System*», donde se resaltaba la cultura de la misma para enseñar a las personas a analizar detalladamente y resolver las causas raíz de los problemas y ayudar a la sociedad a humanizar el trabajo (Larman y Vodde, 2009). El concepto LM se expandió desde un enfoque de operaciones hacia una filosofía administrativa, ya que pasó de ser un conjunto de herramientas o prácticas (Shah y Ward, 2007) a un sistema de pensamiento estratégico centrado en el cliente (Hines *et al*, 2004); de un sistema de administración (Emiliani, y Stec, 2005), a una filosofía administrativa (Bhasin y Burcher, 2006) que busca la creación de valor para clientes, accionistas, empleados, proveedores y la sociedad en general (Seitz, 2003; Emiliani, y Stec, 2005). Desde el punto de vista de operaciones, se expandió desde un enfoque interno a otro que integra a los clientes y proveedores en la cadena de suministro (Martínez-Jurado y Moyano-Fuentes, 2014).

La LM (Lean Manufacturing), es considerada como una revolución debido a que no solo se trata de utilizar las herramientas para mejorar los procesos, sino que busca lograr cambios profundos y completos en la forma como se administran los negocios; considera transformaciones en la administración de la cadena de suministros, en la forma de dirigir y administrar y cómo se comportan las personas en sus actividades diarias (Melton, 2005).

El TPS está basado en dos principios clave «*Respeto por individuo*» y «*Mejora continua*» (Cuadro 2). El primero comprende un enfoque sistémico de la organización, el comportamiento de los líderes y son el soporte de ciertas prácticas necesarias para mejora continua, la eliminación de desperdicio y creación de valor y proporcionar ambientes laborales seguros donde se promueva la motivación moral de los asociados (Emiliani, 2003).

*Respeto por el individuo.* Cardon y Bribiescas (2015) destacan que Toyota considera que el crecimiento de la compañía es el resultado del desarrollo de su personal. Se valora que para ser exitoso, debe utilizar las capacidades de su gente tan efectivamente como sea posible y ayudarle a cada individuo a desarrollarlas, como pensar y ejecutar el trabajo de forma más efectiva. Toyota sabe que es responsable de proporcionarles las oportunidades de

**Cuadro 2.** Principios y objetivos «Lean» clave (Onho, 1998).

Administración “Lean”	Componentes	Explicación
Principios “Lean”	Respeto por el individuo	Considera que los grupos de interés como asociados, clientes, proveedores, accionistas y la comunidad, son valiosos recursos a los cuales la empresa debe su existencia. Una falta de respeto a los individuos, genera desperdicio.
	Mejora continua	Son las actividades que se realizan dentro de la rutina diaria del trabajo, para mejorar los procesos como respuesta a los cambios en las necesidades del cliente; utiliza herramientas específicas para la realización de las mejoras.
Objetivos “Lean”	Eliminación del desperdicio	Considera la eliminación en todas aquellas actividades que no agregan valor pero que si agregan costo a los productos y servicios que se le ofrecen al cliente. En japonés se le conocen como <i>muda</i> (desperdicio), <i>mura</i> (inconsistencias y variación) y <i>muri</i> (sobrecarga).
	Creación de valor	Enfoque en las actividades que generan la creación de valor para el cliente final.

contribuir con ideas para mejorar el trabajo; tiene en cuenta que es más que un lugar para ir a laborar; considerando a sí misma, como un lugar donde la persona puede aprender de otros y crecer como individuo.

*Mejora Continua.* El concepto está dividido en la eliminación de desperdicios y creación de valor para el cliente. Womack y Jones (2003) definen al desperdicio como cualquier actividad humana que absorbe recursos sin crear valor. El valor está definido por el cliente y representa lo que está dispuesto a pagar. Para la eliminación de desperdicios y creación de valor, se han desarrollado prácticas, herramientas y técnicas, las cuales son aplicadas por medio del trabajo en equipo en eventos «Kaizen» para que el personal pueda mejorar su trabajo y el proceso de producción. Dennis (2007) agrupa a las herramientas por sistema: justo a tiempo, *jidoka* o cero defectos, mejora continua, producción nivelada, procesos estables, estandarizados y administración visual. Estas herramientas tienen el objetivo de reducir desperdicios (*muda*), inconsistencias y variaciones (*mura*) y sobrecargas (*muri*) para lograr un sistema libre de desperdicios enfocado solo en aquellas actividades por las cuales el cliente está dispuesto a pagar.

*Administración de la Calidad Total (TQM).* TQM es una estrategia que busca mejorar la satisfacción del cliente y el desempeño de la organización al proporcionar productos de alta calidad, gracias a la participación y colaboración de todos los grupos de interés, como proveedores, empleados, clientes, accionistas y la sociedad en general. Hace énfasis en el trabajo en equipo (círculos de calidad) para la mejora continua de insumos y procesos, para satisfacer al cliente por medio de la aplicación de técnicas y herramientas para la administración de la calidad (Mosadeghrad, 2014). Se pueden identificar varias definiciones de TQM. Dahlgaard *et al.* (2006) lo definen como: «Una cultura corporativa caracterizada por mayor satisfacción del cliente gracias a la mejora continua, donde los empleados de la organización participan activamente». Shiba *et al.* (1993), comentan que es «un sistema en evolución de prácticas, herramientas y métodos de entrenamiento, para administrar una compañía y proporcionar satisfacción al cliente en un mundo de cambios rápidos». Nwabueze (2001) la define como una filosofía que permite a las organizaciones satisfacer las necesidades de sus clientes de forma consistente.

Para lograr la mejora continua y satisfacer al cliente por medio de productos y servicios libres de defectos, es fundamental la participación activa de empleados por medio de los círculos de calidad. Esta participación activa tiene como propósito desarrollar al máximo capacidades y potenciarlas por medio de herramientas de calidad, mediante la realización de proyectos de mejora continua. Esta es una oportunidad para aquellos empleados que desean encontrar un significado en su trabajo, desarrollarse y ser reconocidos y valorados. En este punto crítico, vuelve a surgir el concepto de respeto por el individuo, es decir, por el talento que tienen las personas y su capacidad para contribuir en la mejora continua y en la satisfacción del cliente.

Las técnicas documentadas en la literatura de TQM incluyen las siete herramientas de control estadístico, el ciclo de mejora (PHVA) y el ciclo de control de calidad (EHVA), las siete herramientas administrativas para ser utilizadas por la alta administración en la planeación estratégica y por todos los niveles administrativos para ayudarles en la planeación, definición de objetivos y solución de problemas (Evans y Lindsey, 1996).

*Barreras para la implementación de TQM y LM.* Las barreras comunes para la implementación de LM y TQM se muestran a continuación (Cuadro 3). Resulta particularmente interesante, las similitudes entre las barreras de implementación para los dos enfoques que han sido documentadas en la literatura. En general, se puede destacar que están relacionadas con la integración estratégica, el rol que desempeñan los líderes y empleados de la organización, el entrenamiento necesario para desempeñar estos roles y las relaciones entre la administración y empleados, clientes y proveedores de la organización.

*Lean Six Sigma (LSS)* se considera como la integración de las metodologías y herramientas de mejora continua de LM y TQM. LSS también ha tenido una proporción de falla de 70%. Los cinco factores asociados a esta proporción, son: 1) falta de compromiso y participación de la alta administración, 2) falta de entrenamiento, 3) mala priorización en la selección de proyectos de mejora, 4) falta de recursos y 5) baja integración entre los proyectos de mejora continua y la estrategia de la organización (Pedersen y Huniche, 2011).

**Cuadro 3.** Barreras comunes en la implementación de Manufactura esbelta (LM) y administración de la calidad total.

Categoría	Descripción
Integración estratégica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de constancia de propósito y perseverancia.</li> <li>- Falta de integración estratégica de LM y TQM.</li> <li>- Visión de corto plazo.</li> <li>- Conflictos inter funcionales.</li> <li>- Prioridades y objetivos en conflicto.</li> <li>- Falta de trabajo en equipo.</li> </ul>
Liderazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liderazgo deficiente.</li> <li>- Poca participación de la alta administración y administración media (compromiso y apoyo).</li> <li>- Falta de empoderamiento de los empleados.</li> <li>- Escasa asignación de recursos.</li> <li>- Resistencia al cambio.</li> </ul>
Entrenamiento Empleados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de entrenamiento para líderes y empleados.</li> <li>- Falta de compromiso y participación de los empleados.</li> <li>- Falta de motivación y satisfacción en el trabajo.</li> <li>- Resistencia al cambio.</li> </ul>
Relación entre administradores empleados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comunicación deficiente entre administradores y empleados.</li> <li>- Falta de cooperación y confianza mutua entre la administración y empleados.</li> <li>- Programa de reconocimientos y sistemas de incentivos inadecuados.</li> </ul>
Relación con proveedores y clientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de cooperación con proveedores.</li> <li>- Incapacidad de generar beneficios estratégicos con clientes y proveedores.</li> <li>- Falta de enfoque al cliente.</li> </ul>

Elaboración propia con base en Jadhav (2014) y Mosadeghrad (2014).

*Investigaciones empíricas de Integración entre TQM y Manufactura esbelta.* De la revisión bibliográfica en investigaciones empíricas donde se han estudiado factores relacionados con el desempeño organizacional bajo el contexto de administración de la calidad, justo a tiempo (parte del sistema TPS o LM), producción esbelta y administración esbelta se resumirán en las siguientes líneas.

1) No solo las prácticas de TQM, JIT (Parte de TPS o LM) son compatibles entre ellas (Cua *et al.*, 2001), sino que los «sistemas esbeltos» son más efectivos (Yang y Yang, 2013).

2) A mayores niveles de implementación de prácticas de TQM, JIT y LM de forma integral, mejor desempeño (Cua *et al.*, 2001; Shah y Ward, 2007; Nawansir *et al.*, 2013).



3) TQM se considera como base para la implementación de JIT (Yang y Yang, 2013; Chen, 2015).

4) La implementación de LM, requiere un despliegue estratégico con el compromiso de la alta administración (Sisson y Elshennawy, 2015).

5) Las plantas de manufactura que ha implementado una administración esbelta de forma exitosa, utilizan prácticas vinculadas a las personas de forma más extensiva y no difieren significativamente con respecto al uso de herramientas técnicas y analíticas (Cua *et al.*, 2001; Bortolotti *et al.*, 2015).

*Relaciones complementarias entre LM y TQM.* El conocimiento profundo es el requisito necesario para permitir y facilitar el proceso de aprendizaje y de comprensión, no solo sobre cómo mejorar la calidad de los productos y los procesos (Anderson *et al.*, 1991) sino el desempeño organizacional (Deming, 1994). Para comprender con mayor profundidad las relaciones teóricas entre TQM y LM, se utilizará la teoría de conocimiento profundo (Deming, 1994) en los siguientes párrafos, la cual está compuesta por la apreciación del sistema, psicología del cambio o el respeto por el individuo, teoría del conocimiento o mejora continua y la reducción de la variación, aunque a este última se le integraron con mayor énfasis por parte del TPS o LM la reducción de desperdicios y sobrecargas.

Ambas filosofías, a partir de la apreciación del sistema, comparten una visión sistémica de la organización. En esta teoría, Deming (1994) consideraba que el trabajo de los líderes era optimizar a la organización como un sistema completo, integrado por clientes, accionistas, empleados, proveedores y la sociedad en general, llamados *stakeholders*. Para lograr esta tarea, consideraba necesario establecer relaciones de «ganar-ganar» a largo plazo con los *stakeholders*, incluyendo a empleados. La administración no debe privilegiar a un *stakeholder* sobre otro, y es necesario la cooperación y no la competencia entre los *stakeholders*.

Para LM, la creación de valor aplica para todos los *stakeholders* de cómo lograr la satisfacción del cliente, los rendimientos sobre la inversión que los accionistas esperan, la satisfacción en el trabajo y el aprendizaje de por vida que merecen los empleados.

Se considera compartir los beneficios totales con los proveedores para que continúen operando como socios completos en los tiempos buenos y malos, además de entregar valor a la sociedad en donde se reflejan los deseos y preocupaciones más amplias en el largo plazo, por ejemplo, la protección del medio ambiente. Emiliani y Stec (2005) consideran necesario encontrar un equilibrio entre los intereses de los *stakeholders*, requiriendo que la alta gerencia adopte propósitos corporativos en donde los objetivos económicos y humanos estén en armonía. Por tanto, LM y TQM, son incompatibles con la maximización del valor de los accionistas en el corto plazo, porque obliga a realizar sacrificios de suma cero entre los *stakeholders*.

La TQM busca productos de alta calidad por medio de la participación y colaboración de grupos de interés (Mosadeghrad, 2014) o *stakeholders* que en LM. La cooperación entre los *stakeholders* es esencial para la optimización del sistema en el largo plazo, donde la competencia entre departamentos y empleados puede guiarlos a tratar de lograr sus propios objetivos y sacrificar los del sistema completo (Chiarini, 2011), generando conflictos internos entre prioridades, objetivos, departamentos y empleados; y conflictos externos con accionistas, proveedores, clientes y la sociedad, en detrimento del trabajo en equipo. Por esta razón, es fundamental el trabajo en equipo para lograr la cooperación externa con clientes, accionistas y proveedores; y la cooperación interna vertical entre administradores y empleados; y horizontal entre departamentos y empleados. Esta cooperación no es de corto sino de largo plazo, por lo que la «constancia en el propósito» (Deming, 1982) es esencial para todos los participantes, porque requieren de una visión clara para que el sistema pueda tener mejoras continuamente en el largo plazo. Se requiere un estilo de liderazgo que sirva al personal al proporcionarle esa visión clara y la guía para empoderarlos en el logro de esa visión (Berry, 2011).

LM y TQM comparten el principio de respeto por el individuo. Así, Deming (1994) consideraba que se ha aplastado al humano en el sistema de administración actual. Las personas nacen con una motivación intrínseca, autoestima, deseos de aprender, creatividad y placer en el logro, además de



una necesidad de libertad y de pertenecer a un grupo. Es importante proporcionarle al personal cierto control sobre su trabajo, para satisfacer la necesidad de libertad y la oportunidad de tener placer en lo que hace. Mientras que el trabajo en equipo y la lealtad al lugar de trabajo satisface la necesidad de pertenecer (Berry, 2011). Para lograr la optimización del sistema, es fundamental comprender las motivaciones de personas involucradas y reforzar la motivación intrínseca de los individuos. Un mayor énfasis en la motivación extrínseca, por ejemplo, los incentivos económicos que en esta motivación puede destrozar a la motivación intrínseca (McNary, 1997).

Ambas filosofías también comparten el principio de mejora continua; su rol principal es el desarrollar una organización con la capacidad de aprender. Deming (1994) consideraba que la mejora del sistema depende del estudio continuo de la organización, es un proceso de aprendizaje y desarrollo de nuevo conocimiento con respecto al sistema mismo. Por lo que el valor de la mejora continua es la creación de un ambiente de aprendizaje y de una atmósfera que no solo acepta, sino que aprovecha el cambio para desafiar el *statu quo*, buscando la perfección (Larman y Vodde, 2009). Esta es una actividad constante de largo plazo y su alcance incluye a toda la organización, considerada como sistema y a sus *stakeholders* desde la administración estratégica de la organización, hasta las actividades que se realizan dentro de la rutina diaria de trabajo para mejorar los procesos como respuesta a los cambios en las necesidades del cliente (Hines *et al.*, 2004; Sisson y Elshennawy, 2015).

A la integración de las metodologías y herramientas analíticas de LM y TQM se le ha llamado LSS y buscan mediante su aplicación la eliminación y reducción de desperdicios (*muda*), inconsistencias y variación (*mura*) y las sobrecargas (*muri*) (Manos y Vincent, 2012).

La evidencia empírica indica que las relaciones entre ellas generan relaciones sinérgicas con respecto a la mejora del desempeño organizacional. De forma independiente no logran los mismos resultados en el desempeño organizacional de lo que lo hacen de forma integrada. Su aplicación es estratégica y considera a la organización y a sus *stakeholders* como un sistema integrado. TQM es la base para la implementación de LM.

## Discusión

La proporción de aquellas organizaciones que han fallado en la implementación de LM y TQM, es mayor que aquellas que han tenido éxito en su implementación. Es posible que este problema esté parcialmente relacionado con que a LM y TQM no se les había considerado como filosofías de administración, sino como un conjunto de metodologías y herramientas que podían ser aplicadas localmente a proyectos de mejora continua. En esta línea de pensamiento, este enfoque se perfeccionó con la integración de las herramientas analíticas a las cuales se les denominó LSS; sin embargo, los resultados siguieron limitados, temporales y de corta duración. Porque el problema no es la integración de las herramientas, sino que no considera el enfoque de sistema, el respeto por el individuo y la naturaleza estratégica de la mejora continua como medio para el aprendizaje organizacional. Las dificultades en la implementación de LM y TQM pueden estar parcialmente relacionadas con la incapacidad de liberarse del paradigma de producción en masa y los principios de administración que lo rigen (Womack y Jones, 1996; Duguay *et al.*, 1997)

Las barreras relacionadas con la falta de constancia de propósito y perseverancia, falta de integración estratégica de LM y TQM, y visión de corto plazo, pueden resultar del enfoque local de corto plazo para la reducción de costos que se le ha dado a la mejora continua, ignorando el concepto de organización como sistema en donde la mejora continua, es el medio de aprendizaje organizacional para perfeccionar el sistema con una visión clara de largo plazo.

Las barreras asociadas con la relación entre áreas y equipos de trabajo como conflictos inter funcionales en prioridades y objetivos, la falta de trabajo en equipo, probablemente pueden originarse por la ausencia de integración estratégica en los proyectos de mejora continua, así como a la falta de cooperación externa entre los *stakeholders* e interna de forma vertical y horizontal.

Las barreras de implementación relacionadas con un liderazgo deficiente, mala comunicación, falta de participación en los empleados, así como las malas relaciones entre administradores y el personal revelan

que instruir y controlar al personal, derivado de la actuación directa de la administración, interfiere para lograr el cambio organizacional, pues este control está caracterizado fuertemente por las jerarquías en donde los administradores se han considerado como independientes de su personal, a los que considera intercambiables. Por lo que es necesario reconocer y respetar el valor de las personas para utilizar su talento y resolver las causas raíz de los problemas y tratar de humanizar el trabajo (Larman y Vodde, 2009). Pasar del control de la intensidad de trabajo por parte de la administración a equipos de trabajo con un alto grado de autonomía para mejorar el desempeño organizacional (Krafcik, 1988), y diseñar los sistemas de reconocimiento que favorezcan la motivación intrínseca acorde con estos principios.

Es necesario que los líderes comuniquen una visión clara de largo plazo, entrenen y se involucren con su personal para poder confiar en ellos y lo empoderen para lograr los cambios necesarios. El empoderamiento mejora la participación de los empleados, su autoestima y sus capacidades para la solución de problemas; para el desempeño adecuado de diversas actividades es fundamental el respeto por el individuo y la asignación de los recursos adecuados para el desempeño de las mismas.

Las barreras relacionadas con los proveedores y clientes, como falta de cooperación y la incapacidad de generar beneficios estratégicos con ellos, así como la falta de enfoque al cliente, provienen, por una parte, de una relación antagónica con los proveedores y la falta de interés en conocer las necesidades del cliente, porque no se reconocen como *stakeholders* del sistema que se desea optimizar.

## Conclusiones


Las barreras de implementación de LM y TQM son similares entre ellas porque no han sido reconocidas como parte de un paradigma diferente al que prevalece actualmente. De acuerdo con Khun (1962), los resultados en la implementación de LM y TQM son típicos de un periodo de caos relativo que se presenta cuando se desafía el paradigma prevaleciente. La falta de una comprensión profunda del paradigma de estas filosofías de la administración y el proceso de maduración que aún no se alcanza, también puede ser explicado por la teoría de Khun.

LM y TQM representan una revolución en el campo de la administración científica y deben ser consideradas como una sola filosofía de administración que comparten la misma teoría, conforman un sistema integrado y cuyas relaciones pueden comprenderse por medio de teoría de conocimiento profundo (Deming, 1994). Al respecto, Deming (1982) nos advirtió entonces que el conocimiento no es posible sin una teoría. La experiencia por sí sola no enseña nada, al menos que contemos con la ayuda de una teoría. Copiar el ejemplo del éxito de alguien más sin comprender la teoría que lo sustenta, puede ocasionar un desastre.

## Literatura citada

- AHMAD, A., S. Mehra and M. Pletcher. 2004. The perceived impact of JIT implementation on firms' financial/growth performance. *Journal of Manufacturing Technology Management* 15(2): 118-130.
- ANDERSON, J., Dooley, K. and Misterek, S. 1991. The Role of Profound Knowledge in the Continual Improvement of Quality. *Human Systems Management*, 10(4): 243-259.
- AZUAN, S. and A. Syed. 2013. Culture and Lean Manufacturing: Towards a Holistic Framework. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(1): 334-338.
- BHASIN, S., and P. Burcher. 2006. Lean viewed as a philosophy. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(1): 56-72.
- BERRY, B. 2011. There is a relationship between systems thinking and W. Edwards Deming's theory of profound knowledge. Recuperado de: <http://www.berrywood.com/wp-content/uploads/2011/08/DemingPaper.pdf>
- BORTOLOTTI, T., S. Boscari, and P. Danese. 2015. Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. *International Journal of Production Economics*, 160: 182-201.
- BOZDOGAN, K. 2010. Towards an integration of the Lean enterprise system, Total Quality Management, Six Sigma and related process improvement methods. *ESD Working paper Series. Center for technology, Policy and Industrial Development. Massachusetts Institute of Technology*. Recuperado 11/07/2016 de <https://esd.mit.edu/WPS/2010/esd-wp-2010-05.pdf>.
- CARDON, N. and F. Bribiescas. 2015. Respect for people the forgotten principle in lean manufacturing implementation. *European Scientific Journal* 11(13): 45-61.
- CHEN, Z. 2015. The relationships among JIT, TQM and production operations performance. *Business Process Management Journal*, 21(5): 1015-1039.
- CHIARINI, A. 2011. Japanese total quality control, TQM, Deming's system of profound knowledge, BPR, Lean and Six Sigma Comparison and discussion. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2(4): 332-355.
- CUA, K., K. Mckone, and R. Schroeder. 2001. Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. *Journal of Operations Management* 19(6): 675-694.

- CHONG, H., E.R. White, and V. Prybutok. 2001. Relationship among organizational support, JIT implementation, and performance. *Industrial Management & Data Systems* 101(6): 273-281.
- DAHLGAARD, J.J., and M. S. DahlgaardPark. 2006. Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *The TQM Magazine*, 18(3): 263-281.
- DENNIS, P. 2007. *Lean Production Simplified*. Second Edition. CRC Press. Boca Raton Florida.
- DEMING, W. 1982. *Out of the crisis*. MIT Press.
- DEMING, W. 1994. *The new economics for Industry, Government, Education*. MIT Press.
- DUGUAY, R. C., S. Landry, and F. Pasin, 1997. From mass production to flexible/agile production. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(12): 1183-1195
- EMILIANI, M. L. 2003. Linking leaders beliefs to their behaviors and competencies. *Management Decision* 41(9): 893-910.
- EMILIANI, M. and D. Stec, 2005. Leaders lost in transformation. *Leadership & Organization Development Journal*, 26(5): 370-387.
- EVANS, J. R., and W. M. Lindsay. 1996. *The Management and control of quality* (3rd ed.). Minneapolis, West.
- FULLERTON, R. R., and F. W. Wempe. 2009. Lean manufacturing, nonfinancial performance measures, and financial performance. *International Journal of Operations & Production Management* 29(3): 214-240.
- FULLERTON, R., and C. Mc Watters. 2001. The production performance benefits from JIT implementation. *Journal of Operations Management* 19(1): 81-96.
- GENERAL ACCOUNTING OFFICE (GAO). 1991. *U. S. companies improve performance through quality efforts*. Washington, DC; U. S. Government Printing Office.
- GREEN, W. K., and A. R. Inman. 2007. The impact of JIT/II selling on organizational performance. *Industrial Management & Data Systems* 107(7): 1018-1035.
- HALLGREN, M., and J. Olhager. 2009. Lean and agile manufacturing: external and internal drivers and performance outcomes. *International Journal of Operations & Production Management*, 29(10): 976-999.
- HENDRICKS, K. B., and V. Singhal. 1997. Does implementing an effective TQM program actually improve operating performance? Empirical evidence from firms that have won quality awards. *Management Science* 43: 1258-1274.
- HENDRICKS, K. B., and V. Singhal. 2001. The long-run stock price performance of firms with effective TQM programs. *Management Science* 47: 359-368.
- HINES, P., M. Holweg, and N. Rich, 2004. Learning to evolve A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(10): 994-1011.
- JADHAV, R. J. 2014. Exploring barriers in lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma* 5(2): 122-148.
- KALLAGE, R. G. 2006. *Lean implementation failures*. Recuperado 11/07/2016. <http://www.thefabricator.com/article/shopstrategies/lean-implementation-failures>
- KANNAN, V., and K. Tan, 2005. Just in time, total quality management, and supply chain management: understanding their linkages and impact on business performance. *Omega* 33(2): 153-162.
- KAYNAK, H. 2003. The relationship between total quality management practices and their effects on firm performance. *Journal of Operations Management*, 21(4): 405-435.
- KOCHAN, T. A., J. H. Gittel and B. A. Lautsch, 1995. Total quality management and human resource systems: An international comparison. *The International Journal of Human Resource Management*, 6(2): 201-202.
- KRAFČIK, J. 1988. Triumph of the lean production system. *Sloan Management Review*, 30 (1), 51-52. Recuperado de: <https://www.lean.org/downloads/MITSloan.pdf>
- LARMAN, C. and B. Vodde. 2009. *Lean primer*. Recuperado de: [http://www.leanprimer.com/downloads/lean\\_primer.pdf](http://www.leanprimer.com/downloads/lean_primer.pdf).
- MANUFACTURING PERFORMANCE INSTITUTE CENSUS OF MANUFACTURERS. 2007. Recuperado 11/07/2016. <http://www.industryweek.com/companies-amp-executives/census-us-manufacturers-lean-green-and-low-cost>
- MELTON, T. 2005. The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to offer the process industries. *Chemical and Engineering Design* 83(A6): 662-673.
- MOHANTY, R. P., O. P. Yadav and R. Jain. 2007. Implementation of Lean manufacturing principles in auto industry. *Journal of Management*. 1-32.
- MOSADEGHRAH, M. A. 2014. Why TQM programmes fail? A pathology approach. *The TQM Journal*, 26(2): 160-187.
- NAWANIR, G., K. L. Teong, and N. S. Othman. 2013. Impact of lean practices on operations performance and business performance: Some evidence from Indonesian manufacturing companies. *Journal of Manufacturing Technology Management* 24(7): 1019-1050.
- NORTH AMERICA MANUFACTURING BENCHMARKS & OUTLOOK. 2007. The MPI Group. Recuperado 11/07/2016. [http://www-03.ibm.com/marketing/edocument/industrial/lgh\\_eas\\_manufacturing\\_kit/document/print/print.pdf](http://www-03.ibm.com/marketing/edocument/industrial/lgh_eas_manufacturing_kit/document/print/print.pdf)
- NWABUEZE, U. 2001. An industry betrayed: the case of total quality management in manufacturing. *The TQM Magazine*, 13(6): 400-409.
- MANOS, A. and C. H. Vincent. 2012. *The Lean Handbook*. American Society for Quality, Quality Press Milwaukee 53203.
- MARTÍNEZ-JURADO, P., and J. Moyano-Fuentes. 2014. Lean Management, Supply Chain Management and Sustainability: A Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, 85: 134-150.
- OHNO, T., 2008. *Toyota Production System*. Productivity Press, Portland, OR.
- PAPADOPOULOU, T.C. and M. Özbayrak. 2005. Leanness: Experiences from the journey to date. *Journal of Manufacturing Technology Management* 16(7): 784-807.
- PRABHUSHANAKAR, G. V. 2015. Lean manufacturing system implementation in Indian automotive components manufacturing sector - an empirical study. *International Journal of Business and Systems Research*, 9(2): 179-194.
- RIGBY, D. and Bilodeau, B. 2017. Bain's global 2017 management tools and trends survey. Recuperado 13/07/2016. <http://www.bain.com/publications/articles/management-tools-and-trends-2017.aspx>
- SAKAKIBARA, S., B. Flynn, and R. Schroeder. 1993. A Framework And Measurement Instrument For JustInTime Manufacturing. *Production and Operations Management*, 2(3):177-194.

- SEITZ, T. 2003. Lean Enterprise integration: a new framework for small businesses. Tesis de maestría. Massachusetts institute of technology, Cambridge M.A.
- SHAH, R., and P. Ward. 2003. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2): 129-149.
- SHAH, R., and P. Ward. 2007. Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4): 785-805.
- SHIBA, S and D. Walden. 2001. Four practical revolutions in management: Systems for creating unique organizational capability. Portland. Productivity press.
- SINGH, B., S. Garg, S. Sharma and C. Grewal. 2010. Lean implementation and its benefits to production industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(2): 157-168.
- SISSON, J., and A. Elshennawy. 2015. Achieving success with Lean. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(3): 263-280.
- SHOOK, J. 2010. How to change a culture lessons from NUMMI. MIT Sloan Management Review, 51(2), 63-68. Recuperado de: <http://sloanreview.mit.edu/article/how-to-change-a-culture-lessons-from-nummi/>
- STONE, B. K. 2012. Four decades of lean: a systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(2): 112-132.
- WOMACK, J. P. and D. T. Jones, 2003. Lean Thinking: Banish Waste and create wealth in your corporation. The Free Press, New York, NY.
- YANG, C., and K. Yang. 2013. An Integrated Model of the Toyota Production System with Total Quality Management and People Factors. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*: 23(5): 450-461. 

---

Este artículo es citado así:

Chávez-Pineda, J. A., G. C. Sandoval-Luján y O. A. Viramontes-Olivas. 2018. Barreras para la implementación de manufactura esbelta y la administración de la calidad total. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 12(1):27-36.

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v12i1.131>



# Rendimiento volumétrico e importancia del control de calidad de madera aserrada de *Pinus* spp.

Volumetric timber production and importance of sawn lumber quality control of *Pinus* spp.

ENRIQUE AMBRIZ<sup>1,2</sup>, MA. YOLANDA ANDRADE-TORRES<sup>1</sup> Y HÉCTOR MANUEL SOSA-VILLANUEVA<sup>1</sup>

Recibido: Marzo 8, 2018

Aceptado: Noviembre 24, 2018

## Resumen

La mayoría de los aserraderos del estado de Michoacán clasifican su madera mediante una evaluación visual (número de defectos) lo cual ha provocado una baja calidad en la madera de los aserraderos. Una valoración completa de esta madera se realiza mediante la variación del grosor del corte (St). Por lo tanto, el objetivo fue evaluar la calidad de la madera aserrada y estimar el impacto económico de la calidad de corte en un aserradero en el estado de Michoacán. La St y el rendimiento se determinaron en tablas de 19 mm como grosor nominal. La muestra consistió de 100 tablas en cinco anchos y en cada tabla se midieron ocho puntos del grosor. La St fue de 0.99 mm con un grosor promedio de 25.4 mm y grosor óptimo de 26.2 mm. Treinta y nueve tablas presentaron uno o varios puntos con un grosor menor al mínimo requerido y constituyeron el 43.2% de rechazo; esto representa una pérdida económica de 3.66%. Esta pérdida no se debe a problemas en el carro porta trozas o en la torre, de acuerdo a la variación de corte dentro (Sw) y entre (Sb) las tablas. Los datos mostraron una baja calidad de corte y una pérdida económica que puede ascender hasta un 25% en el aserradero de estudio.

**Palabras clave:** grosor óptimo, control de la madera, variación de corte, aserrío.

## Abstract

Most sawmills in the state of Michoacán classify their wood by visual evaluation (number of defects) which has caused a low quality in wood from the sawmills. A complete evaluation of this wood is carried out by the variation of the lumber cut thickness (St). Therefore, the objective of this work was to evaluate the quality of sawn wood and to estimate the economic impact of the sawn wood quality in a sawmill in the state of Michoacan. The St and the yield were determined in a sawmill in boards with 19 mm as nominal thickness. The sample consisted of 100 boards in five widths and in each board eight points of thickness were measured. The St was 0.99 mm with an average thickness of 25.4 mm and an optimum thickness of 26.2 mm. Thirty nine boards had one or more points with a thickness smaller than the minimum required and accounted for 43.2% of rejection and represent an economic loss of 3.66%. This loss is not due to problems in the carriage or in the saw head according to the within-board (Sw) and between-board variation (Sb). The data shows a low quality of sawn wood and an economic loss that it can rise up to 25% in the sawmill of this study.

**Keywords:** Green target size, lumber size control, lumber thickness variation, sawn wood.

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Ave. Francisco J. Múgica s/n Ciudad Universitaria, C.P. 58030. Morelia, Michoacán, México.

<sup>2</sup>Dirección electrónica del autor de correspondencia: enriqueambriz1@gmail.com

## Introducción

La producción maderable en el estado de Michoacán se ubica en el tercer sitio a nivel nacional (INEGI, 2017). De los aserraderos registrados en el estado, el principal problema es que la mayoría presentan una baja calidad de corte de la madera aserrada, y por ello presentan pérdidas económicas que no se identifican y son poco competitivos. A través de la evaluación de la variación de corte (St) se puede determinar la calidad de la madera aserrada y se puede estimar la pérdida económica de la baja calidad de la madera.

La St es útil para identificar problemas en el aserradero (Brown, 2000). Una variación significativa dentro de las tablas (Sw) indica problemas en el carro porta trozas o en la torre, y entre tablas (Sb) indica problemas ajenos a estos dos principales elementos (Brown, 2000). Una St cercana a cero es cuando el grosor final y el grosor promedio de corte son similares. En este caso, la mayoría de las tablas cumplen con el grosor nominal y se califica como alta calidad en el corte. Cuando la St se aleja de cero sucede todo lo contrario (Álvarez-Lazo *et al.*, 2004). Las variaciones de corte reportadas están entre 1.05 y 2.90 para especies de pino en tablas de 19 mm y 13 mm de grosor nominal (Álvarez-Lazo *et al.*, 2007; Nájera-Luna *et al.*, 2011; Ortiz-Barrios *et al.*, 2016). La calidad en el asierre es baja considerando que un asierre excelente es de 0.38 de St para coníferas (Brown, 1986).

La calidad del asierre se determina una vez que la St se conoce. La St y la calidad del asierre son inversamente proporcionales; por tanto, se requieren acciones correctivas cuando la St es igual o mayor a 1. La disminución de la St se ha logrado con acciones como alineación de las escuadras del carro portatrozas, limpieza y ajuste de las guías de la sierra, limpieza de ruedas y rieles y disminución de la velocidad de alimentación (Nájera-Luna *et al.*, 2012). El solo ajuste en la St ha significado un incremento del 2.76% de volumen recuperado, y, en consecuencia, los ingresos aumentan en los aserraderos (Zavala-Zavala, 1994). El objetivo fue determinar la calidad de corte en un aserradero comercial y calcular el impacto económico debido a la variación de corte.

## Materiales y métodos

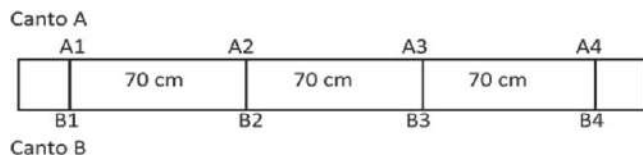
El estudio se realizó en el aserradero Silvícola San José S. A. de C. V., en el año 2014. Este se ubica en San José Lagunillas, municipio de Queréndaro, Michoacán.

El asierre de las 50 trozas de *Pinus* spp. se realizó con una sierra cinta de 15.24 cm (6") de ancho, calibre 17 (1.47 mm), paso de diente de 3.81 (1 ½"), profundidad de garganta de 1.27 cm (1/2") y suaje de 0.31 cm (1/8"). El diámetro de los volantes fue de 99.1 cm (39") con una pista de 12.1 cm (4 ¾"). El carro porta trozas tenía un ajuste de espesor mínimo de 3 mm (1/8").

Las cincuenta trozas se eligieron al azar y se aserraron con los métodos de asierre vivo y asierre por volteos. El rango de diámetro en la base de troza fue 59 cm (23 - 82 cm) y en punta fue de 50 cm (20 - 70 cm). La longitud de las trozas estuvo entre 255 y 264 cm. Los anchos de tabla fueron de 10.16 cm (4"), 15.24 cm (6"), 20.32 cm (8"), 25.40 cm (10") y 30.48 cm (12") con 20 tablas por cada ancho. El asierre de trozas se realizó con dos sierras y cincuenta tablas se seleccionaron al azar en cada caso. El coeficiente de asierrió se determinó en porcentaje mediante el cociente entre el volumen total de tablas aserradas y el volumen total de las cincuenta trozas seleccionadas.

En cada tabla, se cuantificaron ocho puntos del grosor, esto es, cuatro puntos por canto en sentido longitudinal de la tabla (Figura 1). El grosor se midió con un vernier (Truper, México). La primer y última medición del grosor se realizaron en el canto A y el B a 20 cm de su extremo respectivo en sentido longitudinal de la tabla. Los dos puntos restantes se midieron a 70 centímetros entre sí. La variación de corte se realizó con relación al total de tablas (ocho mediciones por tabla). La variación de corte se calculó también por cantos con las mediciones A1, A2, A3 y A4 en relación con las mediciones B1, B2, B3 y B4 y por extremos con las mediciones A1, A2, B1 y B2 en relación con las mediciones A3, A4, B3 y B4 (Figura 1).

**Figura 1.** Mediciones de grosor realizadas en 100 tablas de *Pinus* spp.. La muestra fue de 20 tablas de 10.16 cm (4 pulgadas), 15.24 cm (6 pulgadas), 20.32 cm (8 pulgadas), 25.40 cm (10 pulgadas) y 30.48 cm (12 pulgadas).



La variación de corte se calculó de acuerdo con fórmulas propuestas por Sosa-Villanueva (1990) y Zavala-Zavala (1981). El grosor final de referencia fue de 25.4 milímetros para grosores de 19.0 mm (3/4") cuyo refuerzo es del orden de 6.35 mm (1/4"). El grosor crítico se determinó con relación al grosor nominal, el refuerzo por cepillado y el refuerzo por encogimiento. Las tablas con una o varias mediciones menores al grosor crítico se eliminaron y se reportaron como rechazo. El porcentaje en volumen de las tablas rechazadas se calculó con relación al grosor promedio y a la longitud promedio de las trozas. El cálculo de la pérdida económica se hizo con base en los datos del Sistema de Precios de Productos Forestales Maderables (SIPRE) (CONAFOR, 2016). El valor por m<sup>3</sup> (423.8 pt) de madera aserrada libre a bordo de aserradero se obtuvo del promedio de las calidades 2 y mejor, tercera y cuarta y fue de \$5,016.38 M.N., así como de \$3,754.87 M.N por m<sup>3</sup> en calidad *millrun*. El análisis de datos se realizó mediante un análisis de varianza de una vía y la diferencia entre medias se determinó mediante una prueba de Tukey (p = 0.05).

## Resultados y discusión

En total 813 tablas se obtuvieron de las 50 trozas aserradas. El coeficiente de aserrío fue de 62.8% y el volumen de la madera aserrada fue de 10.85 m<sup>3</sup>. El grosor promedio y las variaciones de corte se presentan en el Cuadro 1. El grosor promedio general fue de 25.4 mm y la variación de corte (St) fue de 0.99 mm. Esta variación de corte fue similar a la reportada en el estado de Oaxaca (1.05 mm) para tablas de 19.0 mm (3/4") (Ortiz-Barrios *et al.*, 2016), y menor para la reportada entre 1.30 a 1.73 mm en el estado de Durango para tablas de 13.0 mm (7/8") (Nájera-Luna *et al.*, 2011). La St de 0.99 indica que el 95% de las tablas presentaron un grosor entre 23.4 y 27.4 mm.

Por otra parte, la St fue de entre 0.75 a 1.08 mm en los cinco anchos de tablas. El menor valor de St fue para las tablas de 10.16 cm de ancho (4 pulgadas). No se presentó una diferencia significativa en la St en relación con el ancho de tabla. La St fue de entre 1.42 a 1.46 en relación con los cantos de las tablas (A y B) y en relación con los extremos de las mismas (C y D) (Cuadro 2). No se presentó diferencia significativa entre cantos y extremos de las tablas. Además, la Sw (entre 0.56 y 0.75) fue menor a la Sb (0.30 y 0.88), lo cual indica que la variación de corte no se debe a problemas en el carro portatrozas o a la torre, de acuerdo con Brown (2000).

Las mediciones menores al grosor crítico (24.5 mm) fueron 121 (Figura 2). Las tablas con una o varias de esas mediciones por debajo del grosor crítico

**Cuadro 1.** Grosor promedio y variaciones de corte en las tablas de *Pinus* spp.

Ancho de tabla	Tablas	Promedio (mm)	Sw (mm)	Sb (mm)	St (mm)	Do (mm)
10.16 cm	20	25.4	0.56	0.30	0.75 a	25.8
15.24 cm	20	25.7	0.59	0.85	1.08 a	26.3
20.32 cm	20	25.3	0.75	0.64	1.06 a	26.3
25.40 cm	20	25.3	0.65	0.70	1.04 a	26.3
30.48 cm	20	25.2	0.62	0.74	1.04 a	26.2
General		25.4	0.63	0.80	0.99	26.2

Sw = Variación de corte dentro de las tablas, Sb = Variación de corte entre las tablas, St = Variación de corte (mm) y Do = Grosor óptimo de corte. Letras iguales no existe diferencia significativa.

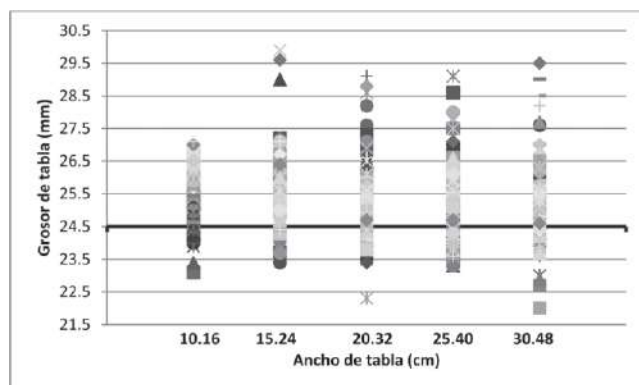
fueron 39. Estas tablas eliminadas representaron el 43.2% del volumen total. Young *et al.* (2002) estimaron un ahorro significativo anual por cada unidad porcentual de madera recuperada. Entonces, para la recuperación de este rechazo, el grosor promedio de corte se debería ajustar a 26.2 mm y con ello el 95% de las tablas tendrían mediciones entre 24.2 mm y 28.2 mm, esto es un ajuste de 0.80 mm (1/8"). Pero, este ajuste representa 0.8 mm (1/32") en el grosor y el carro portatrozos tiene como mínimo ajuste de 3.0 mm (1/8"), lo cual es inviable. Otra alternativa de recuperación del rechazo es la venta de la madera aserrada en calidad *millrun*. Sin embargo, esta acción representa una pérdida del 25% que es \$1,261.51 M.N. por m<sup>3</sup> de madera aserrada.

**Cuadro 2.** Grosor promedio y variación de corte por cantos y por extremos de las tablas de *Pinus* spp.

	Promedio (mm)	Sw (mm)	Sb (mm)	St (mm)
Canto A	25.4	0.58	0.85	1.42 a
Canto B	25.4	0.59	0.88	1.46 a
Extremo C	25.4	0.60	0.85	1.44 a
Extremo D	25.4	0.63	0.84	1.45 a
Promedio	25.4			1.44
Grosor final	25.4			

Sw = Variación de corte dentro de las tablas, Sb = Variación de corte entre las tablas, St = Variación total (mm) y Do = Grosor óptimo de corte. Letras iguales no existe diferencia significativa.

**Figura 2.** Mediciones (800) de las tablas de *Pinus* spp. por ancho. Grosor crítico (línea continua remarcada). 10.16 cm = 4", 15.24 cm = 6", 20.32 cm = 8", 25.40 cm = 10" y 30.48 cm = 12".



Una tercera alternativa de recuperación del rechazo es el análisis de otras variables en el aserradero. Con acciones de limpieza, ajuste del carro portatrozos y de la guía, así como de la reducción de la velocidad de avance se ha logrado disminuir la St hasta un valor de 0.71 mm (Nájera-Luna *et al.*, 2012), ya que han demostrado tener una relación inversa a la variación de corte.

La evaluación de maquinaria se realizó en el aserradero de este estudio previamente (Andrade-Torres, 2016), y mostró que la polea impulsora en la sierra cinta es menor a la requerida, y la velocidad periférica de la sierra cinta es menor a la recomendada para asierre de especies de pino. Otras acciones pueden ser la evaluación de potencia, velocidad periférica y de la fatiga de la sierra. Por tanto, estas actividades se deben analizar para reducir el rechazo obtenido con una variación de asierre de 0.99 mm.

## Conclusiones

El aserradero de estudio presenta una baja calidad de asierre con una pérdida económica de un 25%. La variación de corte (St) no se debe a problemas en el carro portatrozos o en la torre. Se recomienda realizar un estudio sobre el efecto del ajuste de guía, limpieza de rieles, velocidad periférica y fatiga de sierras en la St.

## Agradecimientos

Agradecimiento a la Empresa Forestal Corporativo «MAS» por las facilidades otorgadas para la realización de esta investigación.

## Literatura citada

- ÁLVAREZ-LAZO, D., E. Andrade-Fernando, G. Quintín-Cuador, A. Domínguez-Goizueta e I. Zoukareni. 2007. Control de calidad en los aserraderos. *Avances* 1:1-10.
- ANDRADE-TORRES, M.Y. 2016. Diagnóstico de la industria de aserradero de la Empresa Forestal Corporativo «MAS». Documento Recepcional Técnico. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 50 pp.
- BROWN, T.D. 1986. Lumber size control. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Publicación especial 14. USA. 18 pp.
- BROWN, T.D. 2000. Lumber size control: Measurements methods. Performance Excellence in the Wood Products Industry. Oregon State University. Publicación especial. USA. 12 pp.



- COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR). 2016. Sistema Nacional de Información Forestal. Precios de Productos Forestales Maderables. Tercer reporte Julio-Septiembre 2016. Gerencia de Fomento a la Producción Forestal Sustentable. Zapopan, Jalisco, México. 5 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI). 2017. Anuario Estadístico y Geográfico por Entidad Federativa 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. 638 pp.
- NÁJERA-LUNA, J.A., O.A. Aguirre-Calderón, E.J. Treviño-Garza, J. Jiménez-Pérez, E. Jurado-Ybarra, J.J. Corral-Rivas y B. Vargas-Larreta. 2011. Rendimiento volumétrico y calidad dimensional de la madera aserrada en aserraderos del Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2:77-91.
- NÁJERA-LUNA, J.A., J.T. Montañez-Rivera, J. Méndez-González, F.J. Hernández, B. Vargas-Larreta, F. Cruz-Cobos y C.G. Aguirre-Calderón. 2012. Evaluación de acciones correctivas tendiente a mejorar la calidad de la madera aserrada de *Pinus* spp. en Durango, Méx. *Investigación y Ciencia* 54:22-29.
- ORTIZ-BARRIOS, R., S. Daniel-Martínez, D.E. Vázquez-Rabanales y W. Santiago-Juárez. 2016. Determinación del coeficiente y calidad de aserrío del género *Pinus* en la región Sierra Sur, Oaxaca, México. *Colombia Forestal* 19:79-93.
- SOSA-VILLANUEVA, H.M. 1990. Descripción de métodos de control total de calidad para incrementar el beneficio en el aserradero. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 118 pp.
- YOUNG, T.M., B.H. Bond, and J. Wiedenbeck. 2002. Reducing lumber tickness variation using real-time statistical process control. *In: Memoria en extenso, 30<sup>th</sup> Hardwood Symposium Proceedings*. 30 Mayo al 1 de Junio de 2002. The University of Tennessee. Tennessee, USA.
- ZÁVALA-ZÁVALA, D. 1981. Analysis of sawmilling practices in the state of Durango, México. Tesis. University of British Columbia. Vancouver, B.C. Canada. 91pp.
- ZÁVALA-ZÁVALA, D. 1994. Control de calidad en la industria de aserrío y su repercusión económica. Boletín Técnico No. 115. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. D.F., México. 48 pp. 

---

Este artículo es citado así:

Ambriz, E., M. Y. Andrade-Torres, H. M. Sosa-Villanueva. 2018. Rendimiento volumétrico e importancia del control de calidad de madera aserrada de *Pinus* spp. *TECNOCENCIA Chihuahua* 12(1):37-41.

# Topobathymetric 3D model reconstruction of shallow water bodies through remote sensing, GPS, and bathymetry

Reconstrucción de modelo 3D topobatimétrico de cuerpos de agua someros mediante teledetección, GPS y batimetría

HUGO LUIS ROJAS-VILLALOBOS<sup>1,6</sup>, LUIS CARLOS ALATORRE-CEJUDO<sup>2</sup>, BLAIR STRINGAM<sup>3</sup>,  
ZOHRA SAMANI<sup>4</sup> AND CHRISTOPHER BROWN<sup>5</sup>

Recibido: Enero 6, 2018

Aceptado: Noviembre 11, 2018

## Abstract

Since there are no mathematical models that can calculate the Laguna de Bustillos' water storage levels, water balance requires this data to understand the connectivity between this water body and the Cuauhtemoc aquifer. This article presents a new three-dimensional reconstruction technique based on a time series of multispectral remote sensing images, bathymetry, a topographic survey with high precision GPS, and regional contours. With the images of Landsat ETM+/OLI and Sentinel 2A from 2012 to 2013, 2016, and 2017, the contours of the water surface were extracted using the MNDWI and were associated with an elevation received from GPS. An Autonomous Surface Vehicle was also used to obtain the bathymetry of the lake. A topographic survey was carried out using GPS in populated areas, and the contour lines extracted from the INEGI Continuous Elevations Model 3.0. A DEM was constructed using ArcGIS 10.5.1, and surfaces and volumes were calculated at different elevations and compared with 16 Landsat TM/ETM+/OLI multispectral images from 1999 to 2018. The results showed that the mean of the average intersection area between the test images and the area extracted from the 3D model is above 90.9% according to the confidence interval, kappa overall accuracy 95.2–99.7%, and a coefficient 89.9–99.3%. This model proved to be very accurate on a regional scale when the water level exceeded 1971.32 meters above mean sea level and useful to evaluate and administer water resources.

**Palabras clave:** DEM, storage, lake, MNDWI, RTK, sound.

## Resumen

Ante la inexistencia de modelos matemáticos que calculan el almacenamiento de agua de Laguna de Bustillos, el balance hídrico requiere este dato para comprender la conectividad entre este cuerpo de agua y el acuífero Cuauhtémoc. Este artículo presenta una nueva técnica de reconstrucción tridimensional basada en series de tiempo de imágenes de sensores remotos multiespectrales, batimetría, levantamiento topográfico con GPS de alta precisión y curvas de nivel regionales. Con las imágenes de Landsat ETM+/OLI y Sentinel 2A de 2012 a 2013, 2016 y 2017, se extrajeron los contornos de la superficie del agua utilizando el MNDWI y se asociaron con una elevación obtenida a través del GPS. Se utilizó un Vehículo Autónomo de Superficie para obtener la batimetría del lago. Se realizó un levantamiento topográfico usando GPS en áreas pobladas y se usaron las curvas de nivel extraídas del Modelo 3.0 de Elevaciones Continuas del INEGI. Se construyó un MDE, las superficies y volúmenes se calcularon a diferentes elevaciones y se compararon con 16 imágenes multiespectrales Landsat TM/ETM+/OLI de 1999 al 2018. Los resultados mostraron que la media del área promedio de intersección del modelo y las imágenes tiene una eficiencia superior al 90,9% de acuerdo con el IC, precisión general kappa 95.2-99.7% y un coeficiente 89.9-99.3%. Este modelo demostró ser muy preciso en escala regional, sobre todo cuando el espejo del agua supera los 1971.32 metros sobre el nivel medio del mar, y a la vez útil para la evaluación y administración de los recursos hídricos.

**Keywords:** MDE, almacenamiento, lago, MNDWI, RTK, sonar.

<sup>1</sup> NEW MEXICO STATE UNIVERSITY. Water Science and Management Program. Department of Geography, 1525 Stewart St. Breland Hall, Las Cruces, NM. USA. 88003. Tel. (+1 575) 646-5755.

<sup>2</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ, Sede Cuauhtémoc. Programa de Geoinformática, Departamento de Arquitectura. Carretera Anáhuac S/N, Cd. Cuauhtemoc, Chih, México. 31600. (+52 625) 128-1700.

<sup>3</sup> NEW MEXICO STATE UNIVERSITY. Plant and Environmental Sciences. College of Agriculture, Consumer and Environmental Sciences, 945 College Drive. Skeen Hall, Las Cruces, NM. USA. 88003. (+1 575) 646-7665

<sup>4</sup> NEW MEXICO STATE UNIVERSITY. Department of Civil Engineering, 3035 S. Espina St. Hernandez Hall, Las Cruces, NM. USA. 88003. (+1 575) 646-2904

<sup>5</sup> NEW MEXICO STATE UNIVERSITY. Department of Geography, 1525 Stewart St. Breland Hall, Las Cruces, NM. USA. 88003. Tel (+1 575) 646-1892.

<sup>6</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: hlrojas@nmsu.edu

## Introduction

**T**he Laguna de Bustillos is in a region that has a high demand for groundwater for the agricultural industry, making the Cuauhtemoc aquifer the largest over-exploited aquifer in northwest Mexico (Comisión Nacional del Agua, 2016). It is necessary to provide updated data to the water balance of the basin to improve water management in the region.

Because there are no known mathematical models that calculate water storage, it is imperative to develop a new technique or method that allows us to estimate the water volume contained in water bodies. The calculation of water storage of shallow water bodies requires the construction of 3D models of the terrain including the surrounding areas. Integrating techniques based on sound, spectral analysis of satellite imagery, and GPS allow researchers to increase the accuracy of the existing 3D models and expand them from the reservoir representation to a topobathymetric integrated model.

Topobathymetry is a geospatial concept that integrates bathymetric and topographic data from different spatial scales, time, and sensors. The terrain model is applied to monitor coastal erosion, sea level rise, flood impact reduction programs, and coral barrier studies (Gesch *et al.*, 2016). Digital terrain models, topography, bathymetry, and the use of water body contours are essential sources for integrating this model. Some research tried to get 3D models, but only one or two data sources were used in comparison with those applied in this research. The delimitation of water bodies is an indirect way of getting contour lines through differentiating the spectral response between the green band (G) and the bands near infrared (NIR) or the infra-red short-wave band (SWIR). The Normalized Difference Water Index (NDWI) (McFeeters, 1996) and the Modification of Normalized Difference Water Index (MNDWI) (Xu, 2006) have been used to monitor (Lu *et al.*, 2013) changes in the extent of the lakes (Ma *et al.*, 2007), and the location of water bodies (Rana and Neeru, 2017). Sonar is a technique that uses sound waves to calculate water depth (Knott and Hersey, 1957) and has advantages such as high accuracy ( $\pm 0.1$  m), low cost, and the device can be mounted on any boat. Several types of research have used sound for mapping water bodies (McPherson *et al.*, 2011; Popielarczyk and Templin,

2014; Giordano *et al.*, 2015). Leon and Cohen (2012) modeled the volume of Lake Eyre in Australia using bathymetry and remote sensing. The authors used surveys realized in 1974 and 1976 with the precision of  $\pm 0.3$  m in the vertical component and up to  $\pm 500$  m in the horizontal component, which proved to be a very limited and inaccurate method.

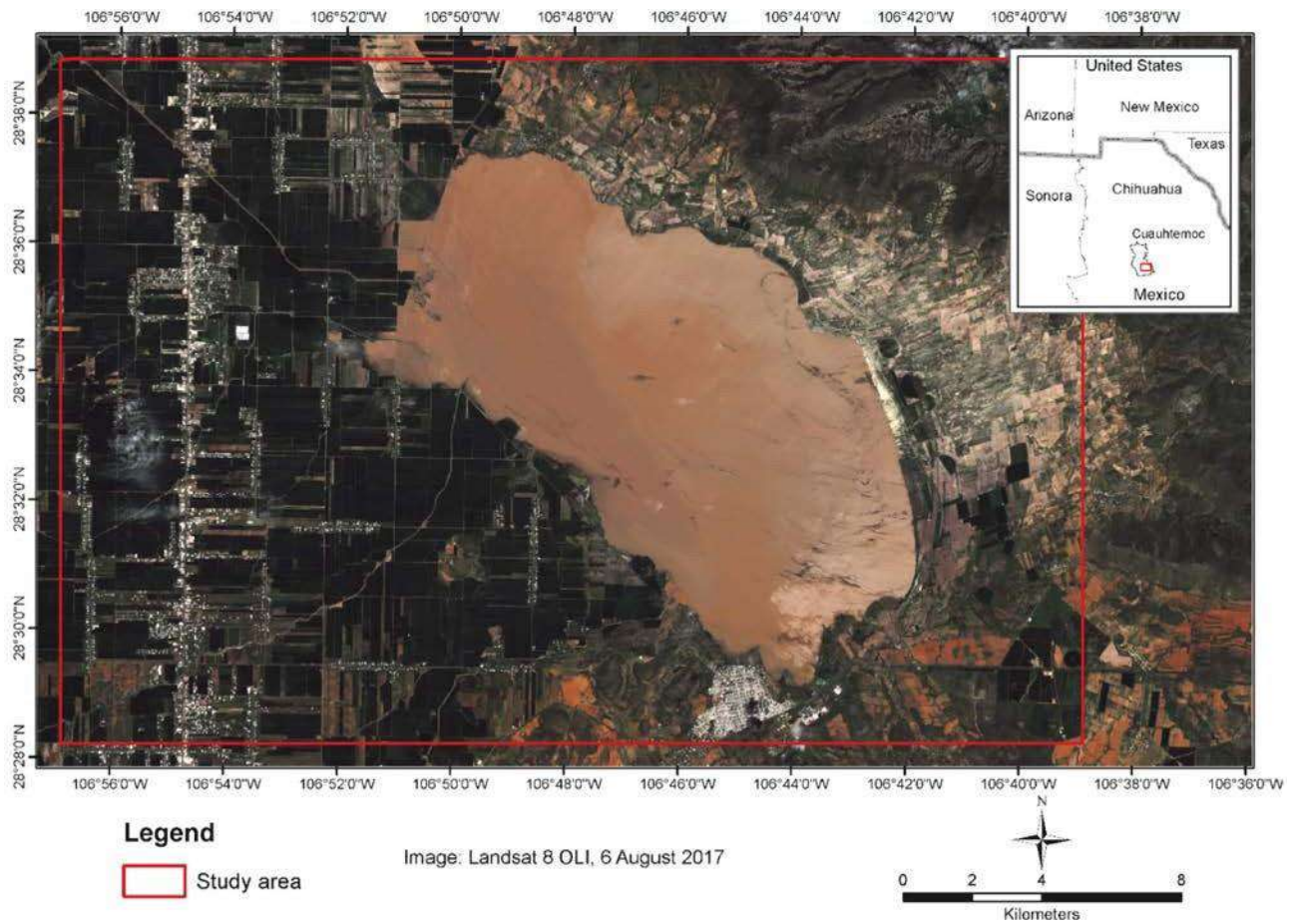
Water storage has two components: groundwater and surface water (lakes, ponds, or reservoirs) (Brooks *et al.*, 2012). Some variations in water storage in the reservoirs are due to an underground hydraulic connection between aquifers and water bodies (Isiorho *et al.*, 1996; Winter, 1999). These variations in the volume of water can be so drastic that large reservoirs dry up in a short time like Laguna de Bustillos had in years 2002 to 2006 and 2013 (NASA, 2017). Although there is a geohydrological study that supports recharge deficit in the aquifer, there is no information about the storage capacity of Laguna de Bustillos. The lack of information encourages the main objective of this research to generate a new technique to generate a 3D topobathymetric model that contributes to the generation of updated data, which allows the deduction of variables, such as underground infiltration from the catchment area of Laguna de Bustillos. Despite these models of volumetric estimation of water bodies, the combination of more than two different topobathymetric measurement techniques had not been explored. This document proposes a unpublished new method integrating three methodologies to generate a more robust and accurate three-dimensional model.

## Materials and methods

This study was conducted between 2016 and the first semester of 2018 in the Spatial Applications and Research Center at the New Mexico State University. The study area of Laguna de Bustillos is in the quadrant between the coordinates 28° 38' 51" N – 28° 28' 27" N and 106° 57' 3" W – 106° 38' 50" W in the municipality



**Figure 1.** The study area of Laguna de Bustillos, Chihuahua. Source: LandsatLook Viewer (USGS, 2017a).



of Cuauhtemoc, in the state of Chihuahua (Figure 1). This region's climate is warm and semi-arid since it is in a transition zone between the semi-humid climate of the mountains and the Chihuahua desert (Kottek *et al.*, 2006). The average annual temperature ranges from 6.9 to 21°C, with an average annual rainfall of about 528 mm per year (Servicio Meteorológico Nacional, 2017).

The authors designed a new four-stage method to develop a 3-D topobathymetric model for the purpose of determining water storage: i) extract contour lines through a time series of remote sensing; ii) determine bathymetry; iii) perform a topographic survey (GPS-RTK); and iv) extract contours from the regional terrain digital model. Also, it was included a regression analysis in determining the two equations that provide the volume and surface area using water height. The flowchart below (Figure 2) shows the modeling process.

### Bathymetry

The New Mexico Water Resources Research Institute (WRRI) funded a project to build an Autonomous Surface Vehicle (ASV) to generate bathymetric data for shallow water bodies. A PVC center frame was attached to a two-hulled catamaran boat, propelled by two motors, and equipped with a GPS on the top to receive signals via satellite to provide the direction and location. An Ardupilot® system automated the catamaran navigation through an Arduino® MEGA 2560 board to receive the GPS signal while the sonar data bus decoded and recorded the information on an SD card. Subsequently, the recorded points were downloaded to a computer for processing. The transducer was a Garmin® Intelliducer Thru-Hull NMEA-0183, which does not require the previous calibration and can measure from 60 cm to 200 m with a 0.1 m accuracy (Rojas-Villalobos, 2016).



Figure 2. Schematic of the workflow to generate the 3D model.

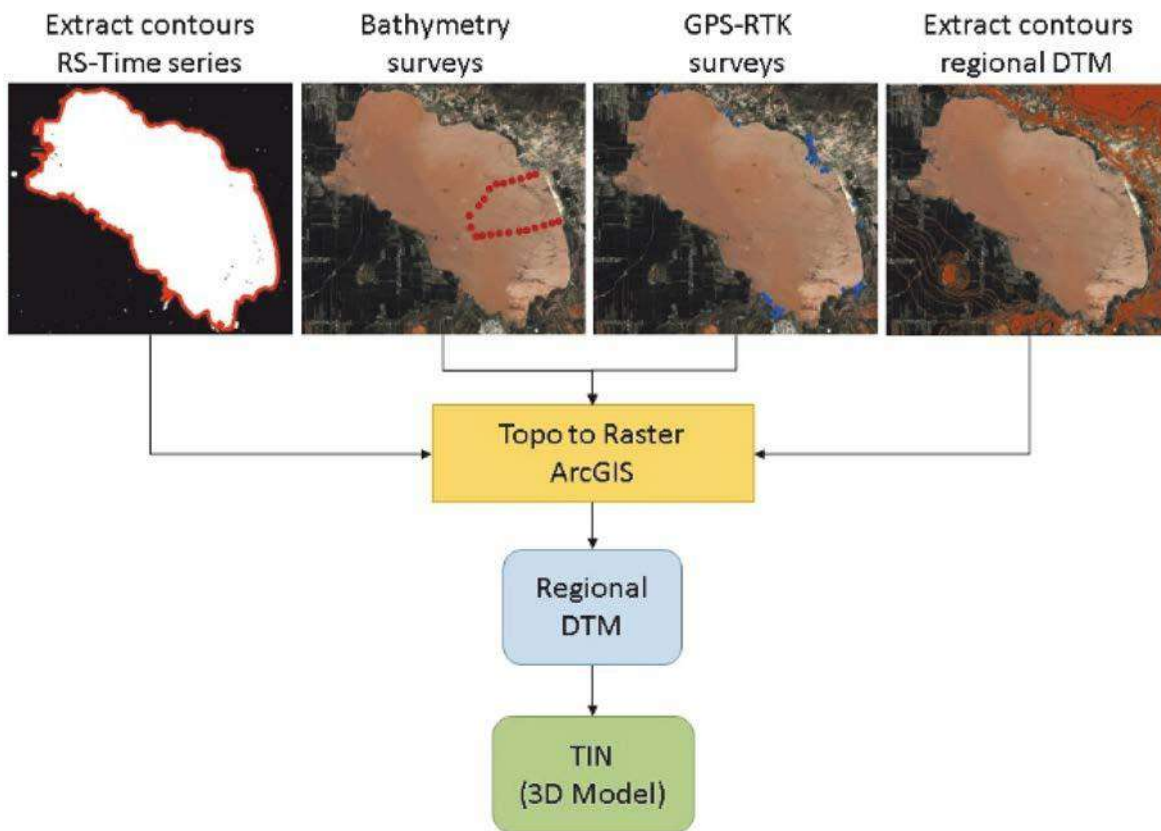
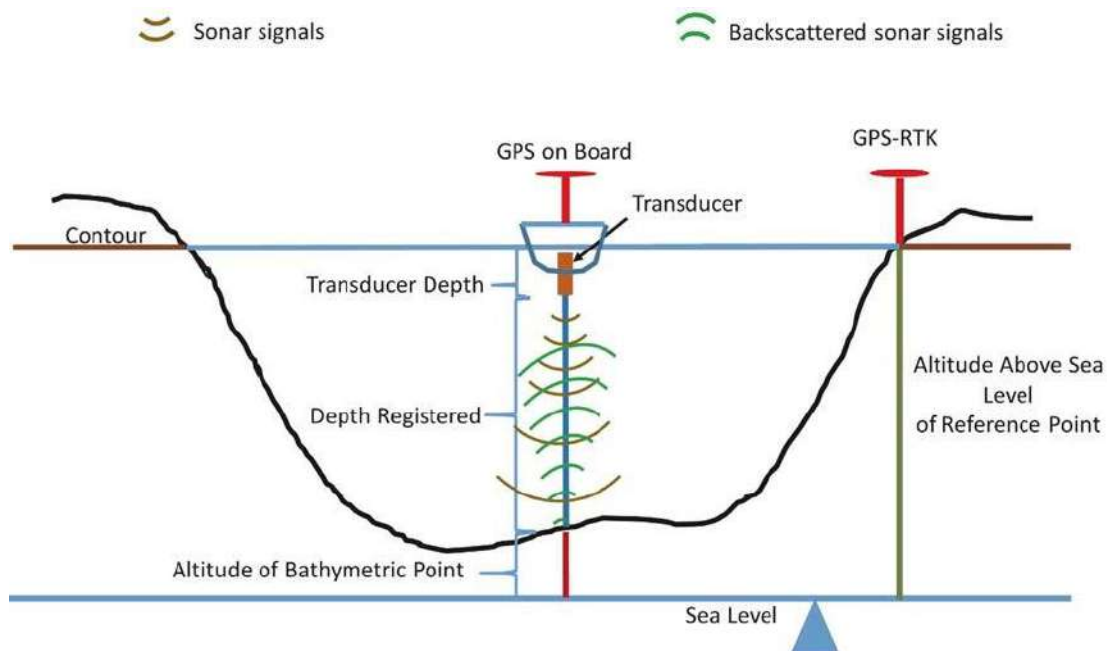


Figure 3. Components to calculate the height of the lake bottom above sea level.



To construct a 3D model of the region including the bottom of the lake, the bathymetry data (depth) was transformed into topographic data (height). Figure 3 shows the schematic of the surveying process to transform to the correct topographic points.

The following equation ( 1 ) was developed to calculate the altitude above sea level for each bathymetric point:

$$APB = ASNM - (PS + PR) \quad (1)$$

Here, ABP is the height of the bathymetric point, ASNM is the altitude above sea level of the reference level, PS is the depth of the sonar, and PR is the recorded depth. The bathymetry consisted of 5 trajectories, and the data were adjusted through the above equation using the reference levels of the survey days. A GPS-RTK was used to establish the fixed reference point corresponding to the height of the lake contour and was linked to the bathymetry obtained that day.

#### Contour extraction from remote sensors

Since the spatial resolution of remote sensing is the most important factor for delineating the contours of water bodies, Landsat ETM +, Landsat OLI (Operational Land and Imager), and Sentinel 2A (Table 1) were chosen to build the MNDWI.

These images are available for free on the LandsatLook Viewer websites of the United States Geological Survey (USGS, 2017a) and the Copernicus Open Access Hub of the European Space Agency (ESA, 2017). Seven images were selected with the lowest possible cloudiness over the study area during the time the lake had gradually dried (March 2012 – August 2013). Also, six recent images were downloaded to establish the maximum lagoon extent and baseline curves for the bathymetry data (June 2016 – September 2017). Using the Semiautomatic Classification extension (Congedo, 2013) in QGIS®, atmospheric correction was applied to the images using the method of Subtraction of Dark Objects 1 (Chavez, 1996). Then, a fusion of images was performed with the panchromatic band (ETM + and OLI) using the Brovey transformation (Johnson *et al.*, 2012) to increase the spatial resolution to 15 m before the MNDWI construction.

The Normalized Difference Water Index (NDWI) was created to identify Landsat water bodies. The high relative reflectance of green (G) in the electromagnetic spectrum contrasts with the high absorption of the NIR in clear water (McFeeters, 1996). Excessive suspended matter in the water increases reflectance measurements in the NIR band (Ruddick *et al.*, 2006), thus dramatically reducing the difference between the G-NIR bands, which makes it difficult to distinguish between water and non-water surfaces.

**Table 1.** Collection of remote sensing data used in this article.

Sensor	Acquisition date	Bands (µm)	Spatial resolution (m)
Landsat ETM+ (USGS, 2017a)	19 May 2012; 4 June 2012;	2 (Green 0.52-0.60)	30
	20 June 2012; 14 January 2013;	5 (SWIR-1 1.55-1.75)	30
	6 February 2013; 22 February 2013	8 (Panchromatic)	15
Landsat OLI (USGS, 2017a)	2 August 2013; 14 June 2016,	3 (Green 0.533-0.590)	30
	29 August 2017; 5 September 2017	6 (SWIR1 1.566-1.651)	30
		8 (Panchromatic 0.503-0.676)	15
Sentinel 2A (ESA, 2017)	20 March 2017; 8 June 2017	3 (Green 0.542-0.577)	10
	6 August 2017	11 (SWIR1 1.568-1.658)	20

Therefore, the NDWI method is not fit for Laguna de Bustillos due to the turbidity of water. The MNDWI suppresses this problem by replacing the NIR band with an infrared shortwave band (SWIR) because the water absorbs energy and the reflectance is low. The equation that determines the MNDWI (Xu, 2006) is:

$$MNDWI = \frac{G - SWIR}{G + SWIR} \quad (2)$$

Where G is the green band of the electromagnetic spectrum and SWIR is the short-wave band of the infrared spectrum. The possible MNDWI values are from -1 to 1.

In ArcGIS®, the raster calculator was used to apply the MNDWI equation to Landsat and Sentinel images. According to the MNDWI method, positive values represent water and negative values the surface without water. Therefore, the resulting raster was reclassified by assigning 1 to those values greater than 0 and 0 to values less than or equal to 0. From the reclassified images, the contours were extracted and examined through visual interpretation. This procedure ensures that the extracted contours correspond to the edge of the lake using false infrared color composite images and avoids errors due to the influence of the vegetation.

A failure of the SLC (Scan Line Corrector) introduced strips with missing data in the Landsat ETM+ images captured on May 31st, 2003 (USGS, 2017b). Due to this error in the sensor, only segments were vectorized corresponding to the edge of the water surface.

An orthometric height was assigned to the contours using the closest ABP to the contour line (< 0.5 meters). When there were no bathymetry points near the line, points were selected in a buffer of 1 to 2 m on each side of each contour. The contour took the mean height following the Classic Central Limit Theorem (Erdős and Rényi, 1959; Dowdy *et al.*, 2011). According to this theorem, when the sample size increases, the average sample will approximate a normal distribution. This procedure reduces the uncertainty and variability of bathymetric data due to boat sway and sonar accuracy (Krause and Menard, 1965; Eltert and Molyneux, 1972; Schmitt *et al.*, 2008).

### *Topography*

The GPS points were measured using two SOKKIA GRX2 GNSS devices with a horizontal accuracy of 5 mm and 10 mm on the vertical axis. A GPS was established as base at the coordinate 28° 27' 25.1532" N and 106° 47' 24.9432" O at the height of 2069.08 on the WGS ellipsoid of 1984. 1006 topographic points were collected and transformed to the Mexican Gravimetric Geoid 2010 (GGM10) to generate altitude above the mean sea level (INEGI, 2015).

### *Digital elevation model*

A contour was extracted at every meter from the Mexican Elevation Continuation 3.0 (CEM 3.0) of the National Institute of Statistics and Geography (INEGI, 2016). On September 5th, 2017, the water level of the lake was 1975.56 m above sea level (masl). For this reason, contour lines below 1976 m were eliminated from the regional DEM.

### *Topobathymetric 3D model and volume estimation*

An MDE with a spatial resolution of 2 m was created using the four sources of elevation data using the Topo-to-Raster tool contained in the 3D analysis module of ArcGIS. This tool allows the creation of hydrologically correct lifting meshes based on the ANUDEM program (Hutchinson *et al.*, 2011). Since the triangulated irregular network (TIN) generates more accurate volumetric calculations (Mi *et al.*, 2007; Hanjianga *et al.*, 2008), the DEM was converted into a TIN. The volume and water surface were calculated from 1970.50 m to 1978.9 masl every 1 mm using the *ArcGIS Polygon Volume* tool.

### *Statistical Evaluation*

Since there is no previous model to evaluate the lake storage, 16 areas of water coverage of different scenes were extracted through remote sensing (RS) when the lake was drying (real area) (Table 2).

The area of each scene was used to extract the corresponding contour line from the 3D model and generate the area. Using ArcGIS, the intersection of the two layers was the area of a coincidence that was statistically evaluated (Figure 4).



**Table 2.** List of multispectral images used to compare 3D model contours.

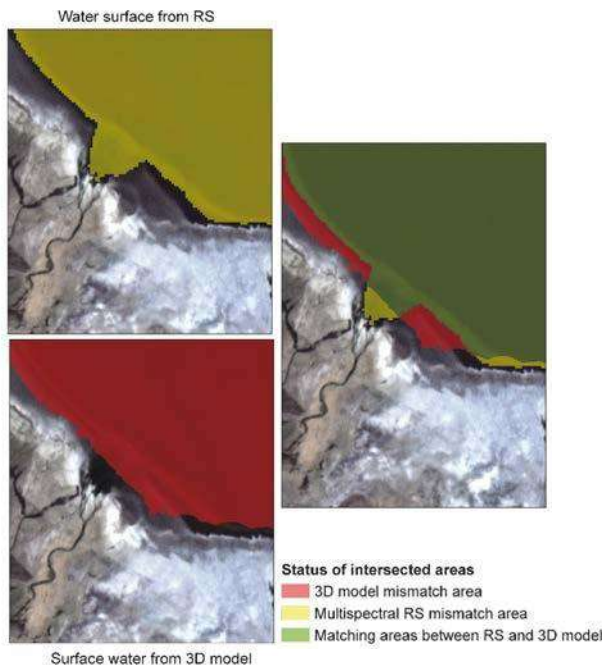
Sensor	Acquisition date	Water surface (km <sup>2</sup> )
Landsat TM (USGS, 2017a)	25 June 1999	99,585,900
	26 May 2000	92,322,000
	11 June 2000	90,583,200
	17 March 2001	77,341,500
	2 April 2001	70,556,400
	27 Abril 2001	64,676,700
	24 November 2002	41,630,400
	15 September 2003	64,507,500
Landsat ETM+ (USGS, 2017a)	21 December 2006	109,260,000
	27 January 2000	104,792,438
	5 May 2001	61,820,100
Landsat OLI (USGS, 2017a)	28 August 2002	68,073,300
	1 May 2014	87,509,700
	2 June 2014	79,517,700
	28 August 2014	109,547,000
	8 October 2014	118,406,700

Some Landsat ETM + and OLI images were replaced with recent Sentinel 2 images (early 2018) to distribute the extracted contours along the height through the 3D model (Table 3). This procedure is used to evaluate the model accuracy (reality vs. model).

**Table 3.** List of multispectral images used to compare areas between reality and 3D model. Added images are identified with\*.

Sensor	Acquisition date	Water surface (km <sup>2</sup> )	
Landsat TM (USGS, 2017a)	25 June 1999	99,585,900	
	26 May 2000	92,322,000	
	11 June 2000	90,583,200	
	17 March 2001	77,341,500	
	2 April 2001	70,556,400	
	Landsat ETM+ (USGS, 2017a)	27 January 2000	104,792,438
		5 May 2001	61,820,100
		28 August 2002	68,073,300
Sentinel 2 (ESA, 2017)	4 May 2016*	109,321,000	
	23 July 2016*	105,033,000	
	14 January 2018*	133,912,000	
	4 April 2018*	131,504,000	

**Figure 4.** Demonstration of matching areas between water surface extracted from a multispectral satellite image and the 3D model at the same reference level.



Because of the surface area changes according to the elevation of the water surface, it is not possible to evaluate the efficiency of the model directly. For this reason, the relationship between the coincidence surface and the reference area of the satellite image were used.

The maximum possible relation between both areas is 100% because the level curves obtained from the 3D model are directly related to the waterbody contours. The water/non-water coverage maps of the model and the satellite images of each year (Table 3) were analyzed using the Kappa statistic (K-hat) through QGIS (QGIS, 2018) and Semi-Automated Classification Plugin (Congedo, 2013). The Kappa coefficient and overall accuracy allows us to know the degree of agreement between the 3D model and the water body surface (Card, 1982; Jensen, 2007; Congalton and Green, 2008; Lillesand *et al.*, 2014). Also, the t-statistical distribution was applied to find the lower limit of the 95% Confidence Interval and estimated the range of acceptable match surface values (from Table 2) according to the sample mean (Dowdy *et al.*, 2011) ( 3 ).



$$IC_{0.95} = \bar{x} - t_{\alpha, v} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Where  $\bar{x}$  is the mean of the sample,  $\alpha$  is the level of significance,  $v$  is the degrees of freedom ( $n - 1$ ),  $s$  is the standard deviation, and  $n$  is the sample size.

Finally, two equations were generated representing the area of the water surface and the volume contained in the lake according to the elevation of the water surface.

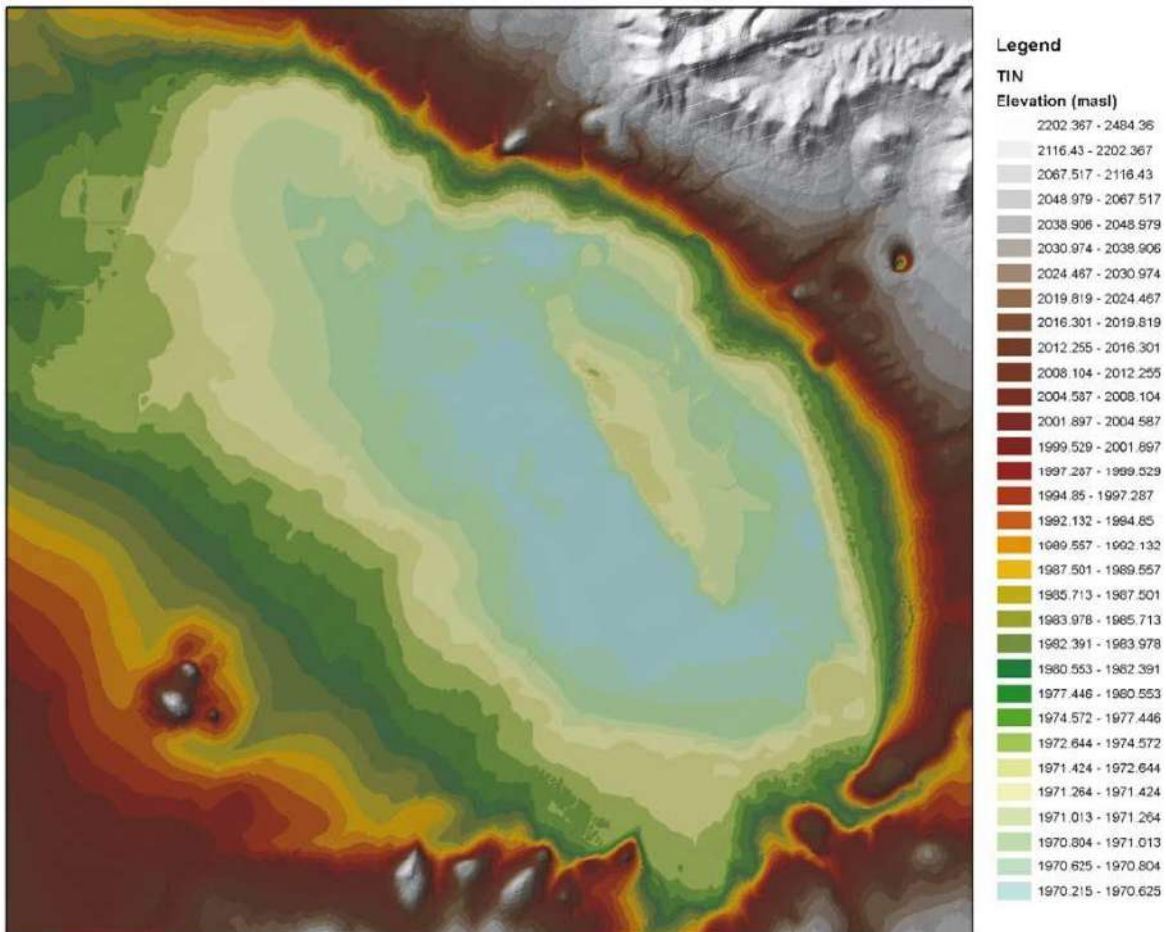
### Results and discussion

Figure 5 shows the sources of data used for the reconstruction of the topobathymetric model: 13 contours from remote sensors, 29,715 bathymetry points, 1,006 GPS points, and INEGI contours.

**Figure 5.** Map showing bathymetry, GPS points, derived curves from multispectral RS, and regional contours (INEGI).



**Figure 6.** Triangulated Irregular Network is representing the topobathymetric 3D model of Laguna de Bustillos.



As a result of the reconstruction data process, Figures 6 and 7 show the 3D topobathymetric model and a 3D perspective of the Laguna de Bustillos. The results show that the deepest point of the lake is at 1970.215 masl, the maximum depth is 3.785 m when the water level reaches the 1974 masl, the water storage is 324.4 Mm<sup>3</sup>, and the average depth is 1.37 m.

**Figure 7.** 3D perspective of Laguna de Bustillos (5 times height exaggeration for better visualization).



Since the Kappa statistic shows the difference between classified values of the satellite image (reference data) and the surface of water body generated by the 3D model, the coincidence is expected to be high. Typically, Kappa values greater than 0.80 represent a strong match between the compared data. The result of the comparison shows an overall accuracy higher than 95.21% and the K-hat coefficients above 0.899. Table 4 shows the increase of the values of overall accuracy and the Kappa coefficient when the water level is higher.

It is observed that the values of elevation that are between 1971.168 and 1971.284 have a value of K-hat less than 0.9289 and are associated with water coverage less than 80 km<sup>2</sup>. When the water level rises above 1971.284 m, the Kappa indicator increases its value above 0.93, reaching levels of 0.99. Also, low K-hat values (0.8993 – 0.9289) are associated with low depth averages (<0.41 m) in contrast to those K-hat values above 0.96 that are in depth averages greater than 0.71 m.

**Table 4.** Kappa coefficient values and overall accuracy between imagery (reality) and simulation (3d model).

Date	Sensor	Surface (km <sup>2</sup> )	Elevation (m)	Depth Average (m)	K-hat	Overall Accuracy (%)
25/06/1999	Landsat TM	99.59	1971.713	0.710	0.9627	98.150
27/01/2000	Landsat ETM+	104.86	1972.034	0.987	0.9669	98.383
26/05/2000	Landsat TM	92.32	1971.460	0.501	0.9347	96.738
11/06/2000	Landsat TM	90.58	1971.442	0.493	0.9316	96.582
17/03/2001	Landsat TM	77.35	1971.284	0.409	0.9079	95.499
02/04/2001	Landsat TM	70.56	1971.235	0.397	0.8993	95.212
05/05/2001	Landsat ETM+	61.82	1971.168	0.383	0.8993	95.480
28/08/2002	Landsat ETM+	68.07	1971.228	0.405	0.9289	96.669
04/05/2016	Sentinel 2	109.32	1972.809	1.709	0.9939	99.710
23/07/2016	Sentinel 2	105.03	1972.050	1.000	0.9883	99.430
14/01/2018	Sentinel 2	133.91	1975.857	4.195	0.9787	99.171
04/04/2018	Sentinel 2	131.55	1975.554	3.955	0.9687	98.750

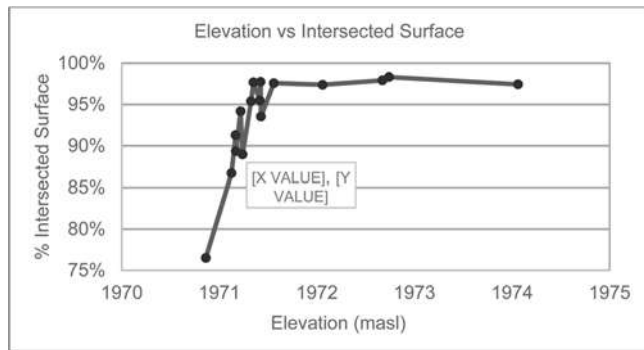
Conversely, with a confidence level of 95%, the mean of the percentage of matching areas between the satellite images and the 3D model is greater than 90.9% (Table 5).

**Table 5.** Confidence Interval analysis for the percentage of the matching area between the three-dimensional model and the sample images.

Mean	0.934663471	Degree of freedom	15
Standard Error	0.0145891	$\alpha$	0.05
Median	0.954318	$t_{0.05,15}$	1.753
Standard deviation	0.0583564	$t_{0.05,15}$ Std. Error	0.025574712
Simple variance	0.0034055	$IC_{0.95}: \bar{X} - t_{0.05,15}$ Std. Error	0.9090888
Sample size	16		

Below the contour 1971.325 m, four of the six comparisons are below the lower limit of the confidence interval (Figure 8).

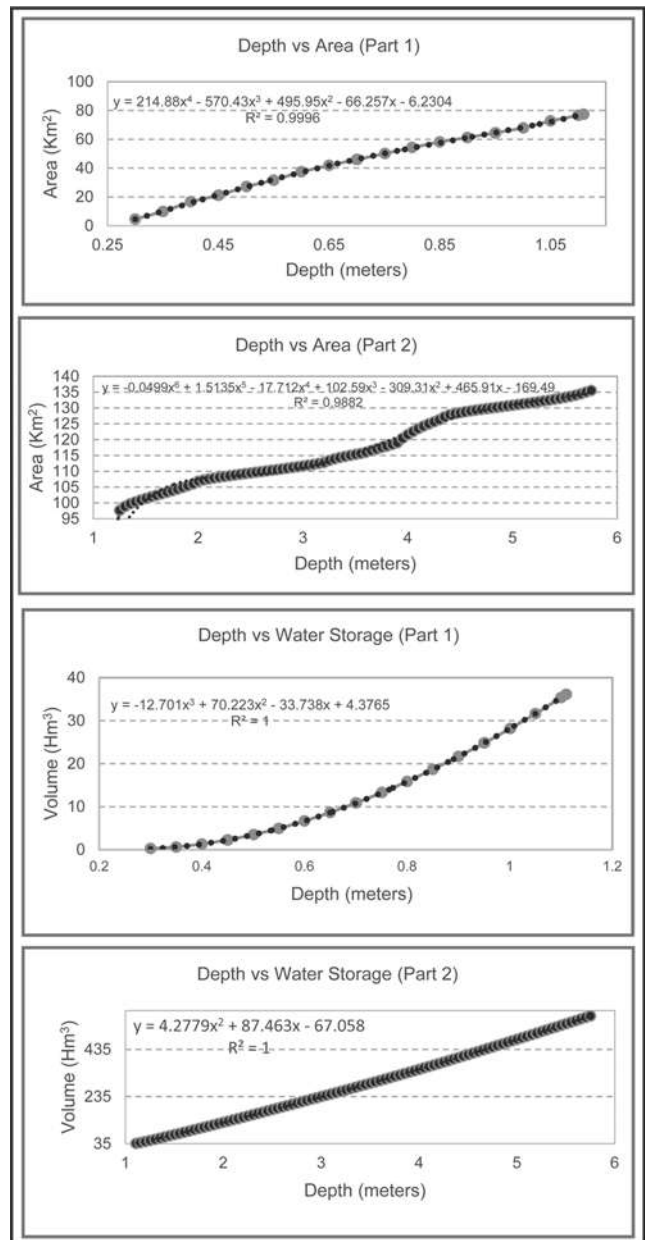
**Figure 8.** Graph showing the behavior of the intersection percentage between the surfaces of the 3D model and the areas of RS images along elevation.



The mean area intersected below the reference level is only 88.91%, while in the upper range, it is 97.01%.

Two equations were generated that estimated the area of water coverage according to the depth of the lake. The first equation calculated the volume below the 1971.325 masl and the second equation calculated the remaining volume above it. Similarly, two other equations were generated estimating the amount of water in the lake. The determination coefficients ( $R^2$ ) for the estimated equations are greater than 0.9882; this indicates that the equations obtained are suitable for the topobathymetric model within the extent limits of the lake (Figure 9).

**Figure 9.** Graphs of the surface and volume equations adjusted to the 3D model.



## Conclusions

Four different techniques, such as bathymetry, GPS-RTK points, and contour lines extracted from the remote sensors, were decisive in creating this new three-dimensional modeling methodology for water bodies. Its efficiency is demonstrated after the statistical analysis applied. According to the results obtained in the Kappa analysis and the confidence interval, the 3D model is a robust and precise model ( $Kappa > 0.80$ ).



Three processes were important in the construction of the model:

- The use of high precision GPS helped in fixing the reference height points of the contours of the most recent satellite images (2015 – 2018) with great precision and accuracy.

- The bathymetric points linked to the current height of the water level of the lake were instrumental in establishing the height above sea level at the bottom of the lagoon.

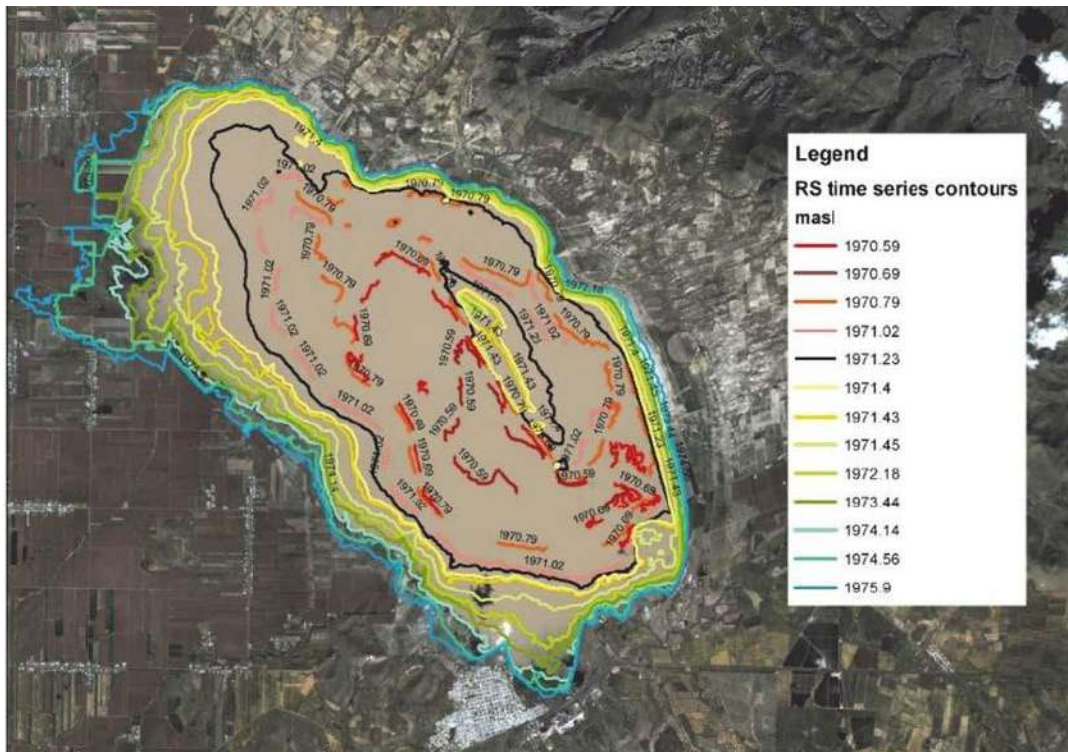
- The related height between the bathymetric points and the levels closest to the bottom of the lake was extracted from the satellite images (1999 – 2002).

Additionally, it was observed that the segments of the contours extracted from the Landsat ETM+ images with an error in the SLC (USGS, 2017b) influenced the relative low efficiency ( $0.8993 < \text{Kappa} < 0.9079$ ) of the model below 1971.325 masl. On the other hand, effectiveness in the top height ranges from 1971.5 to 1974 masl was as a result of the spatial resolution of the satellite images of Landsat OLI (15 m panchromatic) and Sentinel 2 (10 m) (Figure 10).

Although this 3D hydrological model is very robust to be used in the administration of water in the basin, special care must be taken in forecasting floods in rural-urban areas. The model simulates much of the flooded areas of Mennonite farmers, but the 3D model should not be used to prevent flood risks due to the topographic complexity with dams and ditches.

In future work, researchers should continue the bathymetric survey with greater data density using a sonar with increased accuracy to further the model's efficiency. The acquisition of more bathymetric data will allow replacing contours extracted from the oldest images such as Landsat ET and ETM +. Additionally, the photogrammetric triangulation could be of great benefit in urban and agricultural zones to delineate more accurate topography. This development is the first step to estimate the volume of water in the Laguna de Bustillos as this work produces estimates that approximate the actual values and such research is relevant to water management in the region.

**Figure 10.** RS time series contours. The dark contour delimits the outer areas with greater 3D model performance and the internal area with less accuracy.





## Literature cited

- BROOKS, K.N., P.F. Ffolliott, and J.A. Magner 2012. Hydrology and the Management of Watersheds. John Wiley & Sons. Iowa. 533 p.
- CARD, D.H. 1982. Using known map category marginal frequencies to improve estimates of thematic map accuracy. *Photogramm. Eng. Remote Sens* 48: 431–439.
- CHAVEZ, P.S. 1996. Image-based atmospheric corrections-revisited and improved. *Photogramm. Eng. Remote Sens* 62: 1025–1035.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2016. Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- CONGALTON, R.G., Green, K., 2008. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. CRC press.
- CONGEDO, L., 2013. Semi-automatic classification plugin for QGIS. Sapienza Univ. Rome.
- DOWDY, S., Wearden, S., Chilko, D., 2011. Statistics for Research. John Wiley & Sons.
- ELTERT, J.F., Molyneux, J.E., 1972. The long-distance propagation of shallow water waves over an ocean of random depth. *J. Fluid Mech* 53: 1–15.
- ERDŐS, P., Rényi, A., 1959. On the central limit theorem for samples from a finite population. *Publ Math Inst Hung. Acad Sci* 4: 49–61.
- ESA, 2017. Copernicus Open Access Hub [WWW Document]. URL <https://scihub.copernicus.eu/> (accessed 8.23.17).
- GESCH, D.B., Brock, J.C., Parrish, C.E., Rogers, J.N., Wright, C.W., 2016. Introduction: Special Issue on Advances in Topobathymetric Mapping, Models, and Applications. *J. Coast. Res* 76: 1–3.
- GIORDANO, F., Mattei, G., Parente, C., Peluso, F., Santamaria, R., 2015. MicroVeGA (micro vessel for geodetics application): A marine drone for the acquisition of bathymetric data for GIS applications. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci* 40: 123.
- HANJIANGA, X., Limina, T., Longa, S., 2008. A strategy to build a seamless multi-scale TIN-DEM database. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci* 37.
- HUTCHINSON, M.F., Xu, T., Stein, J.A., 2011. Recent progress in the ANUDEM elevation gridding procedure. *Geomorphometry* 2011, 19–22.
- INEGI, 2016. Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0) [WWW Document]. Datos Relieve. URL <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continuo/elevaciones.aspx> (accessed 3.16.16).
- INEGI, 2015. El geioide gravimétrico mexicano 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- ISIORHO, S.A., Matisoff, G., Wehn, K., 1996. Seepage relationships between Lake Chad and the Chad aquifers. *Groundwater* 34: 819–826.
- JENSEN, J.R., 2007. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective 2/e, 2nd ed, Prentice Hall Series. Pearson Education.
- JOHNSON, B.A., Tateishi, R., Hoan, N.T., 2012. Satellite image pansharpening using a hybrid approach for object-based image analysis. *ISPRS Int. J. Geo-Inf* 1: 228–241.
- KNOTT, S.T., Hersey, J.B., 1957. Interpretation of high-resolution echo-sounding techniques and their use in bathymetry, marine geophysics, and biology. *Deep Sea Res* 1953 (4): 36–44.
- KOTTEK, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F., 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.* 15, 259–263.
- KRAUSE, D., Menard, H., 1965. Depth distribution and bathymetric classification of some sea-floor profiles. *Mar. Geol.* 3, 169–193.
- LEON, J.X., Cohen, T., 2012. An improved bathymetric model for the modern and palaeo Lake Eyre. *Geomorphology* 173, 69–79.
- LILLESAND, T., Kiefer, R.W., Chipman, J., 2014. Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons.
- LU, S., Ouyang, N., Wu, B., Wei, Y., Tesemma, Z., 2013. Lake water volume calculation with time series remote-sensing images. *Int. J. Remote Sens.* 34, 7962–7973.
- MA, M., Wang, X., Veroustraete, F., Dong, L., 2007. Change in area of Ebinur Lake during the 1998–2005 period. *Int. J. Remote Sens.* 28, 5523–5533.
- MCFEETERS, S.K., 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sens.* 17, 1425–1432.
- MCPHERSON, K.R., Freeman, L.A., Flint, L.E., 2011. Analysis of methods to determine storage capacity of, and sedimentation in, Loch Lomond Reservoir, Santa Cruz County, California, 2009 (USGS Numbered Series No. 2011–5141), Scientific Investigations Report. U.S. Geological Survey, Reston, VA.
- MI, H., Zai, J., Jiang, X., 2007. Contrast and Analysis of Reservoir Storage Calculation Methods [J]. *Surv. Mapp. Geol. Miner. Resour.* 2,000.
- NASA, 2017. History Landsat Science [WWW Document]. URL <https://landsat.gsfc.nasa.gov/about/history/> (accessed 9.1.17).
- POPIELARCZYK, D., Templin, T., 2014. Application of integrated GNSS/hydroacoustic measurements and GIS geodatabase models for bottom analysis of Lake Hancza: the deepest inland reservoir in Poland. *Pure Appl. Geophys.* 171, 997–1011.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM (2018). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- RANA, H., Neeru, N., 2017. Water Detection using Satellite Images Obtained through Remote Sensing. *Adv. Comput. Sci. Technol.* 10, 1923–1940.
- ROJAS-VILLALOBOS, H.L., 2016. 3D bathymetric model of a shallow lagoon measured by a solar powered low-cost autonomous surface vehicle prototype in Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico. (Academic Research), Student Water Research Awards 2015-2016. New Mexico Water Resources Research Institute, Las Cruces, NM.
- RUDDICK, K.G., De Cauwer, V., Park, Y.-J., Moore, G., 2006. Seaborne measurements of near infrared water-leaving reflectance: The similarity spectrum for turbid waters. *Limnol Ocean.* 51, 1167–1179.
- SCHMITT, T., Mitchell, N.C., Ramsay, A.T.S., 2008. Characterizing uncertainties for quantifying bathymetry change between time-separated multibeam echo-sounder surveys. *Cont. Shelf Res.* 28, 1166–1176.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL, 2017. Información Climatológica (1981-2010) [WWW Document]. URL <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=chih> (accessed 9.4.17).
- USGS, 2017a. LandsatLook Viewer [WWW Document]. URL <https://landsatlook.usgs.gov/> (accessed 8.22.17).
- USGS, 2017b. SLC-off Products: Background | Landsat Missions [WWW Document]. URL <https://landsat.usgs.gov/slc-products-background> (accessed 8.28.17).
- WINTER, T.C., 1999. Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems. *Hydrogeol. J.* 7, 28–45.
- XU, H., 2006. Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *Int. J. Remote Sens.* 27, 3025–3033. ⑥

Este artículo es citado así:

Rojas-Villalobos, H. L., L. C. Alatorre-Cejudo, B. Stringam, Z. Samani, C. Brown. 2018. Topobathymetric 3D model reconstruction of shallow water bodies through remote sensing, GPS, and bathymetry. *TECNOCENCIA Chihuahua* 12(1):42-54.

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v12i1.129>

# TECNOCIENCIA

## Chihuahua

Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades  
Universidad Autónoma de Chihuahua



PARANINFO UNIVERSITARIO, UACH

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA



# TECNOCIENCIA

## Chihuahua

Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades  
Universidad Autónoma de Chihuahua



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA

**MURALES EN EL  
PARAMINFO UNIVERSITARIO, UACH  
AUTOR: LEANDRO CARREÓN**