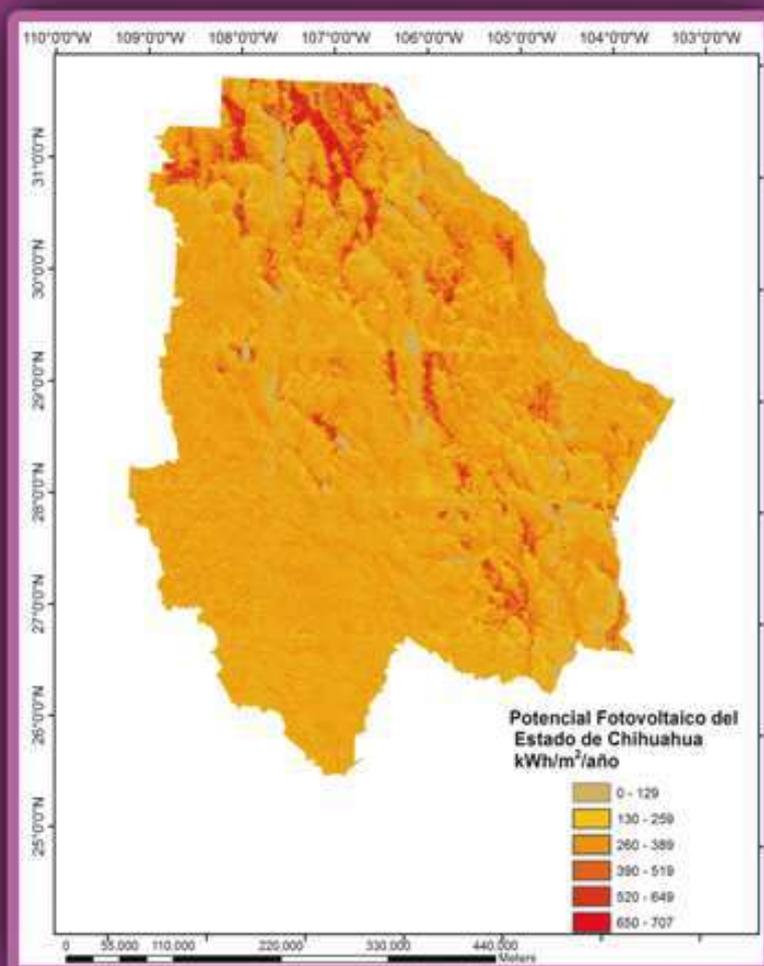


# TECNOLOGÍA CIENCIA

## Chihuahua

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



Modelado del potencial fotovoltaico del estado de Chihuahua



Foto: Crops for the Future / Tencho

Crecimiento y producción de moringa en condiciones climáticas del Noreste de México



Foto: Bernardo Bolaños

Seguridad alimentaria: La continua lucha contra las enfermedades de los cultivos



M.E. LUIS ALBERTO FIERRO RAMÍREZ  
*Rector*

M.C. JAVIER MARTÍNEZ NEVÁREZ  
*Secretario General*

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

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

M.A.V. Raúl Sánchez Trillo  
*Director de Extensión y Difusión Cultural*

M.F. JESÚS UBALDO CASILLAS GARCÍA  
*Director Administrativo*

M.I. Ricardo Ramón Torres Knight  
*Director de Planeación y Desarrollo Institucional*

# TECNOCIENCIA Chihuahua

## Comité Editorial Interno

DR. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA  
*Editor en Jefe*

PEDRO AMAYA ITURRALDE  
*Coordinador editorial*

M.E.S. NANCY KARINA VENEGAS HERNÁNDEZ  
*Asistente editorial - Abstracts*

## Editores Asociados

DR. FELIPE ALONSO RODRÍGUEZ ALMEIDA  
DRA. MARÍA ELEMA FUENTES MONTERO  
DRA. LAURA CRISTINA PIÑÓN HOWLET

DR. JAVIER TARANGO ORTÍZ  
DRA. GUADALUPE VIRGINIA NEVÁREZ MOORILLÓN

DR. FRANCISCO ALBERTO PÉREZ PIÑÓN  
DR. IGNACIO CAMARGO GONZÁLEZ  
DRA. MARGARITA LEVARIO CARRILLO

## 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 X, Número 3, Septiembre-Diciembre 2016. Publicación cuatrimestral de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Editor en Jefe: Dr. César Humberto Rivera Figueroa. ISSN: 1870-6606. Número de Reserva al Título en Derecho de Autor: 04-2007-0326610180900-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13868. 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: Impresora Standar, Ernesto Talavera No. 1207, Teléfono 416-7845, Chihuahua, Chih. 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 2214); fax: (614) 439-1500 (extensión 2209), e-mail: tecnociencia.chihuahua@uach.mx

Página web: <http://tecnociencia.uach.mx>

## Contenido

Definición de la revista	I	
Editorial	II	
El científico frente a la sociedad		Crecimiento y producción de biomasa de moringa ( <i>Moringa oleifera</i> Lam.) bajo las condiciones climáticas del Noreste de México.
La investigación cualitativa desde la perspectiva epistemológica.		<i>Zahidd Meza-Carranco</i> <i>Emilio Olivares-Sáenz</i> <i>Erasmus Gutiérrez-Ornelas</i> <i>Hugo Bernal-Barragán</i> <i>Juana Aranda-Ruiz</i> <i>Rigoberto E. Vázquez-Alvarado</i> <i>Roberto Carranza-de la Rosa</i>
<i>Luz Verónica Berumen-Burciaga</i> <i>Patricia Kuerten-Rocha</i>	<b>118</b>	<b>143</b>
Educación y Humanidades		Modelado del potencial fotovoltaico del estado de Chihuahua.
Teoría General de Sistemas, un enfoque práctico.		<i>Myrna C. Nevárez-Rodríguez</i> <i>Estefanía Estrada-De la Cruz</i> <i>M. Cecilia Valles-Aragón</i> <i>Carlos Baudel Manjarrez-Domínguez</i> <i>Mario A. Sigala-Bustamante</i>
<i>Víctor Alonso Domínguez-Ríos</i> <i>Miguel Ángel López-Santillán</i>	<b>125</b>	<b>153</b>
Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable		Potencial de remoción de plomo mediante bacterias aisladas del sedimento de laguna San Juan, Ascensión, Chihuahua.
Seguridad alimentaria: La continua lucha contra las enfermedades de los cultivos.		<i>Marisela Yadira Soto-Padilla</i> <i>Denisse Nallely Calderón-Orozco</i> <i>Edith Flores-Tavizón</i> <i>Sergio Saúl-Solís</i> <i>César Emilio Dávalos-Chargoy</i>
<i>Graciela Ávila-Quezada</i> <i>Hilda V. Silva-Rojas</i> <i>Esteban Sánchez-Chávez</i> <i>Gerardo Leyva-Mir</i> <i>Luciano Martínez-Bolaños</i> <i>Víctor Guerrero-Prieto</i> <i>Clemente García-Ávila</i> <i>Alfonso Gardea-Bejar</i> <i>Laila N. Muñoz-Castellanos</i>	<b>133</b>	<b>161</b>

## 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 concepción tradicional de ciencia ha resultado insuficiente como única fuente de conocimiento si se quiere llegar a la comprensión de algunos aspectos de la realidad. Las autoras del artículo "*La investigación cualitativa desde la perspectiva epistemológica*" exhortan a los investigadores a trabajar desde una postura de la filosofía de la ciencia para elegir el recorrido metodológico adecuado a su visión del mundo y de la ciencia, y proponen la metodología cualitativa para quien busca una aprehensión más amplia de la realidad.

En el artículo "*Teoría General de Sistemas, un enfoque práctico*" se presenta un análisis de los principales conceptos de la teoría general de sistemas, poniendo énfasis en la aplicación de la teoría en las ciencias sociales. Como resultado, los autores proponen una definición más completa e integral de esta teoría con un enfoque interdisciplinario, aplicable a cualquier sistema, sobre todo en las organizaciones humanas.

Las epifitias han mermado la producción en México y en el mundo, provocando grandes catástrofes históricas que causaron la muerte de millones de personas. De ahí la importancia de la presencia de patógenos emergentes en la actualidad, que amenazan la producción de alimentos y los rendimientos por unidad de superficie. Además de un diagnóstico preciso, los autores del artículo "*Seguridad alimentaria: La continua lucha contra las enfermedades de los cultivos*" proponen que instancias gubernamentales e instituciones de investigación realicen esfuerzos conjuntos, dirigidos al diseño de políticas fitosanitarias y a la investigación sobre patógenos de importancia económica

El cultivo de *Moringa oleifera* Lam. representa una alternativa viable para producción de biomasa por su rápido crecimiento vegetativo. Con el objetivo de evaluar el crecimiento y la producción de biomasa, investigadores de Nuevo León, México, realizaron un experimento con diferentes niveles de fertilización en esta planta. En el estudio concluyen que la altura de planta al corte y la densidad de población afectan el crecimiento y la producción de biomasa de *M. oleifera*.

Los detalles se encuentran en el artículo "*Crecimiento y producción de biomasa de moringa (Moringa oleifera Lam.) bajo las condiciones climáticas del Noreste de México*".

Las opciones de energía renovable son la alternativa para sustentar la creciente demanda mundial de energía, con el consecuente aumento de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. En esta investigación se construyó un modelo de geoprocuremento capaz de identificar y clasificar 8,660 km<sup>2</sup> de áreas con alto potencial fotovoltaico en el estado de Chihuahua. Como México se encuentra ubicado en una región con una radiación solar muy alta (cinturón solar), es un país muy atractivo para las instalaciones fotovoltaicas. Los investigadores documentaron el modelo que puede revisarse en el artículo "*Modelado del potencial fotovoltaico del estado de Chihuahua*".

El plomo es un metal pesado que se encuentra en el medio ambiente, su presencia en algunos ecosistemas representa un problema de salud pública. El objetivo del estudio "*Potencial de remoción de plomo mediante bacterias aisladas del sedimento de laguna San Juan, Ascensión, Chihuahua*" fue el aislamiento de bacterias resistentes a plomo que se encuentran en la laguna San Juan, en Ascensión, Chihuahua, para evaluar sus características morfológicas, resistencia y capacidad de remoción de plomo para efectos de biorremediación. Los investigadores concluyeron que estas bacterias tienen potencial para ser aplicadas en procesos de biorremediación.

EQUIPO EDITORIAL  
REVISTA TECNOCENCIA CHIHUAHUA

# La investigación cualitativa desde la perspectiva epistemológica

## Qualitative research from the epistemological perspective

LUZ VERÓNICA BERUMEN-BURCIAGA<sup>1,3</sup> Y PATRICIA KUERTEN-ROCHA<sup>2</sup>

### Resumen

La concepción tradicional de ciencia ha resultado insuficiente como única fuente de conocimiento si se quiere llegar a la comprensión de algunos aspectos de la realidad. Existen fenómenos de estudio para los cuales el paradigma de científicidad proveniente del positivismo resulta ser una mirada parcial; ya que muchos aspectos de dichos fenómenos o temas de interés pueden escapar a la metodología con la cual se pretende observar esa realidad. Analizando detenidamente la naturaleza de esos fenómenos u objetos de estudio podemos considerar otra perspectiva para realizar investigación, proveniente de una concepción de ciencia alternativa al positivismo, que tiene sus bases en corrientes de pensamiento post-positivistas o comprensivistas: la metodología cualitativa. El investigador que quiere tener un mayor conocimiento de su fenómeno de estudio puede buscar esa aprehensión más amplia de la realidad, desde una mirada epistemológica, que guíe la construcción de su objeto de estudio, y le ayude a elegir cuál de las dos metodologías puede ser la de mayor idoneidad.

**Palabras clave:** epistemología, investigación científica, método científico, positivismo, fenomenología.

### Abstract

The traditional conception of science has proved to be insufficient as the unique source of knowledge if one wants to achieve an understanding of some aspects of the reality. There are phenomena of study for which the paradigm of scientificity that comes from positivism turns out to be a partial look; since many aspects of these phenomena or topics of interest may go beyond the methodology used to observe that reality. Analyzing carefully the nature of these phenomena or objects of study, we can consider another perspective to carry out research, coming from a conception of alternative science to positivism, which has its bases in post-positivism or comprehensives currents of thought: the qualitative methodology. The researcher who wants to have a better knowledge of the phenomenon of study can achieve that wider apprehension of reality from an epistemological perspective that guides the construction of the object of study so it helps to choose which of the two methodologies can be the one of greater suitability.

**Keywords:** Epistemology, scientific research, scientific method, positivism, phenomenology.

### Introducción

Cupani (s/a) discute la importancia de la formación científica de la mano de la reflexión filosófica, proponiendo que los profesores que se dedican a la enseñanza de la práctica investigativa tengan alguna formación en filosofía de la ciencia; argumenta que el beneficio de esto será investigar más lúcida y responsablemente.

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Enfermería y Nutriología. Circuito Universitario Campus II, Chihuahua, Chih. C.P. 31125. Tel. (614) 238-6048.

<sup>2</sup> UNIVERSIDAD FEDERAL DE SANTA CATARINA. Departamento de Enfermería. Campus Reitor Joao David Ferreira Lima s/n. Trindade Florianópolis - SC 88040-900. Tels. (48) 3721-9000 y (48) 3271-4998.

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: lberumen@uach.mx.

Menciona que puede ayudar como estímulo para comprender mejor y perfeccionar el sentido de la investigación y de su producto (el conocimiento). Esto es una invitación para reflexionar sobre el paradigma de investigación cualitativa desde un punto de vista epistemológico, que nos ayude a discernir en qué momento podemos optar por esta alternativa metodológica.

## Concepción tradicional de ciencia

Vamos a partir de lo que llamaremos: "racionalidad científica tradicional", que ha sido el paradigma hegemónico en investigación, en especial en las ciencias de la naturaleza (Martínez, 2006). Es hablar un poco de lo que epistemológicamente guía esta forma de hacer ciencia. Es conocida también como racionalidad científica positivista.

Desde esta concepción se dice que existe una realidad totalmente hecha, acabada y plenamente externa y objetiva; nuestro aparato cognoscitivo la copia, por lo que aquí la concepción de objetividad significa copiar bien esa realidad sin deformarla. La verdad consistiría en la fidelidad de nuestra imagen interior a la realidad que representa. Eso es lo que se conoce como "Equivalencia adecuada" supuesto aristotélico (Martínez, 2006). En otro sentido, esa objetividad también se refiere a la neutralidad que debe tener el investigador con respecto al fenómeno de estudio, lo que tiene como resultado una formulación impersonal de los descubrimientos, llegando de esa forma a la objetividad del conocimiento que así se produjo (Mardones y Ursua, 2003; Cupani, 2011).

Cupani (2011), profundizando en la noción tradicional de objetividad en la ciencia, menciona que ofrece tres dimensiones. La primera (que denomina epistemológica), es la objetividad, en cuanto aspiración a corresponder con la realidad, la vincula predominantemente al realismo epistemológico y a la noción de verdad como adecuación. La segunda corresponde al control intersubjetivo de las reivindicaciones de conocimiento, transmitidas ya sea a través del discurso o por medio de imágenes, gráficos o modelos. La tercera dimensión de la objetividad se refiere al esfuerzo para evitar que preferencias personales de los investigadores desvirtúen la investigación, o sea, para detectar,

minimizar o anular la influencia sobre los resultados de la investigación, de las preferencias, inclinaciones, posiciones teóricas consolidadas, ideologías, intereses y prejuicios. A diferencia del yo artístico, exhortado a expresar la personalidad individual, el yo personal del científico era exhortado a reprimirse a causa de este criterio de científicidad.

Otra característica de esta concepción de la ciencia es que argumenta la experiencia sensible como fuente del saber y su posibilidad de verificación. De ahí proviene el término "empírico" en la predicación científica, que se refiere al origen sensorial para todos los conocimientos. Así, según los criterios de científicidad de este paradigma, solo la experiencia sensible, es decir, conocer a través de los sentidos, definía los fenómenos adecuados (entidades concretas, tangibles, mensurables, verificables) para la investigación científica (Mardones y Ursua, 2003; Martínez, 2006).

Para responder a ello se utilizan las definiciones operacionales que ayudan a hacer observable y medible todas aquellas realidades renuentes o reacias a ello (Bridgman, citado por Martínez, 2007).

En síntesis, desde la perspectiva positivista, la objetividad del conocimiento, el determinismo de los fenómenos y su posibilidad de verificación, eran vistos como la garantía de un procedimiento correcto. Se evaluaba la certeza de las conclusiones con base solo en el simple uso correcto de las reglas metodológicas preestablecidas (Minayo, 2002; Martínez, 2006; Chalmers, 2008).

Este modelo de ciencia, que se originó después del renacimiento, sirvió de base para el avance científico y tecnológico durante varios siglos, pero algunas inquietudes derivadas de la reflexión epistemológica consideran a ese modelo tradicional de ciencia no solo insuficiente, sino, sobre todo, inhibitorio de lo que podría ser un verdadero progreso, tanto particular como integrado, de las diferentes áreas del saber (Martínez, 2007). A raíz de esto surge el post-positivismo como base de una nueva forma de hacer ciencia (nuevo paradigma epistémico).

Dicho de otra manera, la reflexión acerca del proceso de crear conocimiento, de hacer ciencia (revoluciones científicas), examina críticamente hasta qué punto se justifican los presupuestos aceptados hasta ese momento, o si en su lugar no se pudieran

aceptar otros distintos, que nos llevarían por caminos metodológicos distintos y quizá terminarían en conclusiones también diferentes (Martínez, 2006). Sucede que se tiene que estudiar la relación entre las teorías suplantadas y las que las reemplazan como consecuencia de un cambio revolucionario (Chalmers, 2008).

Así, surge un nuevo modo de pensar, una nueva racionalidad científica, una nueva manera de mirar las cosas, una nueva ciencia. Esta ciencia presenta notables diferencias con el modo de pensar tradicional, clásico, convencional, lógico positivista, "la racionalidad científica tradicional" mencionada anteriormente (Martínez, 2007).

Descartes, en su obra *Discurso del método* (1637) cuestiona que si "La razón es por naturaleza igual a todos los hombres" entonces porqué "la diversidad de opiniones" su respuesta fue: por el método, ya que para él, esta diversidad no viene de que unos sean más razonables que otros, sino del hecho que conducen sus pensamientos por diversas vías y tampoco consideran las mismas cosas.

Lakatos (2007) refiere que, según su metodología, los grandes logros científicos son posturas de los programas de investigación que pueden ser evaluadas en términos de transformaciones progresivas y regresivas de un problema, las revoluciones científicas consisten en que una postura de un programa de investigación reemplaza (supera progresivamente) a otra. Esta metodología ofrece una nueva reconstrucción racional de la ciencia.

Martínez (2007) dice que el "Concepto restrictivo de científicidad coarta la legitimidad y el derecho a existir de una gran riqueza de la dotación más típicamente humana, como los procesos que se asientan en el uso de la libertad y de la creatividad". Esto es de mayor relevancia cuando estamos trabajando en las ciencias humanas y sociales, cuya naturaleza de su objeto de estudio posee características que vuelven necesaria una mirada diferente de ciencia y por lo tanto del método elegido.

Concepción del Objeto de estudio y elección de un paradigma de investigación.

Realizar una investigación partiendo desde un análisis epistemológico no es imponer una forma de concebir la ciencia desde una perspectiva filosófica

particular, que actúe como "camisa de fuerza", al contrario, esto nos ayuda a reflexionar, desde la concepción del objeto de estudio, cuál puede ser el mejor abordaje metodológico para esa realidad que se quiere estudiar (Gomes *et al.*, 2000; Maidana *et al.*, 2008).

Para analizar dicha correspondencia, retomamos las palabras de Martínez Miguélez, que expresan que al adoptar una determinada epistemología estamos implicándonos con una orientación metodológica, ya que existe una relación recíproca e interdependencia entre las dos, por lo que también manifiesta la relación en dirección inversa, al afirmar que al usar determinado método estamos, así mismo, asumiendo determinada orientación epistemológica.

Esto significa que de acuerdo con nuestra concepción de ciencia podemos decidir qué aspectos de la realidad queremos conocer con nuestra investigación; si partimos de una concepción de realidad independiente del sujeto, estática, acabada; o si queremos predecir, verificar, explicar o comprender. El resultado que tengamos de este análisis tiene implicaciones para la práctica investigativa, pues nos lleva a la elección de una determinada orientación metodológica y también a una definición del objeto de estudio (Gomes *et al.*, 2002).

Cuando se elabora un proyecto de investigación, se hace un mapeo sistemático de recortes, se toman decisiones: ¿Qué investigar?, ¿cómo?, ¿por qué? Se hace una reconstrucción de la realidad, entendida como la definición del objeto de conocimiento científico y las maneras de investigarlo, teniendo en consideración varias dimensiones: la ideológica, la científica y la técnica (Gomes *et al.*, 2002).

¿Cuándo podemos optar por realizar una investigación desde el paradigma cualitativo de acuerdo con la construcción del objeto de investigación?

El paradigma científico tradicional es puesto en tela de juicio cuando se está frente a una realidad compleja para ser estudiada con una visión que la fragmenta, argumentando mejor control de ésta. Existen ciencias como las de la naturaleza en las cuales esta forma de "tratar" la realidad es, más que suficiente, necesaria; pero existen otras como las ciencias humanas o sociales donde esta concepción restrictiva no solo es insuficiente, si no desvirtuadora y parcial, por lo tanto inadecuada.

En palabras de Martínez (2007): cuando se concibe la realidad tomando en cuenta que los códigos fundamentales de cada cultura son los que, por una historicidad profunda rigen su lenguaje, sus esquemas perceptivos, sus cambios, sus técnicas, sus valores y la jerarquía de sus prácticas. Cuando no interesa tanto lo que son las cosas en sí, sino lo que son para uno (significado). Cuando se brinda importancia al pensamiento que responde siempre al mundo-de-vida, integral, de una comunidad particular, en un momento y tiempo históricos determinados. Cuando se interesa por el modo propio y peculiar que tiene un grupo humano de asignar significados a las cosas y a los eventos, es decir, en su capacidad y forma de simbolizar la realidad. Cuando se centra la atención en el hombre como sujeto, y no solo como objeto de estudio, es decir, en el hombre como persona, con conciencia y libertad, irreductible a cualquier otra cosa. Es entonces cuando algunas nociones como éstas, sobre una concepción ampliada de la realidad escapan a la metodología cuantitativa y es ahí, cuando se vuelve necesario echar mano de la metodología cualitativa como una alternativa de investigación.

Para continuar enfocando la atención en la naturaleza de la realidad compleja, se retoma a Minayo (2002), quien realiza un análisis de cinco aspectos característicos del objeto de estudio de las ciencias sociales que lo vuelve un desafío para la investigación. Estos aspectos son:

*Su carácter histórico.* Existe un presente marcado por el pasado y proyectado para el futuro, eso le imprime otras cualidades: su provisoriedad, dinamismo y especificidad, en un momento en lo que está dado y lo que está siendo construido.

*Posee conciencia histórica.* Esta característica viene en consecuencia de la anterior y se refiere a que los seres humanos, los grupos y las sociedades le dan un significado a sus acciones, a sus construcciones, de tal forma que las estructuras sociales no son nada más que acciones objetivadas.

*Identidad entre sujeto y objeto.* Se investiga seres humanos que, por razones culturales, de clase, fase etárea o por cualquier otro motivo, tienen un sustrato común de identidad con el investigador, haciéndolos solidariamente involucrados y

comprometidos; cita a Lévi-Strauss (1975): en una ciencia donde el observador es de la misma naturaleza que el objeto observado, él mismo se convierte en parte de su observación. El observador no solo no está aislado del fenómeno que estudia, sino que forma parte de él. El fenómeno lo afecta, y él, a su vez, influye en el fenómeno.

*Ideológico.* Este objeto es extrínseca e intrínsecamente ideológico, de manera que es comprometido. Lo que se percibe y su significado dependerán de nuestra formación previa, de nuestras expectativas teóricas actuales, de nuestros valores, actitudes, creencias, necesidades, intereses, miedos, ideales. Transmite intereses y visiones del mundo históricamente construidas.

*Esencialmente cualitativo.* "La realidad social es el propio dinamismo de la vida individual y colectiva con todas las riquezas de significados que de ella desbordan. Esa misma realidad es más rica que cualquier teoría, cualquier pensamiento y cualquier discurso que podamos elaborar sobre ella" (p 15). Por lo tanto, los códigos que puedan hacerse sobre ellas son incapaces de abarcarlas y contenerlas, pues son recortados y reducidos por naturaleza fragmentaria. Las ciencias sociales poseen instrumentos y teorías capaces de hacer una aproximación a la suntuosidad que es la vida de los seres humanos en sociedades, para lo cual aborda el conjunto de expresiones humanas constantes en las estructuras, en los procesos, en los sujetos, en los significados y en las representaciones.

Ante esta forma de concebir la realidad, de construir los objetos de estudio, se vuelve necesario lo que Martínez (2007) defiende: un modelo dialéctico, respaldado por toda la orientación postpositivista actual, que considera el conocimiento como el resultado de una dialéctica entre el sujeto y el objeto o fenómeno de estudio. Nuevos métodos que lleven a la estructura última de los temas vitales desafiantes, que los capten como son vividos. La matriz epistémica sería el trasfondo existencial y vivencial, el mundo-de-vida y lo que origina y rige el modo general de conocer.

Forma relacional, sistémica, estructural, gestáltica, humanista. Valora las cosas, los eventos y las personas por lo que son en sí, pero hace énfasis en la red de relaciones en que nacen y se desarrollan;

la persona humana será siempre sujeto, por lo que se propicia con ello la solidaridad y la dimensión inmaterial y espiritual del hombre y de las realidades e instituciones creadas por él. Como metodología utiliza estrategias aptas para captar los aspectos relacionales, sistémicos y estructurales de las realidades (Minayo 2000; Martínez 2006).

En palabras de Martínez, para "medir" a otra persona habrá que abrir la mente, mirar y escuchar atentamente, dejarse absorber y sumergirse en su vida, y ser muy receptivos y pacientes; es decir, hacer una buena "reducción" en el sentido fenomenológico. El conocimiento, así obtenido, se considera como el fruto o resultado de una interacción, de una dialéctica, o diálogo, entre el conocedor y el objeto conocido. El concepto de intersubjetividad reemplaza al concepto de objetividad (Martínez, 2006; Mardones y Ursua, 2013).

En síntesis, el enfoque cualitativo rechaza la pretensión de cuantificar toda realidad humana consciente de la relevancia que tienen el contexto, la función y el significado de los actos humanos; no reduce la explicación del comportamiento humano a la visión positivista, que considera los hechos sociales como "cosas" que ejercen una influencia externa y causal sobre el hombre, sino que valora también, y sobre todo, la importancia de la realidad como es vivida y percibida por él, sus ideas, sentimientos, motivaciones (Minayo 2000, Martínez, 2006, 2007; Mardones y Ursua, 2013).

La investigación cualitativa se distingue por las siguientes características: es descriptiva, inductiva, fenomenológica, holista, ecológica, estructural-sistémica, humanista, de diseño flexible, y destaca más la validez que la replicabilidad de los resultados de investigación, no se opone a la investigación cuantitativa, sino que es adecuada para estudiar fenómenos concebidos de una manera diferente a los que son cuantitativamente estudiados (Martínez, 2007).

Las metodologías cualitativas, según Martínez (2006), tienen el reto de poseer estas dos cualidades indispensables: ser sensibles a la complejidad de la vida humana y al mismo tiempo aplicar procedimientos rigurosos, sistemáticos y críticos para producir conocimientos defendibles epistemológica y metodológicamente, para poseer una respetabilidad científica.

## Importancia de la reflexión filosófica en el proceso de investigación

Existen algunos autores que tratan sobre este tema, uno de los pioneros fue Mario Bunge en la década de los 70, sin embargo, un analista actual, Alberto Cupani, profesor de la Universidad Federal de Santa Catarina, ha aportado nuevos elementos hacia la relevancia de incluir en el proceso de investigación la reflexión filosófica, los cuales queremos resaltar aquí.

Aclara que la filosofía de la ciencia puede entenderse de dos maneras: como reflexión epistemológica o, en un sentido más amplio, como reflexión en el sentido existencial y político de la actividad científica. Aquí nos referiremos más a la primera, aunque él mismo aclara que no pueden verse como asuntos aislados, pues se pasa de las cuestiones epistemológicas a las ético-políticas y viceversa.

Desde la reflexión epistemológica, se refiere a indagar filosóficamente las condiciones de validez del saber científico, su correspondencia con la elección de la metodología y las técnicas investigativas a partir de la definición de la concepción de la realidad que lleva una consecuente construcción del objeto a investigar.

Un investigador sin la visión que le proporciona la reflexión filosófica puede convertirse en un seguidor acrítico de un determinado método, volverse "experto" en él y estudiar sólo fragmentos de la realidad concernientes a este único método de indagación, o lo que es peor, someter realidades complejas que no pueden ser estudiadas desde una perspectiva reduccionista a esa "camisa de fuerza", siendo deseable, según Martínez (2006), que el investigador elija el método, las técnicas y procedimientos que tengan un mayor nivel de adecuación y sintonía con el centro de su interés que desea investigar.

Cupani (2012) menciona que el investigador está amenazado por dos riesgos: la caída en la rutina y la alienación. La rutina en la que puede caer el investigador (en especial el aprendiz) repitiendo caminos, sin ver otras posibilidades o alternativas que podrían abrir otros horizontes para mejor conocimiento de la realidad estudiada.

El otro riesgo es su alienación con relación a los demás aspectos de la vida humana, considerando el valor de la ciencia y su completa autonomía con relación a otras actividades, creencias y objetos de interés humano. Por eso cabe preguntarse por qué existe la ciencia, qué tipo de ciencia practicamos, qué compromisos morales acarrea, y cómo se relaciona la ciencia con la red social de poder. Para disminuir esta tendencia, la reflexión filosófica puede promover en el científico la conciencia de las presuposiciones existenciales, sociales, culturales e históricas que dan sentido a su tarea, permitiéndole percibir si, y hasta donde, ser un buen científico es compatible con ser un buen ser humano (Cupani, 2012).

La realización de la práctica investigativa desde la filosofía de la ciencia puede contribuir a dejar de ser dogmáticos en cuanto a los criterios de científicidad restrictivos para estudiar áreas de la ciencia donde no podemos seguir prisioneros de una única manera de hacer investigación a través de reglas fijas y universales.

Chalmers (2008) menciona que la idea de que la ciencia puede y debe actuar de acuerdo con reglas fijas y universales es tan poco realista como pernicioso. Es poco realista porque conlleva una visión demasiado reduccionista de los talentos del hombre y de las circunstancias que fomentan y provocan su desarrollo. Y es pernicioso porque el intento de aplicar las leyes está unido a incrementar nuestra cualificación profesional a expensas de nuestra humanidad. Además menciona que es perjudicial a la ciencia porque deja de lado las complejas condiciones físicas e históricas contribuyentes en el cambio científico, haciendo que la ciencia sea menos adaptable y más dogmática.

Lakatos menciona que la metodología de los programas de investigación proporciona criterios que ayudan al científico a evaluar la situación histórica en la que toma sus decisiones; no contiene reglas que le digan lo que debe hacer. Los científicos pues, de acuerdo con él, no deberían estar obligados por las reglas del metodólogo.

Para Cupani (2012), combinar el estudio de la filosofía de la ciencia con la metodología científica tendrá múltiples beneficios, como distinguir cuestiones semánticas, epistemológicas y ontológicas, evitar profesar un determinismo ingenuo, controlar mejor

los propios supuestos técnicos, habituar al análisis del lenguaje, lucidez sobre las estrategias de búsqueda de conocimiento y comprender que el progreso científico es más complejo que un simple avance lineal. En suma, perfecciona el espíritu crítico, lo que se refleja en mayor valorización de los problemas que de los resultados de la ciencia, y con esto favorece que el investigador se vuelva al fin más humanista, en el sentido de buscar a través de su actividad investigativa el bienestar de todos los seres humanos.

## Consideraciones finales

La mirada hacia la investigación desde una postura de la filosofía de la ciencia no puede considerarse una pérdida de tiempo, sería un ejercicio necesario para elegir el recorrido metodológico adecuado a nuestra visión del mundo y por supuesto de la ciencia.

Más allá del dilema de los métodos, el investigador puede clarificar su concepción de la realidad y definir su objetivo, realizar una construcción de su objeto de investigación y con todo ello definir el camino metodológico derivado de su postura filosófica.

Optar por la elección de metodologías cualitativas implica tener esta mirada; la decisión se fundamenta en la reflexión filosófica que nos brinda congruencia en todo el proceso, desde el proyecto hasta sus resultados y nos fortalece para no ser seguidores acríticos de métodos y caminos recorridos previamente y que a veces optamos por ser los conocidos.

Desde la perspectiva de la educación, los que tenemos la oportunidad de participar en la formación de futuros investigadores tenemos también el compromiso de fomentar la reflexión para promover una práctica científica sin reducir la complejidad del mundo real, en especial en el área de las ciencias humanas.

## Literatura Citada

- CHALMERS, A. 2008. ¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos. 26ª. ed. Ed. Siglo XXI.
- CUPANI, A. 2011. Acerca de la vigencia del ideal de objetividad científica. *Sci. stud.* 9(3). Disponible en <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662011000300004>

- CUPANI, A. 2012. Ciencia socialmente robusta. Algunas reflexiones epistemológicas. *Principia* 16(2):319-340. Disponible en: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/principia/article/view/1808-1711.2012v16n2p319/24098>
- CUPANI, A. s/f. Práctica científica y reflexión filosófica. Contextos de Educación. Contextos V. Disponible en: <https://www.unrc.edu.ar/publicar/cde/05/Cupani.htm>
- DESCARTES, R. 1637. Discurso del Método. Serie Nuevo Talento, Ed. Época, México, D.F.
- GOMES, C., D. Riva, y M. Agra. 2000. La construcción del objeto de investigación. En: Investigación cualitativa en salud. Una introducción al tema. Tomo Editorial. p 45-52.
- LAKATOS, I. 2007. Escritos Filosóficos 1. La metodología de los programas de investigación científica. 6ª ed. Ed. Alianza. Madrid, España.
- MAIDANA, S., R. Mazza y L. Do Prado. 2008. Los fundamentos filosóficos de la investigación cualitativa. Cap 4. Pp. 47-54 en Do Prado, De Souza y Carraro. Investigación cualitativa en Enfermería. Contexto y bases conceptuales. Serie PALTEX Salud y Sociedad No. 9 OPS.
- MARDONES, J. M. y N. Ursua. 2003. Filosofía de las ciencias humanas y sociales. Ediciones Coyoacán.
- MARTÍNEZ, M. 2006. Cambios en los fundamentos de la ciencia. Capítulo 2 en La nueva ciencia. Su desafío, lógica y método. Ed Trillas. pp. 21-30.
- MARTÍNEZ, M. 2006. Ciencia y Arte en la Metodología Cualitativa. Métodos hermenéuticos. Métodos fenomenológicos. Métodos etnográficos. 2ª. ed. Ed. Trillas.
- MARTÍNEZ, M. 2007. El paradigma científico postpositivista. Capítulo 1 de La investigación cualitativa etnográfica en educación. Manual teórico-práctico. Ed trillas. 5ª ed. México pp 13-27.
- MINAYO, M. 2002. Ciencia, técnica e arte: o desafio da pesquisa social en Minayo, M. Deslandes, S., Neto, O. y Gomes, R. Pesquisa Social. Teoría, método e criatividade. Editora Vozes 20ª. ed.
- MINAYO, M. C. 2000. Introdução á metodologia de pesquisa social. Primeira parte, conceitos básicos em: O desafio do conhecimento. Pesquisa qualitativa em saúde 7ª. ed. Ed Hucitec abrasco. 

Este artículo es citado así:

Berumen-Burciaga, L. V. y Rocha, P. Kuerten. 2016. La investigación cualitativa desde la perspectiva epistemológica. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 10(3):118-124.

## Resumen curricular del autor y coautores.

**LUZ VERÓNICA BERUMEN BURCIAGA.** Terminó su licenciatura en 1993, año en el que le fue otorgado el título de Licenciada en Enfermería por la Facultad de Enfermería y Nutriología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en la Universidad Autónoma de Nuevo León, donde obtuvo el grado de Maestra en Enfermería con especialidad en Materno-Infantil: pediátrica en 1996. Realizó el doctorado en Brasil obteniendo el grado de Doctora en Enfermería con área de concentración en salud pública en 2004 por la Escuela de Enfermería de Ribeirão Preto (EERP) de la Universidad de São Paulo (USP). Desde 1997 labora en la Facultad de Enfermería y Nutriología de la UACH y posee la categoría de Académico Titular C. Su área de profundización es Cuidado de Enfermería, en especial en primer nivel y dirigido a familia, niños y adolescentes y prevención de adicciones. Ha participado como tutora académica con estudiantes de posgrado de la UANL, la Universidad de Alburquerque y la Universidad de Antioquia en Colombia. Es miembro de la Sociedad Honorífica de Enfermería Sigma Theta Tau Internacional, Capítulo Rho Upsilon de São Paulo, Brasil. Ha sido invitada como ponente en eventos científicos locales y en estados como Oaxaca, Sinaloa, Sonora, Nuevo León, Nayarit y Coahuila.

**PATRICIA KUERTEN ROCHA.** Profesora Adjunta del Departamento de Enfermería y del Programa de Pos-graduación en Enfermería de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC), graduada en Enfermería por la UFSC (2000), Doctora por la UFSC (2008), Maestría en Enfermería por la UFSC (2005), Especialización en la Modalidad Residencia en Terapia Intensiva Pediátrica, en la Universidad Federal de São Paulo (UNIFESP), Especialización en Emergencia en la UNIFESP. Vice Líder del Grupo de Enseñanza, Investigación y Extensión en la Salud del niño y el Adolescente - (GEPESCA por sus siglas en portugués). Experiencia en el área de Enfermería, actuando principalmente en los siguientes temas: enfermería, pre-hospitalaria, emergencia pediátrica, terapia intensiva pediátrica, seguridad del paciente, cuidado y pediatría. Miembro de la Sociedad Brasileira de Enfermeros Pediatras y Neonatales (SOBEP). Currículo Lates: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4769598Z2>.

# Teoría General de Sistemas, un enfoque práctico

## General Systems Theory, a practical approach

VÍCTOR ALONSO DOMÍNGUEZ-RÍOS<sup>1,2</sup> Y MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ-SANTILLÁN<sup>1</sup>

*Recibido: Agosto 1, 2016*

*Aceptado: Enero 22, 2017*

### Resumen

Se presenta un análisis de los principales conceptos de la teoría general de sistemas a través de una comparación de las definiciones de varios autores, para revisar cómo está conformada cada una de ellas, así como determinar los elementos en común y, con base en ellos, elaborar una definición más completa e integral. Se presentan diversas clasificaciones de los sistemas, sus componentes y características. Se resalta la importancia del proceso de retroalimentación y el mecanismo de control, mostrando de manera clara la utilidad interdisciplinaria de la teoría, poniendo énfasis en la aplicación de la teoría en las Ciencias Sociales.

**Palabras clave:** sistema, teoría general de sistemas, enfoque sistémico.

### Abstract

An analysis of the main concepts of general systems theory is presented through a comparison of the definitions of several authors, to review how each is conformed and determine the common elements and, based on them, to elaborate a more complete and global definition. Different classifications of systems, their components and features are presented. The importance of the feedback process and the mechanism of control are highlighted, showing the usefulness of the interdisciplinary theory; putting emphasis on the application it has in the Social Sciences.

**Keywords:** system, general systems theory, system approach.

## Introducción

La teoría general de los sistemas ha ido ganando terreno conforme la sociedad se va desarrollando. Existen una gran cantidad de investigadores que han contribuido para armar una bibliografía amplia al respecto, autores como Ludwig Von Bertalanffy, considerado el padre de la teoría, y Oscar Johansen Bertoglio constituyen el punto de partida del presente estudio.

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Ciudad Universitaria s/n, Campus Universitario I. Chihuahua, Chih., México. C.P. 31200. Tel. 52 (614) 439-1817.

<sup>2</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: vdomingu@uach.mx.

En primera instancia, Bertalanffy publica en el año de 1968 su libro *General System Theory*, que se consolida como la primer publicación en esta área, si bien hubo trabajos previos al respecto, fue en su literatura en la que se le da el nombre que hasta la fecha sigue siendo ampliamente utilizado; ofreciendo al estudioso de la ciencia de los sistemas, una visión ampliada, y al lector general un panorama de este adelanto (Von Bertalanffy, 1986).

Por su parte, Bertoglio, aún y cuando la teoría general de sistemas es un enfoque interdisciplinario, y por tanto, aplicable a cualquier sistema tanto natural como artificial, orienta más su literatura hacia ciertos sistemas particulares: las organizaciones humanas, y entre éstas, la empresa (Bertoglio, 1993); tomando, por supuesto, a Von Bertalanffy como su sustento principal.

A partir de la literatura de Von Bertalanffy, el resto de los investigadores de la materia han realizado trabajos que complementan la publicación primogénita, logrando en algunos casos clarificar muchos conceptos, en otros complementarlos, y otros tantos realizar una reingeniería basada en aplicaciones actuales y considerando los avances tecnológicos, los cuales han tenido un gran impacto al respecto, motivo por el cual es pertinente incluir autores, contrastando sus definiciones para determinar aspectos en común y construir una literatura más nutrida.

Considerando los avances de la sociedad en cualquier aspecto, se hace necesario mejorar las técnicas de estudio existentes de la teoría y a la generación de otras nuevas. Así, el fenómeno de crecimiento natural de los sistemas, conduce a que estos sean más complejos o que estén definidos o afectados por una gran variedad de factores nuevos; de ahí que sea vital contribuir para la creación de una teoría más robusta que sea congruente a través del paso del tiempo.

Aún y cuando la teoría general de sistemas existe como tal desde los años 60's, cuando Ludwig Von Bertalanffy plasma en su literatura los fundamentos, desarrollo y aplicaciones de la teoría, su uso se remonta a mucho tiempo

atrás. Inclusive, al analizar el desarrollo y evolución de las antiguas civilizaciones prehistóricas, es posible detectar todos los conceptos englobados en la teoría en el éxito de todas ellas, a decir verdad, en las dinámicas sociales que practicaban estas comunidades, en donde dominaba el más fuerte y cuyas actividades económicas eran la agricultura y ganadería, para poco después incursionar en el comercio, es posible palpar claramente la teoría general de sistemas en los logros y avances que cada congregación alcanzaba.

En la teoría de Bertalanffy (1986) se resalta de una manera importante el concepto de sistema, el cual ha invadido todos los campos de la ciencia y penetrado en el pensamiento y el habla populares y en los medios de comunicación de masas (Von Bertalanffy, 1986). Ha sido tanto su auge que todos los avances tecnológicos, ya sea de manera directa o indirecta, han sido diseñados basados en este concepto, el cual ha venido a revolucionar y estandarizar los adelantos, normalizando la adaptabilidad de los mismos asegurando la compatibilidad y la trascendencia en un mundo donde esta área avanza a pasos agigantados, por lo que al operar en un mismo enfoque, posibilita la perdurabilidad de estos avances y que a su vez permiten construir una plataforma sólida que funcione como punto de partida o de referencia para nuevos proyectos.

Han sido varios los autores los que han escrito al respecto, muchos de ellos con diversos enfoques encaminados a la aplicación exacta en cada una de sus ramas, pero incluyendo elementos en común que conllevan a analizar sus conceptos desde su perspectiva general y compararlos entre sí, logrando determinar una serie de elementos en común aplicables a cualquier área. Es pertinente partir de los conceptos de Bertalanffy (1986) quien es considerado el padre de la teoría general de sistemas. Ahora bien, es necesario mostrar algunos conceptos de *sistema* que sirvan de base para la teoría, llevando a cabo un análisis que permita establecer una definición general que considere las aportaciones de todos los autores analizados:

**Cuadro 1.** Conceptos de Sistema

Autor y Año	Definición o concepto	Elementos que conforman la definición	Elementos en común
Ludwig Von Bertalanffy (1986).	Un sistema es un complejo de elementos interactuantes (Von Bertalanffy, 1986).	- Complejo - Elementos - Interacción	- Elementos - Interacción
Carlos Ramírez Cardona (1989).	Un sistema es un conjunto de elementos constituidos, es decir, unas partes u órganos que juegan un papel determinado. Si falta una de las partes el sistema no puede funcionar (Ramírez Cardona, 1989).	- Elementos - Constituidos - Papel determinado	- Elementos
Oscar Johansen Bertoglio (1993).	Un sistema es un grupo de partes y objetos que interactúan y que forman un todo que se encuentra bajo la influencia de fuerzas en alguna relación definida (Bertoglio, 1993).	- Partes - Interacción - Relación	- Partes - Relación
Marcelo Arnold y Francisco Osorio (1998).	Un sistema es un conjunto de elementos que guardan estrechas relaciones entre sí, que mantienen al sistema directo o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo (Arnold y Osorio, 1998).	- Elementos - Relación - Unión - Estabilidad - Objetivo	- Elementos - Relación - Objeto
John P. Van Gigch (2008).	Un sistema es una reunión o conjunto de elementos relacionados (Van Gigch, 2008).	- Elementos - Relación	- Elementos - Relación
Ana María de Guadalupe Arras Vota (2010).	Un sistema es un todo organizado, integrado por dos o más partes denominadas subsistemas que guardan una relación de interdependencia e interacción entre sí, se distinguen de su ambiente por medio de una frontera identificable y están inmersos en diversos contextos con los que interactúa (Arras Vota, 2010).	- Todo organizado - Partes o subsistemas - Relación - Ambiente - Frontera	- Partes - Interacción
Ian Sommerville (2011)	Un sistema es una colección intencionada de componentes interrelacionados, de diferentes tipos, que trabajan en conjunto para lograr algún objetivo (Sommerville, 2011).	- Colección - Interrelación - Objeto	- Interrelación - Objeto

El Cuadro 1 muestra la definición de *sistema* de 7 autores distintos, mostrando al mismo tiempo las características que cada uno aporta y los elementos en común que guardan sus definiciones, a partir de los cuales podemos construir un concepto general:

Un sistema es un conjunto de elementos (Von Bertalanffy, 1986) que suman esfuerzos colaborando de manera coordinada y con una constante interacción (Bertoglio, 1993) para alcanzar objetivos en común (Sommerville, 2011), es claramente identificable por una frontera que lo delimita y se encuentra operando en un ambiente o entorno con el cual puede guardar una estrecha relación (Arras Vota, 2010); cada

uno de estos elementos puede a su vez, ser un sistema de menor complejidad o tamaño llamado subsistema, y por el contrario cada uno de esos sistemas pueden ser un elemento de un sistema más grande o supersistema.

**Figura 1.** Concepto de sistema.



Cada sistema, al trabajar de manera ordenada y coordinada, origina que durante el trabajo se genere sinergia, lo que significa el resultado del trabajo en equipo donde los elementos interactúan entre sí con la finalidad de alcanzar algún objetivo, es mayor que si analizamos el resultado de cada uno de los integrantes por separado, es decir, cuando  $2 + 2$  no son cuatro sino 5 u otra cifra (Bertoglio, 1993).

Según Arnold y Osorio (1998), la teoría general de sistemas tiene tres objetivos principales:

- Impulsar el desarrollo de una terminología general que permita describir las características, funciones y comportamientos sistémicos.
- Desarrollar un conjunto de leyes aplicables a todos estos comportamientos.
- Promover una formalización (matemática) de estas leyes (Arnold & Osorio, 1998).

Estos objetivos pueden ser complementados con las metas que Ludwig Von Bertalanffy establece en su literatura, señalando que hay una tendencia general hacia la integración en las ciencias naturales y sociales; tal integración parece girar en torno a una teoría general de los sistemas, la cual pudiera ser un recurso importante para buscar una teoría exacta en los campos no físicos de la ciencia al elaborar

principios unificadores que corren verticalmente por el universo de las ciencias, esta teoría nos acerca a la meta de la unidad de la ciencia que puede conducir a una integración que hace mucha falta en la institución científica (Von Bertalanffy, 1986).

Para facilitar el estudio de los sistemas, han surgido varias clasificaciones de los mismos, las cuales permiten identificarlos y delimitarlos con una serie de características que a su vez reducen su complejidad, todo a razón que se conoce de manera más precisa el tipo de problema que se pretende atender. Algunas de las clasificaciones más comunes son:

En relación con su capacidad para comunicarse e interactuar con el medio ambiente:

- Sistema abierto: son aquellos que se encuentran en relación con el medio circundante; a medida que los sistemas van siendo más complejos, las conductas de esos sistemas tienden a tomar en cuenta su medio, su entorno, es decir, su totalidad (Bertoglio, 1993). Generalmente este tipo de sistemas son los que tienen un periodo de vida más largo ya que se encuentran en una constante retroalimentación de los resultados que están obteniendo por lo que pueden mejorarse y actualizarse o incluso sufrir una reingeniería, si así se requiere.

- Sistema cerrado: son aquellos que se encuentran aislados por completo de su ambiente externo. No tienen mecanismos de recolección de información del exterior, por lo que tienden a desaparecer al no contar con una retroalimentación que les dé información sobre el resultado de sus acciones pasadas (Arras, 2010).

En relación con su dinamismo:

- Estáticos: son aquellos sistemas que no reaccionan ni se modifican con el influjo de su medio ambiente (Ramírez Cardona, 1989).

- Dinámicos: son aquellos que evolucionan constantemente debido a factores internos y externos (Ramírez Cardona, 1989).

- Homeostáticos: son los sistemas que contienen en sí mismos y hasta cierto punto una capacidad de autorregulación (Ramírez Cardona, 1989).

Según su estructura:

- Sistemas rígidos: son típicamente los encontrados en las ciencias físicas y a los cuales se puede aplicar satisfactoriamente las técnicas tradicionales del método científico y del paradigma de la ciencia, admitirán procesos de razonamiento formales, esto es, lógico matemáticos. Los datos comprobados generalmente son replicables a las explicaciones pueden basarse en relaciones causadas probadas, las pruebas son exactas y las predicciones pueden averiguarse con un grado relativamente elevado de seguridad (Van Gigch, 2008).

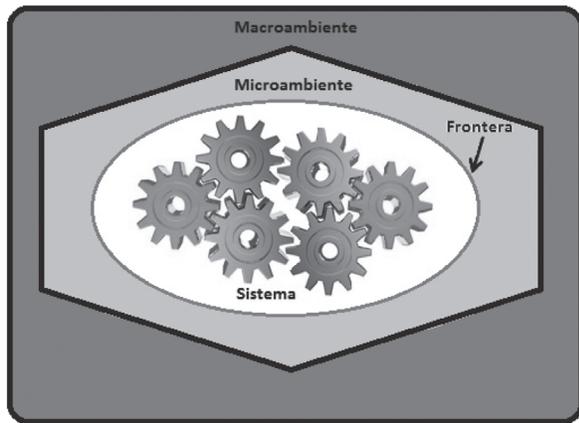
- Sistemas flexibles: están dotados con características conductuales, son vivientes y sufren un cambio cuando se enfrentan a su medio (Van Gigch, 2008).

Un aspecto interesante, que si bien no se considera una clasificación de sistema pero permite delimitarlo aún más, es el ambiente, el cual se refiere al área de sucesos y condiciones que influyen sobre el comportamiento de un sistema, o bien el entorno en el cual se encuentra. En lo que a complejidad se refiere, nunca un sistema puede igualarse con el ambiente y seguir conservando su identidad como sistema. La única posibilidad de relación entre un sistema y su ambiente implica que el primero debe absorber selectivamente aspectos de éste (Arnold & Osorio, 1998); es posible detectar dos tipos de ambiente:

- Macroambiente: está integrado por todos los factores generales que influyen en todas las organizaciones (sistemas en este caso) de una sociedad determinada (Arras, 2010). A medida que avanzamos en los niveles, es decir, vamos de subsistemas a sistemas más grandes, el macroambiente va contemplando nuevas situaciones.

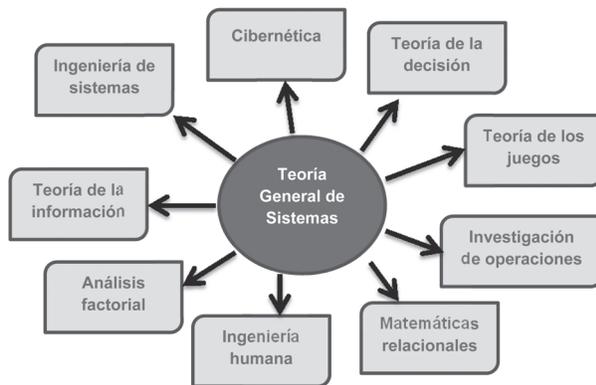
- Microambiente: son las fuerzas más específicas que son más importantes en el proceso de transformación y toma de decisiones de una organización (sistema) individual (Kast y Rosenzweig, 1987). A medida que avanzamos de un supersistema a niveles inferiores, un microambiente puede convertirse en un macroambiente para esos sistemas más pequeños.

**Figura 2.** Ubicación de un sistema.



De pronto pareciera como si los conceptos plasmados en la teoría general de sistemas tuvieran aplicación solamente en las ciencias duras y en la tecnología, sin embargo, independientemente de la clasificación del sistema y del medio ambiente en el que se encuentre, la teoría buscar englobar una serie de ideas que puedan ser utilizadas para atender o analizar necesidades de diversos tipos, tal como lo muestra la siguiente figura:

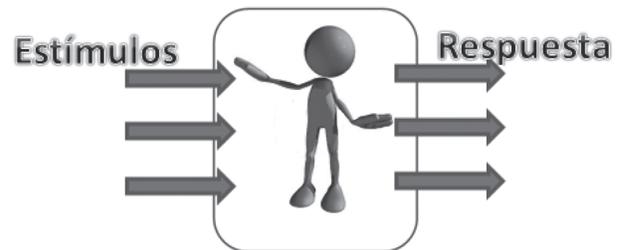
**Figura 3.** Necesidades que atiende la teoría general de sistemas.



Podemos muy bien buscar principios aplicables a sistemas en general, sin importar que sean de naturaleza física, biológica o sociológica. Si planteamos esto y definimos bien el sistema, hallaremos que existen modelos, principios y leyes que se aplican a sistemas generalizados, sin importar su género, elementos y fuerzas participantes (Von Bertalanffy, 1986).

En las ciencias sociales, un sistema puede representar desde una organización compleja hasta un ser humano. De acuerdo con Murray, el hombre es una computadora o sistema; su destino está completamente determinado por genes, instintos, accidentes, condicionamientos y reforzamientos tempranos, fuerzas culturales y sociales (Murray, 1962).

**Figura 4.** El ser humano como sistema.



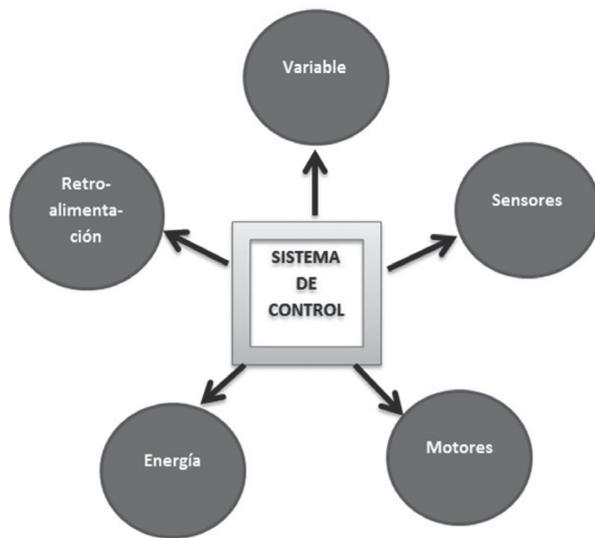
Una parte fundamental en un sistema, es la retroalimentación, la cual se puede definir con el proceso en el cual la información de salida o respuestas se convierten nuevamente en entradas o estímulos, ocasionando con ello alcanzar un grado de estabilidad requerido para seguir operando; el cual se mantiene gracias a que se cuentan con los recursos necesarios para actuar en caso de alguna contingencia a través de mecanismos que son posibles dada la experiencia y madurez con que se cuenta, que a su vez se genera en relación al conocimiento que tiene el sistema de lo que sucede en su interior.

Es necesario asegurar la perdurabilidad del sistema en el medio ambiente, para ello, un correcto mecanismo de control es imprescindible, cuya función principal es detectar cualquier desviación que éste tenga en relación al o a los objetivos que se desean alcanzar, y es a través de la retroalimentación como se advierte de esta desviación para que, a raíz de este análisis, se tomen las medidas necesarias para encauzar el funcionamiento hacia la meta deseada, esto es, el sistema debe ser controlado, de manera que sus actividades se regulen en la dirección adecuada. Los sistemas cerrados tienden hacia el equilibrio, donde la

entropía se maximiza y se iguala a la unidad. En sistemas abiertos, se puede contrarrestar esta tendencia, al proporcionar al sistema negantropía o información e impulsándolo hacia estados de organización y complejidad (Van Gigch, 2008).

Para Bertoglio, un sistema de control consta de varias partes:

Figura 5. Sistema de control.



- Variable: es el elemento que se desea controlar.

- Sensores: detectan cualquier variación o cambios en las variables.

- Motores: son los encargados de poner en marcha las correcciones o medidas preventivas.

- Energía: encargada de activar los motores.

- Retroalimentación: a través de la cual se comunica el estado de las variables a los sensores.

Ahora bien, se han expuesto una serie de conceptos de la teoría general de sistemas, es tiempo de definir qué aspectos se deben de considerar para abordar una problemática bajo este esquema; según Bertoglio, es recomendable que se realice la definición basada en los siguientes pasos:

- Los objetivos del sistema total: aun cuando el sistema pueda estar compuesto por subsistemas más pequeños que tengan objetivos particulares, es recomendable que se analice el objetivo general.

- El medio del sistema: tal como se ha expresado con anterioridad, un sistema está definido por una frontera; el medio, es por tanto, todo aquello que se encuentra fuera de esa frontera y determina en gran medida la conducta del sistema.

- Los recursos del sistema: son propiamente los elementos que lo integran y que se encuentran en constante interacción para lograr un fin.

- Los componentes del sistema: son las acciones específicas que desarrollan los elementos que integran el sistema.

- La dirección del sistema: determina los planes del sistema, es ahí donde se toman las decisiones basadas en la retroalimentación. Es en esta parte donde se fijan los objetivos de los componentes, se distribuyen los recursos, y se controla la actuación y comportamiento del sistema.

Por su parte, Arras (2010) identifica estos mismos componentes bajo otros nombres, más nemotécnicos en las ciencias administrativas:

- Conjunto de individuos: colección de personas heterogéneas que trabajan de manera coordinada y estructurada en una actividad común.

- Objetivos en común: razón principal que une a los individuos.

- Acciones orientadas hacia el logro de los objetivos: conjunto de actividades que desempeñan los individuos para contribuir al logro de los objetivos.

- Estructura: establece la división de las tareas de los individuos, esto es, quien va a hacer que cosa.

- Ubicación en un espacio determinado: limitada por la frontera del sistema que determina el lugar en el que éste se encuentra.

Comparando los componentes mencionados por Arras (2010) y Bertoglio (1993) podemos obtener el Cuadro 2:

**Cuadro 2.** Comparación de los elementos de un sistema.

Oscar Johansen Bertoglio	Ana María Arras Vota
Objetivos	Objetivos en común
Medio	Ubicación en un espacio determinado
Recurso	Conjunto de individuos
Componentes	Acciones orientadas a los objetivos
Dirección	Estructura

Hasta este punto se han expuesto una serie de conceptos, características, clasificaciones, metodologías, entre otros aspectos, de la teoría general de sistemas, sin embargo, poco se ha hablado de la importancia del enfoque de sistemas, la cual reside en la capacidad de aplicar técnicas que permiten tener una visión clara de cada uno de sus elementos para así comprender su funcionamiento general, esto es, con un método inductivo, a través del cual es posible corregir debilidades y mantener fortalezas.

La teoría general de sistemas no produce soluciones para problemas, pero si produce teorías y formulaciones conceptuales que se combinan con el enfoque sistémico que utiliza la metodología y las distintas ramas filosóficas para estudiar diversas situaciones detectando problemas y encauzando a la mejor manera de solucionarlos (Triviño, 2016).

El pensamiento sistémico es un método imprescindible para fortalecer el desarrollo de las organizaciones, particularmente por lo que respecta al diseño y evaluación de las intervenciones, donde el clima organizacional constituye uno de los elementos a considerar en los procesos organizativos, de gestión, cambio e innovación. Por su repercusión inmediata adquiere relevancia, tanto en los procesos, como en los resultados, y ello incide directamente en la calidad del propio sistema y su desarrollo (Segredo Perez, 2013).

El éxito del enfoque sistémico reside en las características que este tiene; Mariza Soto identifica siete, las cuales muestran de manera clara y contundente su gran potencialidad y versatilidad:

- Interdisciplinario: puede utilizarse en cualquier área, sin importar si son ciencias duras o blandas.

- Cuantitativo y cualitativo a la vez: es adaptable ya que puede expresar los resultados en términos cuantitativos, cualitativos o ambos.

- Organizado: puede ser aplicado a sistemas muy complejos con grandes cantidades de recursos en una forma ordenada.

- Creativo: se concentra en primer lugar en las metas propuestas y después en los métodos o la manera en que se lograrán las mismas.

- Teórico: se basa en las estructuras teóricas de la ciencia, a partir de las cuales se construyen soluciones prácticas a los problemas: esta estructura viene complementada por los datos de dicho problema.

- Empírico: se basa en el autoaprendizaje a través de la retroalimentación y la búsqueda de datos experimentales.

- Pragmático: genera un resultado orientado hacia la acción (Soto, 2016).

## Conclusiones

En conclusión, la teoría general de sistemas representa una herramienta con una utilidad y aplicación a gran escala, cuenta con la capacidad de utilizar la técnica de divide y vencerás de una manera estructurada, con una versatilidad tal que genera, en quien la utiliza, seguridad plena de que mientras esté llevando un enfoque sistémico de manera correcta, tendrá la capacidad de detectar cualquier tipo de desviación de manera oportuna para hacer las correcciones pertinentes a través de una visión integral y global de su objeto de estudio.

Otra de sus grandes ventajas, es la aplicación interdisciplinaria, ya que puede ser empleada en cualquier área; los diversos autores la han dirigido según sus necesidades; en el caso de Oscar Johansen Bertoglio, se ha inclinado más hacia las organizaciones humanas, y entre éstas, las empresas, por lo que su literatura resulta muy útil para quien estudie esta rama, por su parte, Ludwig Von Bertalanffy presenta un enfoque más genérico, con definiciones matemáticas que puede ser traslado a cualquier situación.

## Literatura Citada

- ARNOLD, M., & Osorio, F. 1998. Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. *Cinta de Moebio*.
- ARRAS VOTA, A. 2010. *Comunicación organizacional* (Tercera ed.). Chihuahua, Chihuahua, México: UACH.
- BERTOGLIO, O. J. 1993. *Introducción a la Teoría General de Sistemas*. México, D.F.: Limusa.
- KAST, F., & Rosenzweig, J. 1987. *Administración en las Organizaciones*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- KREPS, G. 1995. *La Comunicación en las Organizaciones*. Estados Unidos: Addison Wesley.
- MURRAY, H. 1962. The personality and career of Satan. *Journal of Social Issues*, 36-54.
- RAMÍREZ CARDONA, C. 1989. *Biblioteca Digital Minerva*. Recuperado el 25 de Julio de 2016, de Universidad EAN: <http://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/3643/RamirezCarlos5.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- SEGREDO PEREZ, A. M. 2013. Clima organizacional en la gestión del cambio para el desarrollo de la organización. *Revista Cubana de Salud Pública*, 385 - 393.
- SOMMERVILLE, I. 2011. *Ingeniería de Software* (Novena edición ed.). México, D.F.: Pearson.
- SOTO, M. 2016. *Características del Enfoque de Sistemas*. Recuperado el 1 de Agosto de 2016, de Características del Enfoque de Sistemas: <https://es.scribd.com/doc/50665962/Características-del-Enfoque-de-Sistemas>
- TRIVIÑO, E. 2016. *El enfoque de sistemas y su importancia*. Recuperado el 31 de Julio de 2016, de El enfoque de sistemas y su importancia: <https://es.scribd.com/doc/52457486/El-enfoque-de-sistemas-y-su-importancia>
- VAN GIGCH, J. P. 2008. *Teoría General de Sistemas*. México, D.F.: Trillas. 

Este artículo es citado así:

Domínguez-Ríos, V. A. y M. A. López-Santillán. 2016. Teoría General de Sistemas, un enfoque práctico. *TECNOCENCIA Chihuahua* 10(3):125-132.

## Resumen curricular del autor y coautores

**VÍCTOR ALONSO DOMÍNGUEZ RÍOS.** Terminó su licenciatura en 2005, en el año 2006 le fue otorgado el título, con mención honorífica, de Ingeniero en Sistemas Computacionales en Software por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) logrando el mejor promedio de su generación. En esta misma institución realizó su posgrado, obteniendo el grado, de nueva cuenta con mención honorífica, de Maestro en Ingeniería en Sistemas Computacionales en 2010, logrando nuevamente el mejor promedio de su generación. Actualmente es Candidato al grado de Doctor en Administración por la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Desde 2006 labora en la Universidad Autónoma de Chihuahua, en donde a partir de octubre de 2016 ocupa el puesto de Jefe del Departamento de Sistemas de Información. Es catedrático en la Facultad de Ingeniería donde posee la categoría de Académico Asociado C, impartiendo también cátedra en el posgrado de la Facultad de Contaduría y Administración. Su área de especialización es la Ingeniería de Software, participando en el desarrollo de sistemas informáticos para la administración financiera y académica de la Universidad. Ha participado como asesor pedagógico, organizador de foros, y participado en diversos talleres, diplomados y cursos de docencia y actualización pedagógica.

**MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ SANTILLÁN.** Terminó su licenciatura en el año 2002, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero en Sistemas Computacionales en Software, al mismo tiempo, recibió un reconocimiento de la Universidad Autónoma de Chihuahua por haber logrado el mejor promedio de la generación 1998-2002, y un reconocimiento a la excelencia académica por la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería ANFEI en el año 2002. Realizó sus estudios de posgrado en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, donde obtuvo el grado de Maestro en Innovación para el Desarrollo Empresarial en el año 2012, al mismo tiempo que recibió una Mención Honorífica de Excelencia. Desde el año 2003 a la fecha ha desempeñado diferentes puestos en el ejercicio de su profesión, lo que le ha dado una amplia experiencia laboral en los sectores gubernamental y privado desempeñándose profesionalmente en el área de sistemas y tecnologías de la información. Reúne una experiencia de 7 años como docente de licenciatura y de 3 años como docente de posgrado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Institución donde ha asumido diversos cargos como, Coordinador General de Tecnologías de Información, Coordinador General de Educación Continua Abierta y a Distancia, Representante institucional ante el Espacio Común de Educación Superior a Distancia ECOESAD, Representante institucional ante el Sistema Nacional de Educación a Distancia SINED. Ha participado como asesor pedagógico, panelista en congresos internacionales, organizador de foros, y participado en diversos talleres, diplomados y cursos de docencia y actualización pedagógica.

# Seguridad alimentaria: la continua lucha contra las enfermedades de los cultivos

## Food security: The continuous fight against crop diseases

GRACIELA ÁVILA-QUEZADA<sup>1,9</sup>, HILDA V. SILVA-ROJAS<sup>2</sup>, ESTEBAN SÁNCHEZ-CHÁVEZ<sup>3</sup>, GERARDO LEYVA-MIR<sup>4</sup>, LUCIANO MARTÍNEZ-BOLAÑOS<sup>4</sup>, VÍCTOR MANUEL GUERRERO-PRIETO<sup>5</sup>, CLEMENTE GARCÍA-ÁVILA<sup>6</sup>, ALFONSO GARDEA-BÉJAR<sup>7</sup> Y LAILA N. MUÑOZ-CASTELLANOS<sup>8</sup>

*Recibido: Octubre 9, 2016*

*Aceptado: Diciembre 12, 2016*

### Resumen

El instinto del ser humano es la búsqueda de alimentos y la conservación de los mismos a través del almacenamiento de frutos, granos y semillas para garantizar su alimentación en periodos de escasez. En este documento se abordan temas relacionados con los riesgos que tiene la producción de alimentos en campo por causa de fitopatógenos, algunos ejemplos históricos, estudios de diagnóstico y una propuesta a favor de la soberanía alimentaria. Las epifitias han mermado la producción en México y en el mundo provocando grandes catástrofes. Las hambrunas de Irlanda y Bengala son los hechos más devastadores para la humanidad, debido a que provocaron la muerte de más de tres millones de personas. Enfermedades causadas por patógenos emergentes se están presentando en la actualidad, amenazando la producción de alimentos y los rendimientos por unidad de superficie. Para combatirlos, es necesario un diagnóstico preciso mediante el uso de técnicas moleculares, la medición de la magnitud del daño, entre otras variables epidemiológicas, aunada a la aplicación de medidas fitosanitarias adecuadas. Con el propósito de asegurar el abasto de alimento para todos los mexicanos, en este trabajo se propone que instancias gubernamentales e instituciones de investigación realicen esfuerzos conjuntos, dirigidos al diseño de políticas fitosanitarias y a la investigación sobre patógenos de importancia económica. Este tipo de patógenos representan la mayor amenaza para nuestros cultivos, aunado al riesgo de su introducción debido a las importaciones. Además se propone implementar programas de gobierno permanentes para financiar la investigación sobre patógenos reglamentados.

**Palabras clave:** cultivos agrícolas, enfermedades cuarentenarias, patógenos emergentes, diagnóstico fitosanitario, epifitias.

### Abstract

The instinct of the human being is the search for food and its conservation through the storage of fruits, grains and seeds, to ensure their food in scarcity periods. This document addresses issues related to the risks of food production in field due to phytopathogens, some historical events, diagnostic studies and a proposal in favor of food sovereignty. Plant disease epidemics have reduced crop production in Mexico and around the world causing major catastrophes. The Ireland and Bengal famines are the most devastating episodes for humanity, as they caused the death of more than three million people. Diseases caused by emerging pathogens are currently occurring, threatening food production and yield per unit area. To combat these pathogens, a precise diagnosis is necessary through the use of molecular techniques and the measurement of the magnitude of the damage, among other epidemiological variables, coupled with the application of adequate phytosanitary measures. In order to ensure the supply of food for all Mexicans, this paper proposes that government agencies and research institutions make joint efforts aimed at the design of phytosanitary campaigns and research on pathogens of economic importance. This type of pathogens represents the greatest threat to our crops, besides of the risk of its introduction due to crop imports. In addition, it is proposed to implement permanent government programs to finance research on regulated pathogens.

**Keywords:** Agricultural crops, quarantine diseases, emerging pathogens, phytosanitary diagnosis, plant disease epidemics.

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Zootecnia y Ecología. Perif. Francisco R. Almada Km 1. Chihuahua, México 31453. Tel. (614) 434-0303.

<sup>2</sup> COLEGIO DE POSTGRADUADOS, CAMPUS MONTECILLO. Carr. México-Textcoco Km. 36.5. Textcoco, Edo. México, México 56230. Tel. (555) 804-5900.

<sup>3</sup> CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO. Av Cuarta sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto, Delicias, Chihuahua, México 33089. Tel. (639) 474-8704.

<sup>4</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO. Carr. México-Textcoco Km. 38.5, Textcoco, Edo. México, México 56230. Tel. (595) 952-1500.

<sup>5</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, ext. Cuauhtémoc. Av. Presa la Amistad 2015, Col. Barrios de la Presa. Cuauhtémoc, Chih. México 31510. Tel. (625) 581-0647.

<sup>6</sup> SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA, SAGARPA. Tecámac, Edo. México, México 55740. Tel. (55) 590-51000.

<sup>7</sup> CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO. Carr. a La Victoria km 0.6. Hermosillo, Sonora, México 83304. Tel. (662) 280-0021.

<sup>8</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Ciencias Químicas, Campus 2, Circuito universitario s/n. Chihuahua, Chih, México 31350. Tel. (614) 236-6000.

<sup>9</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: gavilaq@gmail.com.

## Introducción

**S**omos 119.5 millones de habitantes en México (INEGI, 2015), en las últimas décadas nos hemos caracterizado por ser un país importador de granos básicos, por lo tanto, la agricultura es un sector muy importante que merece atención, debido a que proporciona el sustento a la población.

Las pérdidas mundiales estimadas de cultivos agrícolas por causa de fitopatógenos son de al menos un 10% (Strange y Scott, 2005). Epidemias históricas muestran lo devastador que pueden ser los fitopatógenos. Un ejemplo es la introducción a Europa de una nueva cepa del oomyceto *Phytophthora infestans* y la práctica del monocultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en Irlanda en 1845. Esto provocó escasez de papa, principal alimento para los irlandeses, y como resultado la muerte de un millón de personas y la emigración de 1.5 millones de irlandeses hacia Inglaterra, Canadá y los Estados Unidos (Andrison, 1996; Forbes, 2004; Agrios, 2005).

Así, muchos casos más de prácticas de monocultivo y de condiciones ambientales propicias para los patógenos, han facilitado su establecimiento, y lamentablemente han provocado muertes humanas debido a la escasez de alimento.

Este documento tiene como propósito mostrar una serie de eventos históricos de epidemias que han mermado la producción agrícola. De acuerdo con la FAO, la construcción de una agenda de riesgos y de métodos para la prevención y neutralización de las amenazas para la producción agrícola, es una herramienta hacia la seguridad alimentaria dando como resultado la estabilidad nacional (Calderón y Salgado, 2000). Además plantea una propuesta para el estudio de patógenos de importancia económica.

### ¿Cuáles son las amenazas?

Las enfermedades de los cultivos son ocasionadas por microorganismos como hongos, bacterias, nematodos, virus, viroides y

fitoplasmas (Agrios, 2005). Los hongos por su parte, representan una amenaza debido a que esporulan prolíficamente. Cada espora representa un propágulo capaz de infectar a una planta y son fácilmente dispersadas por el viento o huracanes (Barbeau *et al.*, 2010) a grandes distancias. Además, estructuras fúngicas como los esclerocios, pueden sobrevivir en el suelo hasta por 20 años (Samaniego-Gaxiola, 2008).

### Las epifitias históricas más impactantes de México y el mundo

Las epifitias han causado pérdidas en la producción de alimentos en la historia de la humanidad. Los casos documentados de epifitias se remontan a los tiempos del Antiguo Testamento (año 1500 a. C.), donde las royas fueron las causantes del hambre en el mundo (Cuadro 1). De acuerdo con Agrios (2005), el añublo y los mohos mencionados en la Biblia pudieron referirse a lo que ahora conocemos como las royas de los cereales.

El caso del ergot del centeno causado por el hongo *Claviceps purpurea*, el cual produce potentes alcaloides, causó alucinaciones y muertes en el año 857 en Francia, por el consumo de harina contaminada con el cornezuelo del hongo (Campbell y Madden, 1990). Posteriormente, el ergot del centeno causó grandes epifitias registradas entre los años 1085 a 1929 en Europa (Díaz y Díaz, 2011).

Por otra parte, los primeros reportes de enfermedades del trigo en México datan de los años 1691 y 1699, los cuales hacen referencia a la pérdida de la producción de trigo por la enfermedad conocida como chahuixtle (Rodríguez-Vallejo, 1992), palabra de origen Náhuatl que significa enfermedad del maíz, conocida en la actualidad como roya.

**Cuadro 1.** Algunas epifitias mundiales históricas con graves repercusiones.

Año	Epifitia y consecuencia	Publicación
ca. 1500 aC	Royas en los cultivos en Palestina causa hambrunas.	I Reyes 8:37
ca. 384 aC	Aristóteles menciona al trigo afectado por tizón, ahora conocido como roya.	Roelfs <i>et al.</i> , 1992
857	Epidemia por ergot, es la causa de miles de muertes en el Valle del Rhin, Francia.	Campbell y Madden, 1990.
1039	Ergot en Francia causa muerte y alucinaciones.	Campbell y Madden, 1990.
1691 y 1699	Pérdida de trigo por "chahuixtle" en México.	Rodríguez-Vallejo, 1992.
1722	Ergot en Rusia, es la causa de alucinaciones.	Campbell y Madden, 1990.
1870	La roya del café por el hongo <i>Hemileia vastatrix</i> provoca ruina financiera en Sri Lanka. Entre 1865 y 1985 el hongo se dispersó a todas las zonas cafetaleras del mundo destruyendo hasta el 90% de las plantas. Pérdidas impactantes en Sri Lanka, África entre 1871 y 1878. La superficie sembrada se redujo de 68,787 ha a 14,170 ha.	McCook, 2006.
1875	El mildiú de la uva causado por <i>Plasmopara viticola</i> en Francia. Se afectaron 2.5 millones de acres.	Simpson, 2011.
1890	El moko del plátano ( <i>Ralstonia solanacearum</i> raza 2) aparece en 1890 en Trinidad y Tobago. Luego en Venezuela y Centroamérica en 1940, años más tarde en el Caribe y parte de Sudamérica. En Guyana la enfermedad causa pérdidas de hasta 74%.	Eyres <i>et al.</i> , 2001; Castañeda-Sánchez y Espinosa-Orrego, 2005.
1902	Primera publicación mexicana sobre el tizón tardío de la papa por <i>Phytophthora infestans</i> .	DGSV, 2011.
1904	El tizón del castaño por <i>Cryphonectria parasitica</i> , en 1950 el patógeno ya había eliminado casi todos los castaños en Estados Unidos.	Graves, 1950.
1940	La enfermedad "mal de panamá" por <i>Fusarium</i> sp., es muy destructiva en plátano ( <i>Musa</i> spp.) a nivel mundial. En el continente Americano, <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> fue reportado en Panamá en la década de 1940, afectando a más de 50,000 ha.	Ploetz y Pegg, 1997; OIRSA, 2009.
1951	Ergotismo en Francia. Muertes y muchos casos de alucinaciones.	Burgen, 2003; Chinchilla, 2012.
1964	La sigatoka en plátano en el Valle de Sigatoka en Fiji, de ahí el nombre del patógeno <i>Mycosphaerella fijiensis</i> . Causó graves pérdidas financieras debidas en parte a la fuerte aplicación de fungicidas.	Jones, 2003.
1970	El tizón foliar o tizón sureño del maíz en E. U. causó pérdidas de hasta un 12%. La enfermedad fue provocada por una nueva raza de <i>Helminthosporium maydis</i> .	Tatum, 1971.
1971	Se reporta por primera vez en México el nematodo dorado de la papa <i>Globodera rostochiensis</i> , el cual es originario de los Andes de Sudamérica y es de importancia reglamentada. En Sudamérica causó pérdidas de hasta el 70%.	Iverson, 1972; Greco y Moreno, 1992; EPPO, 2013.

Otra epifitía impactante con graves repercusiones en la población fue el tizón de la hoja del arroz causado por el hongo *Cochliobolus miyabeanus*. La producción disminuyó de entre 40 a 90% y provocó la muerte de dos millones de personas por la hambruna en Bengala, India en 1943, especialmente en la ciudades de Calcuta y Dacca (Padmanabhan, 1973).

Sin pérdidas humanas, aunque con graves pérdidas económicas, se reportó la epidemia en el maíz en Estados Unidos por el ataque de una nueva raza del hongo *Helminthosporium maydis* (Tatum, 1971).

Estos eventos históricos nos advierten sobre los riesgos en la producción de alimentos por causa de los patógenos. En algunos casos llaman la atención los daños económicos que éstos causan, como el Mal de Panamá en plátano en Panamá, el cual reportó pérdidas de \$2'300,000.00 dólares (Ploetz y Pegg, 1997; OIRSA, 2009).

Otros casos son los cambios culturales por reconversión de cultivos por causa de las enfermedades. La pérdida de producción de café en Sri Lanka en 1870, provocó un cambio cultural en el Reino Unido. El hábito por el consumo de café cambió por el consumo de té (Rayner, 1972).

Muy importante mencionar el surgimiento de métodos de control. El caldo bordelés surgió como control del mildiú de la uva en Francia después de haberse registrado pérdidas por 50 millones de libras esterlinas/año (Simpson, 2011).

## Epifitias actuales de México y el mundo

Muchos patógenos importantes se han dispersado a través de los continentes y se han establecido a gran distancia de su centro de origen (Lozoya-Saldaña, 2001), algunos de ellos se presentan en un nuevo continente con cambios en su genoma, como el caso de *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Las graves pérdidas que han causado en su país de origen y en los lugares en los que han arribado (Cuadro 2), han llevado a los países a establecer regulaciones para su prevención, erradicación y/o control.

Estos ejemplos muestran el potencial de los patógenos para afectar a los cultivos. Con la finalidad de estar prevenidos, México ha implementado estrategias fitosanitarias para garantizar la sanidad vegetal de los cultivos agrícolas. El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) instrumenta programas y campañas fitosanitarias para prevenir la introducción o dispersión de plagas que puedan afectar a la agricultura nacional.

Mediante las campañas fitosanitarias se confina, controla y previene la dispersión de plagas en el territorio nacional. La vigilancia epidemiológica se realiza para detectar, determinar y actualizar, en forma permanente, el estatus fitosanitario de las plagas que han sido reguladas y las que representan una amenaza para la agricultura del país. La creación de esta estructura y su implementación tiene sus bases desde el inicio de la Sanidad Vegetal en el año 1900. Desde esta fecha se ha avanzado conforme a las demandas del sistema agropecuario. Así, el país tiene la perspectiva de incluir dentro de sus programas y campañas fitosanitarias un mayor número de plagas y cultivos de interés económico para estar atentos ante posibles amenazas.

Uno de los primeros esfuerzos de control documentados es la aplicación de mezcla bordelesa para combatir la mancha de hierro del cafeto causada por *Stilbum flavidum* en 1903-1904, de esta manera se salvaron 250,000 plantas de cafeto en México (DGSV, 2011).

Actualmente, se utilizan diferentes estrategias de control, como parte de las políticas fitosanitarias que implementa la Dirección General de Sanidad Vegetal; por ejemplo, para el control de la roya del cafeto se realiza un manejo integrado del cultivo que incluye el monitoreo de los factores climáticos para predecir la aparición de la enfermedad, el seguimiento de la incidencia y severidad de la roya, el manejo agronómico, las medidas de control químico mediante funguicidas de contacto y sistémicos (Senasica, 2015).

**Cuadro 2.** Algunos patógenos de cultivos agrícolas originarios de países lejanos e introducidos al territorio nacional a partir de 1980.

Año y país de origen	Epidemia	Publicación
1963. Fiji	Sigatoka negra del plátano por <i>Mycosphaerella fijiensis</i> . Reduce el rendimiento hasta en un 50%. Una plantación requiere de 38-50 fumigaciones, y estas pueden elevar en 30% los costos de producción. En Centroamérica, la Sigatoka negra añade un 27% del costo de producción. Se presentó en México en 1980.	Stover, 1980; Ploetz, 1999; Bennett and Ameson, 2003; Marín <i>et al.</i> , 2003; CABI/EPPO, 2011; Martínez-Bolaños <i>et al.</i> , 2012.
1800. Jamaica	Amarillamiento letal del cocotero (ALC) en México por un fitoplasma. En Jamaica la enfermedad destruyó a casi todas las palmas susceptibles y en 1979 se perdieron cuatro millones de palma cocotera. En Florida, de 1.5 millones de palmas, 300,000 murieron en 1983. Desde su detección en Q. Roo, México en 1977, ha afectado más del 70% de las 120,000 ha de cocotero.	McCoy <i>et al.</i> , 1982; EPPO, 1993; Cordova <i>et al.</i> 2000; INIFAP, 2010.
1880. California, E. U.	Enfermedad de Pierce por <i>X. fastidiosa</i> subsp. <i>fastidiosa</i> en vid. Durante 1994-2000 en California se reportaron pérdidas superiores a los 30 millones de dólares. Actualmente en México la enfermedad se encuentra en Baja California, Coahuila y Querétaro.	Davis <i>et al.</i> , 1978; Galvez <i>et al.</i> , 2010; Senasica, 2016 (b).
1860. Florida, E. U.	Leprosis de los cítricos por Citrus leprosis virus C (CiLV-C). Ha causado fuerte impacto en la industria. Reportada en Brasil en los años 30s; en 2014 se detectó en Chiapas, México. Actualmente se encuentra en Chiapas, Tabasco, Querétaro y Veracruz, y está sujeta a control oficial.	Knorr, 1968; Izquierdo <i>et al.</i> , 2011; Senasica, 2016 (a).
1870. Sri Lanka	Roya del cafeto por <i>Hemileia vastatrix</i> . En 1890 se abandonaron todas las plantaciones no rentables. Pérdidas del 30% de la producción en Brasil. Se presentó en México en 1982.	Monaco, 1977; Sinavef, 2013; Senasica, 2016d.
Finales del siglo XIX, China	Huanglongbing (HLB) de los cítricos por <i>Candidatus Liberibacter</i> . Causa pérdidas hasta del 100% dependiendo de la edad del árbol. En el mundo se han destruido más de 60 millones de árboles. Las pérdidas por HLB en naranja y toronja han llegado al 52.7% en Veracruz.	Das <i>et al.</i> , 2007; Gottwald, 2010; Sagarpa, 2010; Salcedo-Baca <i>et al.</i> , 2010; Senasica 2010.
1990s. Hawaii (Isla Kauai), E.U.	Maize chlorotic mottle virus (Virus moteado clorótico del maíz). Reduce el rendimiento hasta en un 90%. En México está presente en el estado de México y el virus puede reducir el rendimiento entre un 10-15%. En co-infección con otros virus puede ser letal para el maíz.	Nault <i>et al.</i> , 1978; Uyemoto, 1980; Cabanas <i>et al.</i> , 2013.

Para la contención de la enfermedad del Huanglongbing (HLB), reportada por primera vez en julio del 2009 en el municipio de Tizimín, Yucatán (Senasica, 2010; Senasica, 2016e), mediante vigilancia epidemiológica, la enfermedad se ha detectado en 412 municipios de México, de los cuales 335 son citrícolas (Senasica, 2016c).

Las estrategias de vigilancia epidemiológica involucran a los productores, viveristas, personal de los organismos auxiliares de sanidad vegetal (OASV) y las instituciones de investigación (Senasica, 2010). Estas estrategias incluyen la exclusión, erradicación y protección (química y biológica). A partir de la

aparición del HLB en México se desarrolló la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-047-FITO-2009, que establece las acciones para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB en el territorio nacional (Senasica, 2010), así como el acuerdo en el que se dan a conocer las medidas fitosanitarias para el control del HLB y su vector (Sagarpa, 2010).

Dentro de las acciones de vigilancia se aplica un modelo cartográfico fitosanitario de distribución potencial (similitud climática), mediante el cual se localizan las zonas que cuentan con las características ambientales óptimas para la sobrevivencia del agente causal del HLB (Senasica, 2016 e).

De acuerdo con este modelo, las áreas con probabilidad de presencia son la región de la Península de Yucatán, la llanura costera del Golfo Sur, así como la parte norte y noreste de la sierra de Chiapas, presentando un índice probabilístico de presencia de alto a muy alto, así como toda una franja continua en el pacífico mexicano.

Un segundo ejemplo es la campaña contra el Moko del plátano, la cual incluye actividades de muestreo, diagnóstico y control de focos de infestación mediante la eliminación de plantas enfermas, con un Manejo Integrado de Plagas conforme al Código internacional de conducta para la gestión de plaguicidas. En el 2015 la campaña se aplicó a una superficie de 23,284 ha de plátano en Chiapas, Nayarit y Tabasco (63% de la superficie establecida en estos estados). Con ello, el nivel de infestación promedio se mantuvo debajo del 1%. El gobierno continúa invirtiendo en acciones fitosanitarias en el 2016 con la finalidad de reducir los niveles de infestación y evitar la dispersión de la bacteria a otros estados (Senasica, 2014).

Las campañas fitosanitarias son diseñadas por expertos y participan todos los sectores relacionados. Son específicas para cada enfermedad y su vector, involucrando los factores climáticos, el control, estudios espacio-temporal, estudios de dispersión de la enfermedad y mecanismos de movimiento de los vectores.

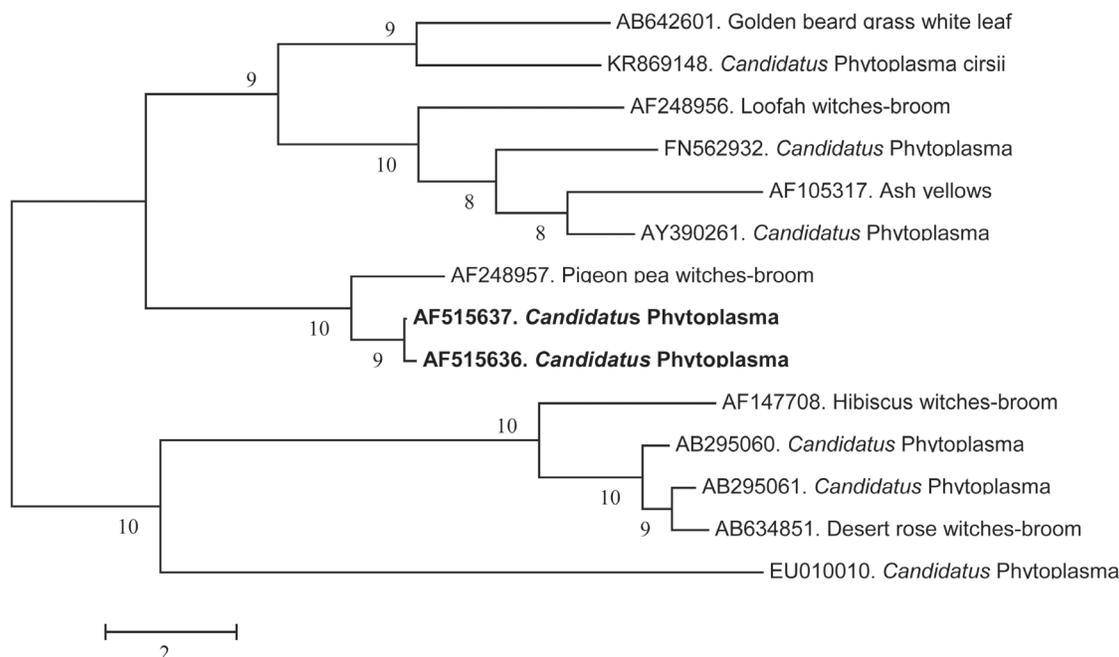
## Conocer al patógeno

En el diagnóstico fitosanitario se utilizan técnicas convencionales y moleculares, de tal forma que dependiendo del tipo de organismo, se definirá la técnica apropiada (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Técnicas utilizadas para el diagnóstico fitosanitario.

Patógeno	Técnica
Bacterias	Pruebas bioquímicas, serológicas (ELISA), de hipersensibilidad. Reacción en cadena de la polimerasa (PCR) punto final y tiempo real, y secuenciación genética.
Virus	Serológicas (ELISA e inmunopresión), hibridación, reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR) y secuenciación genética.
Nematodos	Morfometría, Reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR) y secuenciación genética.
Hongos	Medios selectivos, morfología, morfometría, reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR) y secuenciación genética.
Fitoplasmas	Reacción en cadena de la polimerasa (PCR anidado), clonación y secuenciación genética.

**Figura 1.** Árbol filogenético construido con secuencias de la región intergénica de los genes 16S-23S, secuencia completa del gen tRNA- Ile y la secuencia parcial del gen 23S ribosomal RNA correspondientes a fitoplasmas que causan enfermedades en plantas. Secuencias tomadas del Genbank (NCBI) para construir el árbol con Mega 7.1.



Actualmente, las publicaciones mexicanas sobre fitopatógenos utilizan técnicas genético-moleculares (Ávila-Quezada *et al.*, 2007; Morales *et al.*, 2007; Ávila-Quezada *et al.*, 2008; Silva-Rojas *et al.*, 2009; Alcántara-Mendoza *et al.*, 2010; Fraire-Cordero *et al.*, 2010; Holguín-Peña *et al.*, 2010; Otero-Colina *et al.*, 2010; Medina-Gómez *et al.*, 2016; Ramírez-Rojas *et al.*, 2016), las cuales incluyen la secuenciación de genes, permitiendo así realizar comparaciones con las secuencias depositadas en base de datos y estudiar la filogenia. La construcción de árboles filogenéticos es otra herramienta para obtener resultados precisos sobre la identidad del patógeno. El árbol filogenético de la Figura 1 muestra las relaciones ancestro-descendiente que existen entre dos grupos de fitoplasmas que afectan plantas de importancia agrícola o industrial. En el primer clado se observa a *Candidatus Phytoplasma phoenicium*, uno de los fitopatógenos emergentes que causa la “Escoba de bruja en almendro”. Este patógeno está asociado con el fitoplasma que causa la escoba de bruja en gandul o frijol de palo. Ambos pertenecientes al 16Sr IX (Teixeira *et al.*, 2008), sin embargo, es posible determinar sus variantes. En el caso de *C. Phytoplasma phoenicum* se ha determinado que pertenece al subgrupo 16SrIX-B (Quagliano *et al.*, 2015). El estudio de estas características genéticas permite establecer estrategias de manejo para ambas enfermedades.

## Propuesta

La premisa de la presente contribución es contar con un país con soberanía alimentaria que pueda hacer frente a los riesgos que amenazan a nuestros cultivos. En este documento se proponen una serie de acciones con la participación de diferentes instituciones involucradas en el sector agroalimentario.

El quehacer fitosanitario por parte de autoridades, instituciones de enseñanza e investigación agrícola en un futuro, deberá ser más incluyente, integrando dentro de sus programas de investigación y campañas fitosanitarias un mayor número de patógenos y

cultivos de interés económico que pueden verse afectados, ya que debido a las importaciones que mantiene México con diferentes países, existe un riesgo permanente de introducción y establecimiento de patógenos en territorio nacional y que no han sido considerados dentro de la política fitosanitaria.

Se propone la implementación de programas permanentes con recursos gubernamentales para apoyar proyectos de investigación sobre enfermedades de reciente introducción y para aquellas que no están presentes; así como establecer programas de vigilancia epidemiológica, con todo el sustento científico.

Asimismo, proyectos en los cuales se incluya el estudio de la biología del patógeno, epidemiología, protocolos de diagnóstico molecular y mecanismos de control, además del diseño o rediseño de las campañas fitosanitarias a nivel nacional.

La globalización de los mercados, la demanda y diversidad de productos y subproductos vegetales es mayor; así como, las exigencias en la sanidad vegetal. Por lo que es una gran oportunidad para las instituciones de educación e investigación agrícola, fungir como coadyuvantes activos para contribuir a la generación de conocimientos; así como, al diseño de tecnologías para el manejo/control de fitopatógenos, que necesitan los agricultores del país.

## Literatura citada

- AGRIOS, G. N. 2005. Introducción a la Fitopatología. In: G.N. Agrios (ed.). *Fitopatología*. Editorial Limusa Noriega. Segunda edición, México, D.F. p. 3-36.
- ALCÁNTARA-MENDOZA, S., D. Téliz-Ortiz, C. De León, E. Cárdenas-Soriano, A. M. Hernández-Anguiano, D. Mejía-Sánchez y R. De La Torre-Almaraz. 2010. Detección y evaluación del fitoplasma *Maize bushy stunt* en el estado de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28(1):34-43.
- ANDRIVON, D. 1996. The origin of *Phytophthora infestans* populations present in Europe in the 1840s: a critical review of historical and scientific evidence. *Plant Pathology* 45(6):1027-1035.
- ÁVILA-QUEZADA, G., H. Silva-Rojas and D. Téliz-Ortiz. 2007. First report of the anamorph of *Glomerella acutata* causing anthracnose on avocado fruit in Mexico. *Plant Disease* 91(9):1200.
- ÁVILA-QUEZADA, G., M. García, L. Vázquez-Moreno, H. Silva-Rojas y R. Cano. 2008. La PCR en tiempo real (Rt-PCR) como herramienta para el diagnóstico de hongos y oomicetos fitopatógenos. *Fitopatología* 43(1):11-21.
- BARBEAU, D. N., L. F. Grimsley, L. E. White, J. M. El-Dahr and M. Lichtveld. 2010. Mold exposure and health effects following hurricanes Katrina and Rita. *Annual Review of Public Health* 31:165-178.

- BENNETT, R. S. and P. A. Ameson. 2003. Sigatoka Negra. The Plant Health Instructor. DOI:10.1094/PHI-I-2005-0217-01.
- BURGEN, A. 2003. St Anthony's gift. *European Review* 11(1):27-35.
- CABANAS, D., S. Watanabe, C. H. V. Higashi and A. Bressan. 2013. Dissecting the mode of Maize chlorotic mottle virus transmission (Tombusviridae: Machlomovirus) by *Frankliniella williamsi* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology* 106(1):16-24.
- CABI/EPPO (Centre for Agriculture and Biosciences International/ European Plant Protection Organization). 2011. *Mycosphaerella fijiensis*. Distribution Maps of Plant Diseases. Wallingford, UK: CABI, Map 500 (Edition 6). <http://www.cabi.org/isc/datasheet/35278>
- CALDERÓN, J. L. y E. Salgado. 2000. El estudio de la seguridad nacional y la inteligencia en México. *Revista de Administración Pública*. Vol. 101. México, D.F. Instituto Nacional de Administración Pública 2000.
- CAMPBELL, C. L. and L. V. Madden. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. Wiley-Interscience, NY, USA. 532 p.
- CASTAÑEDA-SÁNCHEZ, D. A. and J. A. Espinosa-Orrego. 2005. Behavior and impact of the moko disease in the Urabá region (Colombia), during the past 35 years and proposal of a risk index for the disease. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín* 58(1): 2587-2599.
- CHINCHILLA, L. G. 2012. Ergotismo asociado a interacción entre ergotamina y eritromicina: presentación de un caso clínico y revisión de la bibliografía. *Comité Científico Nacional* 25:23.
- CORDOVA, I., C. Oropeza, H. Almeyda and N. A. Harrison. 2000. First report of a phytoplasma-associated leaf yellowing syndrome of palma jipi plants in southern Mexico. *Plant Dis.* 84(7):807-807.
- DAVIS, M. J., A. H. Purcell and S. V. Thompson. 1978. Pierce's disease of grapevines: isolation of the causal bacterium. *Science* 199(4324):75-77.
- DAS, A. K., C. N. Rao and S. Singh. 2007. Presence of citrus greening (Huanglongbing) disease and its psyllid vector in the North-Eastern region of India confirmed by PCR technique. *Current Science* 92(12):1759-1763.
- DGSV (Dirección General de Sanidad Vegetal). 2011. La Presencia de la Sanidad Vegetal en la Agricultura Mexicana del siglo XX. Fitófilo Edición especial. Dirección General de Sanidad Vegetal. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=21427>
- DÍAZ, A. Q. y A. O. Díaz. 2011. El cornucopio del centeno a lo largo de la historia: mitos y realidades. *Pasaje a la Ciencia* 14:16-25.
- EPPO (European Plant Protection Organization). 1993. Data sheet on quarantine organisms no. 159, coconut lethal yellowing phytoplasma. [https://www.eppo.int/QUARANTINE/data\\_sheets/bacteria/PHYP56\\_ds.pdf](https://www.eppo.int/QUARANTINE/data_sheets/bacteria/PHYP56_ds.pdf)
- EPPO (European Plant Protection Organization). 2013. PM 7/40 (3) *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 43(1):119-138.
- EYRES, N., N. Hammond and A. Mackie. 2001. Moko disease *Ralstonia solanacearum* (Race 2, Biovar 1). Department of Agriculture and Food and the State of Western Australia *Replaces Fact sheet 21*. 1795-08/06- ID6522. ISSN 1833-7694.
- FORBES, G. A. 2004. Global overview of late blight. In: C. Lizarraga (ed.). Proc. Regional Workshop Potato Late Blight East and Southeast Asia and the Pacific. Yezin, Myanmar. p. 3-10.
- FRAIRE-CORDERO, M. D. L., D. Nieto-Ángel, E. Cárdenas-Soriano, G. Gutiérrez-Alonso, R. Bujanos-Muñiz y H. Vaquera-Huerta. 2010. *Alternaria tenuissima*, *A. alternata* y *Fusarium oxysporum* hongos causantes de la pudrición del florete de brócoli. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28(1):25-33.
- GÁLVEZ, C. L., K. Korus, J. Fernandez, L. J. Behn and N. Banjara. 2010. The Threat of Pierce's Disease to Midwest Wine and Table Grapes. Online. APSnet Features. doi:10.1094/APSnetFeature-2010-1015.
- GOTTWALD, T. R. 2010. Current epidemiological understanding of citrus Huanglongbing. *Annual Rev. of Phytopatol.* 48:119-139.
- GRAVES, A. H. 1950. Relative blight resistance in species and hybrids of *Castanea*. *Phytopathology* 40(12):1125-1131.
- GRECO, N. and I. Moreno. 1992. Influence of *Globodera rostochiensis* on yield of summer, winter and spring potato in Chile. *Nematologica* 22(2):165-173.
- HOLGUÍN-PÉÑA, R. J., L. G. Hernández-Montiel y H. Latisnere-Barragán. 2010. Identificación y distribución geográfica de *Bemisia tabaci* Gennadius y su relación con enfermedades begomovirales en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de Baja California, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28(1):58-60.
- I REYES 8:37. Si en la tierra hubiere hambre, pestilencia, tizoncillo, añublo, langosta o pulgón. Biblia.
- INEGI. 2015. Censo de población en México. <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P>
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2010. Reporte Anual 2009. Ciencia y Tecnología para el Campo Mexicano. SAGARPA, INIFAP. México. [www.inifap.gob.mx/Documents/reportes/reporte\\_anual2009.pdf](http://www.inifap.gob.mx/Documents/reportes/reporte_anual2009.pdf)
- IVERSON, L. G. K. 1972. Golden nematode-infestation found in Mexico. *Plant Disease Reporter* 49(7):281.
- IZQUIERDO, C. I., D. L. F. Zermeño, W. Mendez, G. Otero-Colina, J. Freitas-Astúa, E. C. Locali-Fabris, G. J. De Moraes, C. R. Faier, A. D. Tassi and W. E. Kitajima. 2011. Confirmation of the presence of the Citrus leprosis virus C (CILV-C) in Southern Mexico. *Tropical Plant Pathology* 36(3):400-403.
- JONES, D. R. 2003. The distribution and importance of the *Mycosphaerella* leaf spot diseases of banana. In: *Mycosphaerella* leaf spot diseases of bananas: present status and outlook. Proceedings of the Second International Workshop on *Mycosphaerella* leaf spot diseases of bananas, San José, Costa Rica (pp. 25-42).
- KNORR, L. C. 1968. Studies on the etiology of leprosis in citrus. In: Proceedings of the 4th Conference of the International Organization of Citrus Virology. University of Florida Press, Gainesville, Florida. p. 332-340.
- LOZOYA-SALDAÑA, H. 2001. Phytosanitary and quarantine considerations in the international exchange of plant germplasm. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19(2):230-236.
- MARIN, D. H., R. A. Romero, M. Guzman and T. B. Sutton. 2003. Black Sigatoka: an increasing threat to banana cultivation. *Plant Disease* 87(3):208-222.
- MARTÍNEZ-BOLAÑOS, L., D. Téliz-Ortiz, C. Rodríguez-Maciél, J. A. Mora-Aguilera, D. Nieto-Ángel, I. Cortés-Flores, D. Mejía-Sánchez, C. Nava-Díaz y G. Silva-Aguayo. 2012. Resistencia a fungicidas en poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis* del sureste mexicano. *Agrociencia* 46(7):707-717.
- MCCOOK, S. 2006. Global rust belt: *Hemileia vastatrix* and the ecological integration of world coffee production since 1850. *Journal of Global History* 1(2):177-195.
- MCCOY, R. E., R. C. Norris, C. Vieyra and S. Delgado. 1982. Mexico: Lethal yellowing disease of coconut palms. *FAO Plant Protection Bulletin* 30(2):79-80.
- MEDINA-GÓMEZ, E., A. Ramírez-Suárez, J. Cuevas-Ojeda y D. Martínez-Gómez. 2016. Identificación y análisis filogenético del nematodo foliar *Orrina phyllobia* afectando *Solanum elaeagnifolium* Cav. en Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34(2):184-199.
- MONACO, L. C. 1977. Consequences of the introduction of coffee rust into Brazil. In: PR Day, ed. The Genetic Basis of Epidemics in Agriculture. *Annals of the New York Academy of Science* 287(1):57-71.
- MORALES, V. G., R. H. Silva, M. D. Ochoa, E. M. Valadez, Z. B. Alarcón, M. L. Zelaya, T. L. Córdova, O. L. Mendoza, H. H. Vaquera, C. A. Carballo and G. Ávila-Quezada. 2007. First report of *Pantoea agglomerans* causing leaf blight and vascular wilt in maize and sorghum in Mexico. *Plant Disease* 91(10):1365.
- NAULT, L. R., W. P. Styer, M. E. Coffey, D. T. Gordon, L. S. Negi and C. L. Niblett. 1978. Transmission of maize chlorotic mottle virus by chrysomelid beetles. *Phytopathology* 68(7):1071-1074.
- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). 2009. América Latina discute programa para la protección del cultivo del banano y plátano. San Salvador, El Salvador. *Mirador Agrosanitario* 3:12.
- OTERO-COLINA, G., G. Rodríguez-Alvarado, S. Fernández-Pavía, M. Maymon, R. C. Ploetz, T. Aoki and S. Freeman. 2010. Identification and characterization of a novel etiological agent of mango malformation disease in Mexico, *Fusarium mexicanum* sp. nov. *Phytopathology* 100(11):1176-1184.

- PADMANABHAN, S. Y. 1973. The great Bengal famine. *Annual Review of Phytopathology* 11(1):11-24.
- PLOETZ, R. C. 1999. Black Sigatoka of Banana: The most important disease of a most important fruit. APSnet feature article: <http://publish.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/BlackSigatoka.aspx>
- PLOETZ, R. C. and K. G. Pegg. 1997. Fusarium wilt of banana and Wallace's line: Was the disease originally restricted to his Indo-Malayan region?. *Australian Plant Pathology* 26(4):239-249.
- QUAGLINO, F., M. Kube, M. Jawhari, Y. Abou-Jawdah, C. Siewert, E. Choueiri, H. Sobh, P. Casati, R. Tedeschi, M. Molino-Lova, A. Alma and P. A. Bianco. 2015. 'Candidatus Phytoplasma phoenicium' associated with almond witches'-broom disease: from draft genome to genetic diversity among strain populations. *BMC Microbiology* 15(1):148.
- RAMÍREZ-ROJAS, S., K. Ornelas-Ocampo, F. J. Osuna-Canizalez, J. C. Bartolo-Reyes, V. Varela-Loza, J. Hernández-Romano and D. L. Ochoa-Martínez. 2016. Detection of Iris yellow spot virus in onion plants from Tepic, Morelos state, Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34(3):308-315.
- RAYNER, R. W. 1972. Micología, Historia y Biología de la roya del café (No. IICA PM-94). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba (Costa Rica). Centro Tropical de Investigación y Enseñanza. 68 p.
- RODRÍGUEZ-VALLEJO, J. 1992. Historia de la Agricultura y de la Fitopatología (Con referencia especial a México). (No. 630.972R62). Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 135 p.
- ROELFS, A. P., R. P. Singh y E. E. Saari. 1992. Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. CIMMYT. México, D.F. 81 p.
- SAGARPA. 2010. Acuerdo por el que se dan a conocer las medidas fitosanitarias que deberán aplicarse para el control del Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter* spp.) y su vector. DOF, México, D.F. [dof.gob.mx/nota\\_to\\_doc.php?codnota=5155458](http://dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=5155458)
- SALCEDO-BACA D., R. A. Hinojosa, G. Mora-Aguilera, I. Covarrubias-Gutiérrez, F. J. R. DePaolis, C. L. Cintora-González y J. S. Mora-Flores. 2010. Evaluación del impacto económico de Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola mexicana. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). México. 141 p.
- SAMANIEGO-GAXIOLA, J. A. 2008. Germinación y sobrevivencia de esclerocios de (*Phytophthora capsici*) en respuesta a NaOCl y suelo con glucosa. *Agricultura Técnica en México* 34(4):375-385.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2010. Protocolo de actuación para la detección del Huanglongbing. [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/147523/01ProtocolodeactuacionparaaladetecciondelHLB\\_1\\_.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/147523/01ProtocolodeactuacionparaaladetecciondelHLB_1_.pdf)
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2014. Campaña contra el moko del plátano. <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/108738/EstrategiaOperativa.pdf>
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2015. Ficha técnica de la roya del café (*Hemileia vastatrix*). [http://www.fec-chiapas.com.mx/sistema/biblioteca\\_digital/royadelcafe-1.pdf](http://www.fec-chiapas.com.mx/sistema/biblioteca_digital/royadelcafe-1.pdf)
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2016 (a). Leprosis de los cítricos (*Citrus leprosis virus C*). Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Ciudad de México. Ficha Técnica No. 35. 27 p.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2016 (b). Enfermedad de Pierce (*Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa*). Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Cd. de México. Ficha Técnica No. 26. 19 p.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2016 (c). Octavo informe mensual nacional huanglongbing de los cítricos. Dirección General de Sanidad Vegetal. [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/143312/8\\_informe\\_nacional\\_HLB\\_agosto\\_2016.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/143312/8_informe_nacional_HLB_agosto_2016.pdf)
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2016 (d). Roya del café (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome). Dirección General de Sanidad Vegetal. Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica No. 40. 23 p.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2016 (e). Ficha técnica del HLB Huanglongbing. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/147557/Ficha\\_Tecnica\\_Candidatus\\_Liberibacter\\_spp\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/147557/Ficha_Tecnica_Candidatus_Liberibacter_spp_.pdf)
- SILVA-ROJAS, H., S. Fernández-Pavía, C. Góngora-Canul, C. Macías-López y G. Ávila-Quezada. 2009. Distribución espacio-temporal de la marchitez del chile en Chihuahua e identificación del organismo causal *Phytophthora capsici* Leo. *Revista Mexicana de Fitopatología* 27(2):134-147.
- SIMPSON, J. 2011. Creating Wine: The Emergence of a World Industry, vols. 1840-1914. Princeton University Press. Princeton, N.J.
- SINAVEF (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria). 2013. Ficha técnica Roya del café (*Hemileia vastatrix*). Dirección General de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. México, DF. 25 p.
- STOVER, R. H. 1980. Sigatoka leaf spot diseases of bananas and plantains. *Plant Disease* 64(8):750-756.
- STRANGE, R. N. and P. R. Scott. 2005. Plant disease: a threat to global food security. *Phytopathology* 43:83-116.
- TATUM, L. A. 1971. The southern corn leaf blight epidemic. *Science* 171(3976):1113-1116.
- TEIXEIRA, D. C., N. A. Wulff, E. C. Martins, E. W. Kitajima, R. Bassanezi, A. J. Ayres, S. Eveillard, C. Saillard and J. M. Bové. 2008. A phytoplasma closely related to the pigeon pea witches'-broom phytoplasma (16Sr IX) is associated with citrus huanglongbing symptoms in the state of São Paulo, Brazil. *Phytopathology* 98(9):977-984.
- UYEMOTO, J. K. 1980. Detection of maize chlorotic mottle virus serotypes by enzyme-linked immunosorbent assay. *Phytopat.* 70(4):290-292. ①

Este artículo es citado así:

Ávila-Quezada, G., H. V. Silva-Rojas, E. Sánchez-Chávez, G. Leyva-Mir, L. Martínez-Bolaños, V. M. Guerrero-Prieto, C. García-Ávila, A. Gardea-Béjar y L. N. Muñoz-Castellanos. 2016. Seguridad alimentaria: La continua lucha contra las enfermedades de los cultivos. *TECNOCENCIA Chihuahua* 10(3):133-142.

## Resumen curricular del autor y coautores

GRACIELA DOLORES ÁVILA QUEZADA. Terminó su licenciatura en 1992, año en el que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista por la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en la ciudad de Chihuahua, donde obtuvo el grado de Maestra en Ciencias de la Productividad Frutícola en 1997 por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas (UACH), y el grado de Doctora en Ciencias en el área de fitopatología en el 2002 por el Colegio de Postgraduados en Texcoco, Estado de México. De 2002 al 2011 laboró en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) A.C. Coordinación Delicias, como investigadora titular. Actualmente es profesora-investigadora de la Facultad de Zootecnia y Ecología (UACH). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2004 (candidato 2004-2006; Nivel 1 2007-a la fecha). Su área de especialización es la fitopatología enfocada al diagnóstico molecular de hongos y bacterias. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura, y 3 de maestría. Es autora de más de 35 artículos científicos indizados, 3 libros y 3 capítulos de libro científicos; ha dirigido 7 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluadora de proyectos de investigación del Conacyt (Fondos PEI, Mixtos, Sectoriales, Fordecyt), y es revisora del seguimiento de los Fondos Sectoriales Sagarpa-Conacyt. Es árbitro de 7 revistas científicas de circulación internacional.

## Resumen curricular del autor y coautores

**HILDA VICTORIA SILVA ROJAS.** Terminó su licenciatura en 1984, año en el que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Agricultura por la Universidad Nacional de Cajamarca-Perú. Realizó su posgrado en Lima, Perú, donde obtuvo el grado de Magister Scientiae con la especialidad en Fitopatología por la Universidad Nacional Agraria La Molina, y el grado de Doctora en Ciencias en el área de fitopatología en el 2002 por el Colegio de Postgraduados en Texcoco, Estado de México. Desde el 2003 labora como profesora investigadora en el Colegio de Postgraduados campus Montecillos. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde el 2007 (Nivel 1 2007-a la fecha). Su área de especialización es la fitopatología enfocada al diagnóstico molecular de hongos y bacterias. Ha dirigido 5 tesis de licenciatura, 5 de maestría y 3 de doctorado. Es autora de 28 artículos científicos indizados; ha dirigido 3 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluadora de proyectos de investigación del Conacyt (Ciencia básica, Fordecyt, prioridad nacional). Es árbitro de 10 revistas científicas de circulación internacional.

**ESTEBAN SÁNCHEZ CHÁVEZ.** Terminó su licenciatura en 1992, año en el que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia por la Universidad Autónoma Chapingo. Realizó su posgrado en la ciudad de Chihuahua, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias de la Productividad Frutícola en 1996 por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), y el grado de Doctor en Ciencias en Fisiología Vegetal en el 2006 por la Universidad de Granada (España). Actualmente es investigador titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) A.C. Coordinación Delicias. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2004 (Nivel 1, 2004-2006; Nivel 2, 2007-2015; Nivel 3, 2016-2020). Su área de especialización es la fisiología del estrés en plantas, nutrición vegetal, fisiología postcosecha y biofortificación con micronutrientes en cultivos agrícolas. Ha dirigido 17 tesis de licenciatura, 50 de maestría y 8 de doctorado. Es autor de 85 artículos científicos indizados, 5 libros y 10 capítulos de libro científicos; ha dirigido 30 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del Conacyt (Fondos PEI, Mixtos, Sectoriales, Fordecyt, Atención a Problemas Nacionales y Fronteras de la Ciencia), SAGARPA y Fundación Produce Chihuahua, y es revisor del seguimiento de los Fondos Sectoriales Sagarpa-Conacyt. Es árbitro de 30 revistas científicas de circulación internacional.

**GERARDO LEYVA MIR.** Terminó su licenciatura en 1978, año en el que le fue otorgado el título con especialidad en parasitología agrícola por la Universidad Autónoma Chapingo en 1978. Realizó su posgrado en Texcoco, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias y Doctor en 1997 por el Colegio de Postgraduados. Desde 1981 es Profesor-Investigador en el área de fitopatología de la Universidad Autónoma Chapingo. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1986 (candidato 1986-1989; Nivel 1 2000-2014; Nivel 2, 2014-2017). Su área de especialización es la fitopatología enfocada al diagnóstico, manejo, y taxonomía de hongos fitopatógenos. Ha dirigido más de 130 tesis de licenciatura, más de 90 de maestría y más de 10 de doctorado. Es autor de más de 100 artículos científicos indizados, 3 libros y 3 capítulos de libro científicos; ha dirigido 7 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del Conacyt (Fondos PEI, Mixtos, Sectoriales, Fordecyt), y es revisor del seguimiento de los Fondos Sectoriales Sagarpa-Conacyt. Es árbitro de siete revistas científicas de circulación internacional.

**LUCIANO MARTÍNEZ BOLAÑOS.** Terminó su licenciatura en 1996, año en el que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Realizó su posgrado en Texcoco, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Protección vegetal en 1998 por la UACH, y el grado de Doctor en Ciencias en el área de fitosanidad en el 2012 por el Colegio de Postgraduados. Desde 1999 es Profesor Investigador de la Universidad Autónoma Chapingo, en la Unidad Regional Universitaria Sursureste. Su área de especialización es la fitopatología enfocada al diagnóstico molecular de hongos y bacterias. Ha dirigido 15 tesis de licenciatura, y 3 de maestría. Es autor de 8 artículos científicos indizados, y 2 capítulos de libro científicos; ha dirigido 5 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del Conacyt. Es árbitro de 3 revistas científicas de circulación internacional.

**VÍCTOR MANUEL GUERRERO PRIETO.** Terminó su licenciatura en 1975, año en el que le fue otorgado el grado de Ingeniero en Fruticultura por la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en Oregon donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura por Oregon State University, EUA en 1984. Doctorado en Agronomía por New Mexico State University, EUA en 1995. De 1978 a 1988, fue Investigador Titular en el INIFAP, Campo Experimental Sierra de Chihuahua. De 1988 a 1997, fue Académico Titular en la FACIATEC. De 1997 al 2011, fue Investigador Titular de la Unidad Cuauhtémoc, del CIAD, A. C. Desde el año 2011, se reincorporó a la FACIATEC en el Campus Cuauhtémoc, Chih. y posee la categoría de Profesor-Investigador. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1986 (candidato 1986-1990; Nivel 1 2002-2017). Su área de especialización es la fisiología vegetal y de poscosecha, así como el control biológico de enfermedades poscosecha utilizando microorganismos. Ha dirigido 16 tesis de licenciatura, 19 de maestría y 6 de doctorado. Es autor de 59 artículos científicos, 2 libros y 4 capítulos de libro científicos; además ha impartido 9 conferencias por invitación y ha dirigido 7 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador RCEA de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales), Fundación Produce Chihuahua y es revisor del seguimiento de los Fondos sectoriales SAGARPA-CONACYT Y DEL CYTED, Madrid, España. Es también árbitro de 9 revistas científicas de circulación nacional e internacional.

**CLEMENTE DE JESÚS GARCÍA ÁVILA.** Terminó su licenciatura en 1999, año en el que le fue otorgado el título de Ingeniero agrónomo especialista en Agroecología por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Realizó estudios de posgrado en Texcoco, por el Colegio de Postgraduados (CP) donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Fitopatología en 2007 y por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) el Doctorado en Ciencias en Horticultura en el 2010. Desde el 2011 colabora para la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) - Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), en el desarrollo y la participación en varios proyectos relacionados con el manejo de plagas. Antes de unirse a SENASICA, trabajó como asistente de investigación en programas de investigación de la UACH. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2015 (Candidato 2015-2017). Su área de especialización es el manejo regional de plagas reglamentadas. Ha dirigido 3 tesis de licenciatura, 2 de maestría y una de doctorado. Es autor de 7 artículos científicos indizados. Es evaluador de proyectos de investigación del Conacyt (SAGARPA-CONACYT, CONAFOR-CONACYT) y del Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el desarrollo Rural Sustentable (SNITT). Es árbitro de 2 revistas científicas de circulación internacional.

**ALFONSO ANTERO GARDEA BÉJAR.** Obtuvo el título de Ingeniero fruticultor por la Facultad de Fruticultura de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en Oregon, donde obtuvo el grado de Maestra en Ciencias en horticultura en 1987 y el grado de Doctor en Ciencias en el área de horticultura en el 1992 por Oregon State University. Desde 1990 labora en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) A.C. como investigador titular. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1994 (Nivel 1 1994-2001; nivel 2 (2002-a la fecha)). Su área de especialización es la fruticultura. Ha dirigido 12 tesis. Es autor de más de 82 artículos científicos indizados, 2 libros y 14 capítulos de libro científicos; ha dirigido 10 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del Conacyt en los programas de: Posgrado, PEI, en su momento Repatriaciones y sistemas regionales de investigación. Es árbitro de 4 revistas científicas de circulación internacional.

**LAILA NAYZEL MUÑOZ CASTELLANOS.** Terminó su licenciatura en 1992, año en el que le fue otorgado el título de Químico Bacteriólogo Parasitólogo por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en la ciudad de Chihuahua, donde obtuvo el grado de Maestra en Ciencias de la Productividad Frutícola en el 2000 por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas (UACH), y el grado de Doctora en Ciencias en Tecnología Ambiental en el 2006 por el CIMAV, en Chihuahua. Desde 1994 labora como académica en la Facultad de Ciencias Químicas (UACH). Tiene Perfil PROMEP 2015-2018. Su área de especialización es la microbiología y fitopatología. Ha dirigido 29 tesis de licenciatura, y 10 de maestría. Es autora de 15 artículos científicos, y 4 capítulos de libros científicos; ha dirigido 3 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es árbitro de una revista científica de circulación internacional.

# Crecimiento y producción de biomasa de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) bajo las condiciones climáticas del Noreste de México

## Growth and biomass production of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) under the climatic conditions of Northeastern México

ZAHIDD MEZA-CARRANCO<sup>1</sup>, EMILIO OLIVARES-SÁENZ<sup>1,2</sup>, ERASMO GUTIÉRREZ-ORNELAS<sup>1</sup>, HUGO BERNAL-BARRAGÁN<sup>1</sup>, JUANA ARANDA-RUIZ<sup>1</sup>, RIGOBERTO E. VÁZQUEZ-ALVARADO<sup>1</sup> Y ROBERTO CARRANZA-DE LA ROSA<sup>1</sup>

Recibido: Octubre 12, 2016

Aceptado: Noviembre 6, 2016

### Resumen

El cultivo de *Moringa oleifera* Lam. representa una alternativa viable para producción de biomasa por tener un rápido crecimiento vegetativo; sin embargo, tanto el crecimiento del cultivo como la producción de biomasa, pueden tener variaciones de acuerdo con las condiciones climatológicas y edáficas en que se desarrolle el cultivo. El objetivo de la presente investigación fue: evaluar el crecimiento y la producción de biomasa en dos niveles de fertilización (0 y 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), dos variedades de *M. oleifera* (vaina corta 24 cm y vaina larga 45 cm, dos densidades de población (11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm), durante los años 2013 y 2014 bajo condiciones de riego por goteo. El experimento se realizó a cielo abierto en el estado de Nuevo León, México (25° 47' 07.54" latitud Norte, 100° 17' 03.93" longitud Oeste, altitud de 479 msnm), utilizando un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, con un arreglo factorial Taguchi de 2<sup>4</sup>. La altura de planta registró relación positiva con la producción de biomasa. La densidad de población registró relación negativa al crecimiento, pero en la producción de biomasa registró relaciones positivas y negativas, dependiendo del periodo de crecimiento. Las variedades y la fertilización no registraron diferencias significativas en el crecimiento ni en la producción de biomasa. Se concluye que la altura de planta al corte y la densidad de población, afectan el crecimiento y la producción de biomasa de *M. oleifera*.

**Palabras clave:** *Moringa oleifera* Lam., fertilización, variedades, densidad de población, altura de planta.

### Abstract

Cultivation of *Moringa oleifera* Lam. is a viable alternative for biomass production by having a fast vegetative growth; however, both crop growth and biomass production may vary according to the climatic and edaphic conditions in which the crop develops. The objective of this study was to evaluate the growth and biomass production in two levels of fertilization (0 and 400 kg of N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>), two varieties of *M. oleifera* (short pod 24 cm and long pod 45 cm), two planting densities (11 and 33 plants m<sup>-2</sup>) and two plant height at cut (145.7 and 178.4 cm), during the years 2013 and 2014, under drip irrigation conditions. The experiment was realized in open sky conditions in Nuevo Leon state, Mexico (25° 47' 07.54" North latitude, 100° 17' 03.93" West longitude, and altitude of 479 mamsl), using an experimental randomized block design with four repetitions, with a factorial arrangement Taguchi of 2<sup>4</sup>. The Plant height was positively associated to biomass production. The planting density registered negative relationship to growth, but in biomass production showed positive and negative relationships, depending of growth period. The varieties and fertilization did not show significant differences in growth or biomass production. It is concluded that plant height at cutting and planting density, affect the growth and biomass production of *M. oleifera*.

**Keywords:** *Moringa oleifera* Lam., fertilization, varieties, planting density, plant height.

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN. Facultad de Agronomía. Francisco Villa s/n. Col. Ex-hacienda "El Canadá". Gral. Escobedo, Nuevo León. C.P. 66050. Tel. (81) 1340-4399.

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

## Introducción

**E**l árbol de *M. oleifera* es originario de la India y actualmente se está cultivado en México y otras partes del Mundo. Este árbol es de rápido crecimiento y llega a tener una altura superior a 5 m en el mismo año de su siembra desde semilla; árboles adultos llegan a desarrollarse hasta 10 m de altura (Paliwal *et al.*, 2011). El árbol de *M. oleifera* tiene una gran capacidad de resistencia a las podas, ofreciendo así flexibilidad para manejarlo como forraje que se puede estar cosechando en diversas ocasiones durante el año; sin embargo, existen factores que afectan su producción de biomasa, tales como la temperatura ambiental, la humedad disponible en el suelo, la variedad del cultivo, la fertilización, entre otros (Reyes *et al.*, 2006; Mendieta *et al.*, 2013).

Las plantas, al igual que todos los seres vivos, requieren de un balance nutricional que les proporcione un desarrollo adecuado. Entre los nutrimentos más relevantes se destacan el nitrógeno, fósforo y potasio; sin embargo, en la mayoría de los casos no están en las cantidades adecuadas para obtener altos rendimientos y de buena calidad, haciendo indispensable agregar nutrimentos por medio de fertilizantes, ya que sin ellos, la producción será cada vez menor debido al empobrecimiento paulatino del suelo por la extracción de los nutrimentos en cada cosecha (FAO, 2015).

La fertilización con nitrógeno para la producción de forraje de *M. oleifera* fue evaluada por Mendieta *et al.* (2013), utilizando las dosis de 0, 261, 521 y 782 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, encontrando que la mejor respuesta en producción de materia seca total (25 t.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> aproximadamente), se obtuvo con 521 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y a una densidad de población de 17 plantas m<sup>-2</sup>.

La densidad de población es un factor que afecta la cantidad de forraje que se puede producir en un espacio determinado, tal como lo demuestran Mendieta *et al.* (2013), quienes realizaron un experimento con *M. oleifera*, utilizando 10 y 17 plantas m<sup>-2</sup>, obteniendo una producción de materia seca de 11.6 y 21.2 t.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en plantas con altura promedio de 119 cm, cosechando a intervalos de 45 días después del rebrote.

La frecuencia con la que se corta el forraje de *M. oleifera* es un factor que afecta el comportamiento de la planta (Reyes *et al.*, 2006; Bamishaiye *et al.*, 2011), reflejando variación en la producción de biomasa, tal como lo demuestra el experimento realizado por Reyes *et al.* (2006), en el que evaluaron etapas para cosechar forraje de 45, 60 y 75 días de rebrote, registrando una cantidad de materia seca respectiva de 9.1, 11, y 17.6 t.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Debido a que *M. oleifera* se ha extendido desde la India al resto del mundo, se ha adaptado a diversas condiciones locales, generando así muchas variaciones de la planta, por lo que es importante contar con la mayor cantidad de genotipos posibles para poder obtener un mayor conocimiento de la variación en los parámetros de interés, tales como producción de biomasa, contenido de proteína y fibra, entre otros (Olson y Fahey, 2011).

Abubakar *et al.* (2011) encontraron que al norte de Nigeria, las hojas de la *M. oleifera* tienen variaciones anatómicas que se pueden tomar como base para mejorar el cultivo. Además, encontraron que las variaciones en la pared celular pueden ser atribuidas a muchos factores, entre los cuales se encuentran la velocidad del viento y el contenido de humedad en el suelo.

En México existe una amplia variabilidad de condiciones climatológicas, lo que produce una estructura productiva de las actividades agropecuarias con características muy diferentes entre una y otra región (SAGARPA, 2007),

por lo que es importante realizar estudios localizados sobre la producción de biomasa de *M. oleifera*, para obtener una referencia de la productividad que pudiera tener el cultivo en cada zona (Abubakar *et al.*, 2011). El objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento y la producción de biomasa de dos variedades de *M. oleifera* (vaina corta 24 cm y vaina larga 45 cm), dos densidades de población (11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>), dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm) en distintos periodos durante dos años consecutivos (2013 y 2014), bajo condiciones de riego por goteo.

## Materiales y métodos

### *Localización del área experimental*

El presente trabajo se realizó los años 2013 y 2014, en instalaciones de la Facultad de Agronomía de la UANL, localizada en el Campus Ciencias Agropecuarias en el municipio de Gral. Escobedo, Nuevo León, México, con una ubicación geográfica de 25° 47' 07.54" latitud Norte, 100° 17' 03.93" longitud Oeste, altitud de 479 msnm (INEGI, 2012) y precipitación pluvial anual de 581 mm (INEGI, 2011). La temperatura ambiental (°C) durante el experimento, se registró con un almacenador de datos (Data Logger S100TH) a intervalos de cada hora.

El suelo del área experimental registró un pH de 7.9, el contenido de materia orgánica y nitrógeno fue de 2.9 y 0.18%, respectivamente. De acuerdo con el método descrito por Olsen *et al.* (1954), el contenido de fósforo disponible fue de 17.5 ppm y el contenido de potasio disponible fue de 1.0 meq 100 g<sup>-1</sup>. El suelo pertenece a la clase arcilloso fino, según USDA (2011).

### *Preparación del suelo y siembra*

El área experimental (264 m<sup>2</sup>) se preparó con dos pasos de rastra cruzada (29 de enero 2013) y posteriormente se fertilizó (7 de marzo del 2013) con vermicomposta de estiércol bovino a razón de 5 t.ha<sup>-1</sup>; además se utilizó fertilizante granulado con fósforo, potasio y azufre (50, 50 y 6 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, y S,

respectivamente). En los tratamientos que incluyeron nitrógeno (400 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), éste se aplicó con sulfato de amonio para agregar 100 kg de N ha<sup>-1</sup> al inicio del experimento y después de cada cosecha, incorporando la fertilización inicial al suelo por medio de una roto-cultivadora; el resto de la fertilización nitrogenada se aplicó a razón de 100 kg N ha<sup>-1</sup>, 15 días después de cada cosecha, incorporándola al suelo al momento de cultivar.

El cultivo de *M. oleifera* se estableció el 29 de marzo del 2013, en cajas de propagación de unisel con 200 cavidades cada una, utilizando sustrato de turba grado hortícola (COSMOPEAT). El trasplante se realizó el 22 de abril del 2013, cuando la planta registró 15 cm de altura promedio.

El cultivo se desarrolló en condiciones de riego por goteo con cintilla de 16 mm de diámetro interno, con goteros espaciados a 20 cm y un gasto de 484 l h<sup>-1</sup> en 100 m a 10 psi, con espaciamiento de 60 cm entre líneas de riego. El riego se aplicó cuando los dos tensiómetros con profundidad de 30 cm, indicaban lecturas entre 15 y 20 centibares.

### *Tratamientos*

Los tratamientos estuvieron formados por la combinación de dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), dos variedades de *M. oleifera*: vaina corta (24 cm) y vaina larga (45 cm), dos densidades de población (11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>) y dos alturas de planta al corte (145.7 y 178.4 cm). El efecto de la interacción de tres factores se confundió con el efecto principal del cuarto factor, para constituir un diseño Taguchi 2<sup>4</sup>. El corte de las plantas se realizó a 15 cm sobre el nivel del suelo.

El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, con una unidad experimental de 3.0 x 2.8 m. De cada unidad experimental se eliminó un perímetro de 30 cm para descartar el efecto de borde en los datos a evaluar. Los tratamientos se ubicaron en campo de oriente a poniente, y las repeticiones de norte a sur, dejando pasillos de 1.0 m entre repeticiones para facilitar la toma de datos.

El material cosechado fue separado manualmente en dos fracciones: la hoja, correspondiendo solo a los folíolos, mientras que la fracción de tallo, incluyó el tallo y el raquis de la hoja. El peso fresco y seco de cada fracción por separado fue registrado, para obtener las variables: relación tallo:hoja (en gramos en base seca, g bs); peso de la biomasa fresca total (BFT) y biomasa seca total (BST), ambas biomásas medidas en toneladas por hectárea ( $t \cdot ha^{-1}$ ). La altura de planta se registró cada semana en cinco plantas por unidad experimental, para obtener la variable: altura de planta en centímetros (cm). La mortalidad de plantas fue calculada a partir del porcentaje de plantas muertas después de cada periodo.

Los periodos evaluados para la altura de planta al corte 1 (AC1) (145.7 cm) consistieron en las siguientes fechas: en el año 2013 se obtuvieron 3 periodos, del 22 de abril al 23 de junio (62 días con 27.5 °C promedio), del 23 de junio al 11 de agosto (49 días con 29.3 °C promedio) y del 11 de agosto al 06 de octubre (56 días con 26.4 °C promedio) y en el año 2014 se obtuvieron 4 periodos, del 06 de octubre de 2013 al 25 de mayo de 2014 (231 días con 18.6 °C promedio), del 25 de mayo al 20 de julio (56 días con 28.2 °C promedio), del 20 de julio al 31 de agosto (42 días con 29.8 °C promedio) y del 31 de agosto al 09 de noviembre (70 días con 23.9 °C promedio).

Los periodos evaluados para la altura de planta al corte 2 (AC2) (178.4 cm) consistieron en las siguientes fechas: en el 2013 se obtuvieron 3 periodos, del 22 de abril al 14 de julio (83 días con 27.9 °C promedio), del 14 de julio al 15 de septiembre (63 días con 28.6 °C promedio) y del 15 de septiembre de 2013 al 02 de febrero de 2014 (140 días con 17.6 °C promedio) y en el 2014 se obtuvieron 3 periodos, del 02 de febrero al 08 de junio (126 días con 22.6 °C promedio), del 08 de junio al 03 de agosto (56 días con 28.8 °C promedio) y del 03 de agosto al 05 de octubre (63 días con 27.2 °C promedio).

La diferencia de medias entre periodos se determinó por medio de la prueba de Tukey

( $P < 0.05$ ) y la diferencia de medias entre los niveles de los factores (fertilización, variedad, densidad y altura de planta) se determinaron por medio de análisis de varianza (ANVA,  $P < 0.05$ ); ambos análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS versión 20.0.

La temperatura mínima y máxima en la que se registró el incremento en la velocidad de crecimiento, se obtuvo seleccionando en la base de datos, plantas con altura mayor o igual a 45 cm, con propósito de reducir la variabilidad en el crecimiento inicial del cultivo (Figura 1).

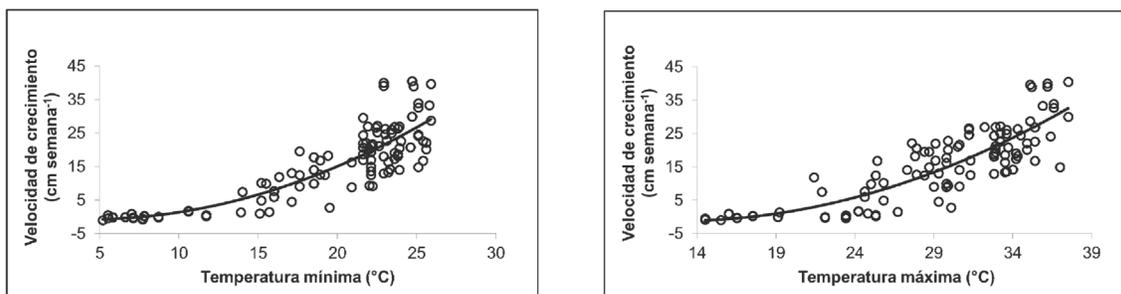
Las ecuaciones de regresión múltiple con efectos cuadráticos utilizadas para calcular la velocidad de crecimiento en función de la temperatura mínima, máxima y la altura de la planta, no consideraron los periodos en los que la planta registró interrupción en el crecimiento por temperaturas bajas (periodo 3 y AC2 en el año 2013, así como el periodo 1 y AC1 en el 2014). La técnica de máximos y mínimos de una función, fue utilizada para determinar la altura de planta que presentó la máxima velocidad de crecimiento (Figura 2).

## Resultados y discusión

### *Crecimiento del cultivo*

La velocidad de crecimiento del cultivo de *M. oleifera*, fue afectada por la temperatura ambiental y la altura de planta. La temperatura ambiental mínima y máxima en que se registró incremento en la velocidad de crecimiento fue de 14.0 y 21.9 °C, respectivamente, (Figura 1). Paliwal *et al.* (2011) y Ferreira *et al.* (2015) mencionan que el crecimiento de *M. oleifera* disminuye a temperaturas menores de 20 °C; sin embargo, Patel *et al.* (2014) obtuvieron que el desarrollo de la planta de *M. oleifera* está más relacionado con la humedad disponible para la planta y en menor grado con la temperatura ambiental. Ramírez (2007) menciona que los forrajes se ven afectados directamente por la temperatura, regulando su crecimiento. La velocidad de crecimiento registró mayor variabilidad, conforme fue aumentando la temperatura ambiental mínima y máxima (Figura 1).

Figura 1. Velocidad de crecimiento del cultivo de *M. oleifera*, temperatura ambiental mínima y temperatura ambiental máxima.



La velocidad de crecimiento se explicó en función de la temperatura mínima, la altura de planta y el efecto cuadrático, encontrando que las tres variables tuvieron efecto significativo sobre la velocidad de crecimiento ( $P = 0.000$  para las tres variables), obteniendo la siguiente ecuación de regresión:

$$Y_i = -34.106 + 1.573X_1 + 0.396X_2 - 0.002X_2^2 \quad R^2 = 0.752$$

En donde  $Y_i$  es la velocidad de crecimiento,  $X_1$  es la temperatura mínima,  $X_2$  es la altura de planta.

Considerando la ecuación de regresión, se encontró que por cada grado centígrado que se incrementa la temperatura mínima, el crecimiento de la planta se incrementó en 1.573 cm; en cuanto a la altura de la planta, se encontró que a medida que se incrementó la altura de la planta (en el rango de 20.8 a 200.1 cm) se incrementó la velocidad de crecimiento, sin embargo el efecto cuadrático fue significativo, lo que indica que después de cierta altura de planta, la velocidad de crecimiento tiende a disminuir, obteniendo la máxima velocidad de crecimiento calculada a una altura de 117.2 cm (Figura 2).

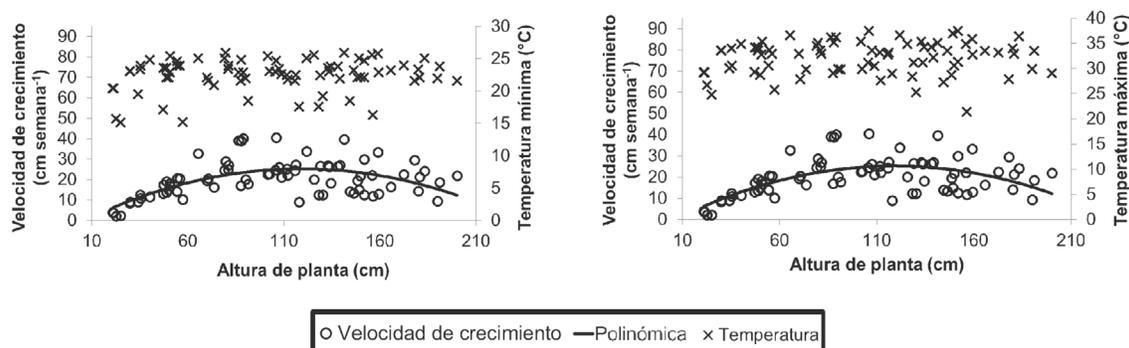
La velocidad de crecimiento también se explicó en función de la temperatura máxima, la altura y el efecto cuadrático (Figura 2), encontrando que las tres variables tuvieron efecto significativo sobre la velocidad de crecimiento ( $P = 0.000$  para las tres variables). La ecuación de regresión es la siguiente:

$$Y_i = -39.970 + 1.265X_1 + 0.399X_2 - 0.002X_2^2 \quad R^2 = 0.766$$

En donde  $Y_i$  es la velocidad de crecimiento,  $X_1$  es la temperatura máxima,  $X_2$  es la altura de planta.

De acuerdo a la ecuación de regresión, se obtuvo que por cada grado centígrado que se incrementó la temperatura máxima, el crecimiento se incrementó 1.265 cm; la altura de planta registró un efecto cuadrático significativo en la velocidad de crecimiento, obteniendo mayor velocidad de crecimiento a mayor altura de planta hasta llegar a 119.4 cm, después de esta altura de planta, la velocidad de crecimiento tiende a disminuir (Figura 2).

Figura 2. Velocidad de crecimiento del cultivo de *M. oleifera*, altura de planta, temperatura ambiental mínima y máxima.



### Producción de biomasa

La producción de Biomasa Fresca Total (BFT), registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre periodos, solo en el año 2013, obteniendo 33.1, 38.9 y 25.6 t.ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> en los periodos 1, 2 y 3 con un promedio de 32.5 t.ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Cuadro 1), los días transcurridos al corte fueron 62, 49 y 56, con las temperaturas promedio respectivas de 29.5, 27.3 y 26.4 °C, respectivamente. El mayor número de días al corte se presentó en el primer periodo, debido a que las plantas cosechadas procedían de plántulas trasplantadas, mientras que en los periodos subsecuentes fueron brotes de la planta inicial. Los altos y bajos rendimientos en el segundo y tercer corte, respectivamente, se explican por las temperaturas presentadas en ambos periodos (Figuras 1 y 2). En el año 2014 se registraron 4 periodos en donde no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre ellos; el promedio de rendimiento de BFT fue de 33.7 t.ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> (Cuadro 1). La diferencia del número de cortes en los dos años se debe a que en el segundo año, las plantas cosechadas procedían de rebrotes de la planta madre, mientras que en el primer año, el primer corte se realizó con plantas procedentes de las plantas trasplantadas con un único tallo. Considerando las temperaturas y condiciones de crecimiento en las que se realizó el experimento, se puede generalizar que es posible obtener cuatro cortes de *M. oleifera* forrajera por año en las partes bajas del estado de Nuevo León, con rendimientos promedio de forraje fresco de 134.8 t.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Reyes *et al.* (2006) registraron producciones de forraje fresco en el primer año de evaluación de 71.4, 75.3 y 100.3 t.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, cosechando el forraje en periodos de 45, 60 y 75 días, respectivamente, mientras que en el segundo año de evaluación, registraron valores respectivos de 26.7, 39.4 y 57.4 t.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, atribuyendo la disminución en la producción de forraje a una menor precipitación pluvial durante el segundo año.

En la presente investigación, la producción de BFT registró diferencias ( $P < 0.05$ ) en altura de planta al corte, obteniendo una relación positiva, es decir que a mayor altura de planta, se obtuvo mayor producción de BFT (Cuadros 2 y 3).

La producción de BFT registró además, diferencia ( $P < 0.05$ ) entre densidades de población, en el primer año, en donde durante el primer periodo se obtuvieron 30.7 y 35.5 t.ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, para las densidades de 11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>, mientras que en el tercer periodo fue inversa la proporción, registrando 27.2 y 24.0 t.ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> para las densidades respectivas a 11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>. La mayor producción de BFT con la mayor densidad en el primer periodo, se debió a que todas las plantas tenían un tallo correspondiente al del crecimiento inicial después del trasplante, mientras que en el tercer periodo, la mayor producción de BFT se obtuvo con la menor densidad de población, este comportamiento está asociado a la mortalidad, debido a que en el tercer periodo se observó mayor ( $P < 0.05$ ) mortalidad en la densidad de 33 plantas m<sup>-2</sup> (Cuadro 2). Reyes *et al.* (2006) concluyeron que pueden plantarse de 50 a 75

**Cuadro 1.** Comparación de periodos en la producción de biomasa de *M. oleifera* durante los años 2013 y 2014.

Variable	Periodos en el año 2013			EE	Periodos en el año 2014				EE
	1	2	3		1	2	3	4	
BFT (t.ha <sup>-1</sup> )	33.1 <sup>b</sup>	38.9 <sup>a</sup>	25.6 <sup>c</sup>	1.25	35.1 <sup>a</sup>	33.5 <sup>a</sup>	34.1 <sup>a</sup>	32.1 <sup>a</sup>	1.61
BST (t.ha <sup>-1</sup> )	5.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>	0.23	5.1 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>b</sup>	0.24
Relación tallo:hoja (g bs)	2.1:1.0 <sup>b</sup>	1.7:1.0 <sup>c</sup>	2.4:1.0 <sup>a</sup>	0.09	2.4:1.0 <sup>a</sup>	2.0:1.0 <sup>b</sup>	1.9:1.0 <sup>b</sup>	1.9:1.0 <sup>b</sup>	0.08
Mortalidad (%)	3.8 <sup>b</sup>	7.9 <sup>b</sup>	14.8 <sup>a</sup>	1.22	20.3 <sup>a</sup>	16.8 <sup>a</sup>	15.7 <sup>a</sup>	15.9 <sup>a</sup>	1.75
Altura de planta (m)	159.0 <sup>a</sup>	170.8 <sup>a</sup>	139.0 <sup>b</sup>	4.87	157.9 <sup>a</sup>	169.4 <sup>a</sup>	170.7 <sup>a</sup>	156.2 <sup>a</sup>	6.25

BFT = Biomasa Fresca Total; BST = Biomasa Seca Total; g bs = gramos en base seca. Valores seguidos de diferente letra en hileras para cada periodo indican diferencia estadística significativa (Tukey,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

plantas m<sup>-2</sup> en caso de no tener falta de humedad; sin embargo, la competencia entre plantas también se debe a la irradiación solar.

La producción de BFT en el presente estudio, no registró diferencia ( $P > 0.05$ ) entre variedades ni entre niveles de fertilización en ninguno de los periodos de los dos años evaluados.

La producción de Biomasa Seca Total (BST) registró diferencias significativas entre periodos en los dos años evaluados (Cuadro 1), obteniendo mayores producciones en los primeros dos periodos de cada año, con valores de 5.4 y 5.5 t.ha<sup>-1</sup> periodo<sup>-1</sup> en el 2013, así como 5.1 y 4.7 t.ha<sup>-1</sup> periodo<sup>-1</sup> en el 2014. La producción de BST por año registrada fue de 14.4 y 17.5 t.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para el primero y segundo

año, respectivamente; la mayor producción de BST en el segundo año, se debió a que se obtuvieron cuatro periodos de cosecha en AC1 y tres periodos en AC2, comparado con tres periodos en AC1 y tres periodos en AC2, durante el primer año; además, en el primer año se inició con el trasplante hasta el mes de abril. Reyes *et al.* (2006) registraron producciones de forraje seco en el primer año de 13.5, 15.2 y 24.7 t.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, cosechando el forraje en periodos de 45, 60 y 75 días, respectivamente, mientras que en el segundo año de evaluación, registraron valores de 4.7, 6.8 y 10.4 t.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, mencionando que la disminución en la producción de forraje fue debida a una menor precipitación pluvial durante el segundo año.

**Cuadro 2.** Efecto de la fertilización, variedad, densidad y altura de planta al corte, sobre la altura de planta (cm), producción de biomasa fresca total (BFT; t.ha<sup>-1</sup>), biomasa seca total (BST; t.ha<sup>-1</sup>), relación tallo hoja (g bs) y mortalidad (%) de *M. oleifera* en diversos periodos durante el año 2013.

	Fertilización		EE	Variedad		EE	Densidad		EE	Altura de planta al corte		EE
	Sin N	Con N		VC	VL		D1	D2		AC1	AC2	
Primer periodo												
Altura de planta (cm)	159.4 <sup>a</sup>	158.6 <sup>a</sup>	4.05	155.3 <sup>a</sup>	162.7 <sup>a</sup>	4.02	171.1 <sup>a</sup>	146.8 <sup>b</sup>	4.04	138.2 <sup>b</sup>	179.7 <sup>a</sup>	4.02
BFT (t.ha <sup>-1</sup> )	33.0 <sup>a</sup>	33.3 <sup>a</sup>	0.99	32.7 <sup>a</sup>	33.5 <sup>a</sup>	0.98	30.7 <sup>b</sup>	35.5 <sup>a</sup>	0.99	28.2 <sup>b</sup>	38.1 <sup>a</sup>	0.98
BST (t.ha <sup>-1</sup> )	5.4 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	0.18	5.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	0.18	5.0 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	0.18	4.0 <sup>b</sup>	6.7 <sup>a</sup>	0.18
Relación tallo:hoja (g bs)	2.1:1.0 <sup>a</sup>	2.0:1.0 <sup>a</sup>	0.09	2.1:1.0 <sup>a</sup>	2.1:1.0 <sup>a</sup>	0.09	2.0:1.0 <sup>a</sup>	2.1:1.0 <sup>a</sup>	0.09	1.8:1.0 <sup>b</sup>	2.4:1.0 <sup>a</sup>	0.09
Mortalidad (%)	3.8 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	0.65	3.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	0.65	3.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	0.65	4.1 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	0.65
Segundo periodo												
Altura de planta (cm)	169.6 <sup>a</sup>	172.0 <sup>a</sup>	4.19	173.0 <sup>a</sup>	168.6 <sup>a</sup>	4.16	184.6 <sup>a</sup>	156.9 <sup>b</sup>	4.18	151.6 <sup>b</sup>	190.0 <sup>a</sup>	4.16
BFT (t.ha <sup>-1</sup> )	38.9 <sup>a</sup>	38.9 <sup>a</sup>	1.25	39.0 <sup>a</sup>	38.9 <sup>a</sup>	1.24	40.5 <sup>a</sup>	37.3 <sup>a</sup>	1.25	32.4 <sup>b</sup>	45.4 <sup>a</sup>	1.24
BST (t.ha <sup>-1</sup> )	5.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	0.19	5.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	0.19	5.7 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	0.19	4.4 <sup>b</sup>	6.7 <sup>a</sup>	0.19
Relación tallo:hoja (g bs)	1.7:1.0 <sup>a</sup>	1.7:1.0 <sup>a</sup>	0.03	1.7:1.0 <sup>a</sup>	1.7:1.0 <sup>a</sup>	0.03	1.6:1.0 <sup>b</sup>	1.7:1.0 <sup>a</sup>	0.03	1.7:1.0 <sup>a</sup>	1.7:1.0 <sup>a</sup>	0.03
Mortalidad (%)	7.2 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	0.94	6.8 <sup>a</sup>	8.9 <sup>a</sup>	0.93	4.9 <sup>b</sup>	10.8 <sup>a</sup>	0.94	9.6 <sup>a</sup>	6.1 <sup>b</sup>	0.93
Tercer periodo												
Altura de planta (cm)	137.8 <sup>a</sup>	140.1 <sup>a</sup>	4.05	140.1 <sup>a</sup>	137.8 <sup>a</sup>	4.02	150.9 <sup>a</sup>	127.0 <sup>b</sup>	4.04	151.4 <sup>a</sup>	126.5 <sup>b</sup>	4.02
BFT (t.ha <sup>-1</sup> )	26.1 <sup>a</sup>	25.1 <sup>a</sup>	0.87	26.0 <sup>a</sup>	25.2 <sup>a</sup>	0.87	27.2 <sup>a</sup>	24.0 <sup>b</sup>	0.87	29.5 <sup>a</sup>	21.7 <sup>b</sup>	0.87
BST (t.ha <sup>-1</sup> )	3.6 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	0.13	3.6 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	0.13	3.7 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	0.13	3.5 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	0.13
Relación tallo:hoja (g bs)	2.5:1.0 <sup>a</sup>	2.4:1.0 <sup>a</sup>	0.09	2.4:1.0 <sup>a</sup>	2.5:1.0 <sup>a</sup>	0.09	2.4:1.0 <sup>a</sup>	2.5:1.0 <sup>a</sup>	0.09	1.8:1.0 <sup>b</sup>	3.0:1.0 <sup>a</sup>	0.09
Mortalidad (%)	13.0 <sup>a</sup>	16.5 <sup>a</sup>	1.77	13.3 <sup>a</sup>	16.2 <sup>a</sup>	1.80	8.2 <sup>b</sup>	21.4 <sup>a</sup>	1.77	18.5 <sup>a</sup>	11.1 <sup>b</sup>	1.76

Sin N = Sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); Con N = Con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); VC = Variedad de vaina corta (24 cm); VL = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; AC1 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 145.7 cm; AC2 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 178.4 cm; g bs = gramos en base seca. Valores seguidos de diferente letra entre columnas, indican diferencia estadística significativa (ANVA,  $P < 0.05$ ); EE = Error Estándar.

**Cuadro 3.** Efecto de la fertilización, variedad, densidad y altura de planta al corte, sobre la altura de planta (cm), producción de biomasa fresca total (BFT; t.ha<sup>-1</sup>), biomasa seca total (BST; t.ha<sup>-1</sup>), relación tallo hoja (g bs) y mortalidad (%) de *M. oleifera* en diversos periodos durante el año 2014.

	Fertilización		EE	Variedad		EE	Densidad		EE	Altura de planta al corte		EE
	Sin N	Con N		VC	VL		D1	D2		AC1	AC2	
Primer periodo												
Altura de planta (cm)	157.7 <sup>a</sup>	158.2 <sup>a</sup>	4.44	160.7 <sup>a</sup>	155.1 <sup>a</sup>	4.41	173.7 <sup>a</sup>	142.1 <sup>b</sup>	4.43	124.3 <sup>b</sup>	191.6 <sup>a</sup>	4.41
BFT (t.ha <sup>-1</sup> )	36.0 <sup>a</sup>	34.2 <sup>a</sup>	2.13	36.5 <sup>a</sup>	33.6 <sup>a</sup>	2.11	37.6 <sup>a</sup>	32.6 <sup>a</sup>	2.12	30.0 <sup>b</sup>	40.2 <sup>a</sup>	2.11
BST (t.ha <sup>-1</sup> )	5.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	0.32	5.4 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	0.32	5.6 <sup>a</sup>	4.6 <sup>b</sup>	0.32	4.2 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	0.32
Relación tallo:hoja (g bs)	2.4:1.0 <sup>a</sup>	2.5:1.0 <sup>a</sup>	0.09	2.6:1.0 <sup>a</sup>	2.3:1.0 <sup>b</sup>	0.09	2.4:1.0 <sup>a</sup>	2.4:1.0 <sup>a</sup>	0.09	2.1:1.0 <sup>b</sup>	2.8:1.0 <sup>a</sup>	0.09
Mortalidad (%)	20.1 <sup>a</sup>	20.4 <sup>a</sup>	1.76	17.1 <sup>b</sup>	23.4 <sup>a</sup>	1.75	12.6 <sup>b</sup>	27.9 <sup>a</sup>	1.76	24.0 <sup>a</sup>	16.5 <sup>b</sup>	1.75
Segundo periodo												
Altura de planta (cm)	169.5 <sup>a</sup>	169.3 <sup>a</sup>	3.76	170.1 <sup>a</sup>	168.7 <sup>a</sup>	3.73	177.4 <sup>a</sup>	161.4 <sup>b</sup>	3.75	155.3 <sup>b</sup>	183.5 <sup>a</sup>	3.73
BFT (t.ha <sup>-1</sup> )	33.9 <sup>a</sup>	33.1 <sup>a</sup>	1.47	34.5 <sup>a</sup>	32.4 <sup>a</sup>	1.46	33.0 <sup>a</sup>	34.0 <sup>a</sup>	1.46	30.5 <sup>b</sup>	36.5 <sup>a</sup>	1.46
BST (t.ha <sup>-1</sup> )	4.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	0.21	4.7 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	0.21	4.5 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	0.21	3.9 <sup>b</sup>	5.4 <sup>a</sup>	0.21
Relación tallo:hoja (g bs)	2.0:1.0 <sup>a</sup>	2.0:1.0 <sup>a</sup>	0.07	1.9:1.0 <sup>a</sup>	2.0:1.0 <sup>a</sup>	0.07	2.0:1.0 <sup>a</sup>	2.0:1.0 <sup>a</sup>	0.07	1.7:1.0 <sup>b</sup>	2.2:1.0 <sup>a</sup>	0.07
Mortalidad (%)	16.9 <sup>a</sup>	16.6 <sup>a</sup>	1.70	16.1 <sup>a</sup>	17.4 <sup>a</sup>	1.68	12.4 <sup>b</sup>	21.1 <sup>a</sup>	1.69	18.0 <sup>a</sup>	15.5 <sup>a</sup>	1.68
Tercer periodo												
Altura de planta (cm)	169.6 <sup>a</sup>	171.8 <sup>a</sup>	5.05	166.9 <sup>a</sup>	174.5 <sup>a</sup>	5.01	176.9 <sup>a</sup>	164.5 <sup>b</sup>	5.03	141.1 <sup>b</sup>	200.3 <sup>a</sup>	5.01
BFT (t.ha <sup>-1</sup> )	34.2 <sup>a</sup>	33.9 <sup>a</sup>	1.08	34.1 <sup>a</sup>	34.0 <sup>a</sup>	1.07	33.1 <sup>a</sup>	35.0 <sup>a</sup>	1.08	25.7 <sup>b</sup>	42.4 <sup>a</sup>	1.07
BST (t.ha <sup>-1</sup> )	4.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	0.16	4.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	0.16	4.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	0.16	3.3 <sup>b</sup>	5.1 <sup>a</sup>	0.15
Relación tallo:hoja (g bs)	1.9:1.0 <sup>a</sup>	1.9:1.0 <sup>a</sup>	0.03	1.9:1.0 <sup>a</sup>	1.9:1.0 <sup>a</sup>	0.03	1.8:1.0 <sup>b</sup>	1.9:1.0 <sup>a</sup>	0.03	1.5:1.0 <sup>b</sup>	2.2:1.0 <sup>a</sup>	0.03
Mortalidad (%)	15.4 <sup>a</sup>	16.0 <sup>a</sup>	1.45	13.2 <sup>b</sup>	18.1 <sup>a</sup>	1.43	11.9 <sup>b</sup>	19.4 <sup>a</sup>	1.44	16.2 <sup>a</sup>	15.1 <sup>a</sup>	1.43
Cuarto periodo												
Altura de planta (cm)	158.4 <sup>a</sup>	153.9 <sup>a</sup>	6.04	153.3 <sup>a</sup>	159.1 <sup>a</sup>	6.04	160.7 <sup>a</sup>	151.7 <sup>a</sup>	5.93	156.2	ND	ND
BFT (t.ha <sup>-1</sup> )	32.8 <sup>a</sup>	31.4 <sup>a</sup>	1.20	31.8 <sup>a</sup>	32.4 <sup>a</sup>	1.20	31.8 <sup>a</sup>	32.4 <sup>a</sup>	1.18	32.1	ND	ND
BST (t.ha <sup>-1</sup> )	3.6 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	0.27	3.4 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	0.27	3.4 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	0.27	3.5	ND	ND
Relación tallo:hoja (g bs)	1.9:1.0 <sup>a</sup>	1.9:1.0 <sup>a</sup>	0.16	1.9:1.0 <sup>a</sup>	1.9:1.0 <sup>a</sup>	0.16	1.8:1.0 <sup>a</sup>	2.0:1.0 <sup>a</sup>	0.16	1.9:1.0	ND	ND
Mortalidad (%)	15.5 <sup>a</sup>	16.2 <sup>a</sup>	1.32	13.4 <sup>b</sup>	18.3 <sup>a</sup>	1.31	9.7 <sup>b</sup>	22.0 <sup>a</sup>	1.31	24.1	ND	ND

Sin N = Sin nitrógeno (0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); Con N = Con nitrógeno (400 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); VC = Variedad de vaina corta (24 cm); VL = Variedad de vaina larga (45 cm); D1 = Densidad de población de 11 plantas m<sup>-2</sup>; D2 = Densidad de población de 33 plantas m<sup>-2</sup>; AC1 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 145.7 cm; AC2 = Altura de planta al corte promedio durante el experimento 178.4 cm; g bs = gramos en base seca. Valores seguidos de diferente letra entre columnas, indican diferencia estadística significativa (ANVA, P < 0.05); EE = Error Estándar; ND = no determinado.

La producción de BST en la presente investigación durante los dos años evaluados, mostró la misma tendencia que BFT, encontrando mayores rendimientos en AC2 (P < 0.05) (Cuadros 2 y 3); sin embargo, solo en el tercer periodo del año 2013 no registró diferencia significativa (P > 0.05) entre alturas de planta en la producción de BST, debido a que solo registró una diferencia de 24.9 cm entre las alturas evaluadas, ocasionada por la cosecha prematura, debida a la interrupción del crecimiento en la altura de planta AC2, por presencia de temperatura ambiental mínima inferior a 0 °C.

La producción de BST registró diferencia significativa (P < 0.05) entre densidades de población, solo en el primer periodo de cada año, obteniendo 5.0 y 5.7 t.ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> para las densidades de 11 y 33 plantas m<sup>-2</sup> durante el 2013, mientras que se registraron 5.6 y 4.6 t.ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> en las densidades de 11 y 33 plantas m<sup>-2</sup> en el 2014. La producción de BST en el año 2013 fue de 14.4 y 14.5 t.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para 11 y 33 plantas m<sup>-2</sup>, mientras que en el 2014, la producción de BST respectiva fue de 17.6 y 17.2 t.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Mendieta *et al.* (2013) registraron 11.6 y 21.2 t.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, utilizando densidades de

población de 10 y 17 plantas  $m^{-2}$ . La producción de BST en la presente investigación, no registró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre niveles de fertilización ni entre variedades en ningún periodo durante los dos años evaluados. Mendieta *et al.* (2013) obtuvieron una mayor ( $P < 0.05$ ) producción de BST utilizando 521 kg de N  $ha^{-1}$  año $^{-1}$ , en comparación con 0 kg de N  $ha^{-1}$  año $^{-1}$ .

#### *Relación tallo:hoja*

La relación tallo:hoja registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre periodos en ambos años del experimento (Cuadro 1), obteniendo los mayores valores en el tercer periodo del 2013 y primer periodo del 2014, con 2.4:1.0 g bs en ambos periodos, este efecto está asociado con una relación negativa a la temperatura media ambiental, ya que en esos periodos se registraron las temperaturas menores durante el estudio. Este resultado indica que la temperatura también está asociada con una mayor producción de hoja, lo que tiene como consecuencia una mayor actividad fotosintética y mayores contenidos de proteína en el forraje.

La relación tallo:hoja registró diferencia significativa en el factor altura de planta al corte ( $P < 0.05$ ) en la mayoría de los periodos evaluados en ambos años (Cuadros 2 y 3), mostrando una relación positiva, es decir, a mayor altura de planta al corte, se registró mayor peso de tallos en relación al peso de hojas; este resultado indica que la menor altura de planta al corte tiene una mayor calidad del forraje, debido a que la hoja tiene mayor contenido de proteína que el tallo (Mendieta *et al.*, 2013). La relación tallo:hoja registró además diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre densidades, solo en el segundo periodo del primer año y en el tercer periodo del segundo año con valores de 1.6:1.0 y 1.7:1.0 g bs para las densidades de 11 y 33 plantas  $m^{-2}$  en el primer año, mientras que en el segundo año se registraron las relaciones de 1.8:1.0 y 1.9:1.0 g bs en las densidades de 11 y 33 plantas  $m^{-2}$ .

El mayor peso de hojas respecto al peso de tallo en la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$  se explica por la pérdida de hojas inferiores en la

densidad de 33 plantas  $m^{-2}$  debido a la caída de hojas inferiores en esta última densidad por efecto de falta de radiación solar. La relación tallo:hoja, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre variedades, solo en el segundo año y en el primer periodo, obteniendo 2.6:1.0 y 2.3:1.0 g bs para la variedad de vaina corta y vaina larga, respectivamente; sin embargo, en la interacción de variedad con altura de planta al corte, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo en el primer año y en el segundo periodo, obteniendo una menor relación tallo:hoja (1.6:1.0 g bs) la combinación de variedad vaina larga con AC2. La fertilización no ocasionó diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) analizado como efecto principal; sin embargo, en interacción, registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) solo en el segundo periodo del primer año evaluado, obteniendo una menor relación tallo:hoja (1.6:1.0 g bs) con la combinación de fertilización nitrogenada y la densidad de 11 plantas  $m^{-2}$ . Mendieta *et al.* (2013) registraron relaciones de fracción gruesa:fina con valores de 1.8:1.0, 1.7:1.0, 1.8:1.0 y 1.7:1.0 g bs, al evaluar dosis de fertilización nitrogenada de 0, 261, 521 y 782 kg de N  $ha^{-1}$  año $^{-1}$ , respectivamente, mientras que para las densidades de 10 y 17 plantas  $m^{-2}$  registraron relaciones de 1.7:1.0 y 1.8:1.0 g bs, tomando como fracción fina partículas con diámetro menor a 5 mm, incluyendo hojas, peciolo y tallos suaves, mientras que la fracción gruesa consistió de los tallos con diámetro mayor a 5 mm.

#### *Mortalidad*

El cultivo de *M. oleifera* presentó daños causados por el gusano gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), observándose el daño en el rebrote de cada cosecha. Se registraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre periodos solo durante el primer año, obteniendo la mayor mortalidad en el tercer periodo con 14.8% (Cuadro 1). La mortalidad registró además diferencia ( $P < 0.05$ ) entre las densidades de población en la mayoría de los periodos durante ambos años del experimento, obteniendo una relación positiva, es decir que a mayor densidad de población se registró mayor mortalidad (Cuadros 2 y 3). Las plantas faltantes se

repusieron con plantas nuevas por medio de trasplante, en las que se presentaron daños causados por conejos (*Oryctolagus spp.*), reponiéndose nuevamente después de la cosecha.

La mortalidad registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre alturas de planta al corte en el segundo y tercer periodo del 2013, con valores respectivos de 9.6 y 6.1%, así como 18.5 y 11.1% para AC1 y AC2, respectivamente, mientras que en el 2014 sólo se registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el primer periodo con valores de 24.0 y 16.5% para AC1 y AC2, respectivamente.

La mortalidad registró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre variedades, solo durante el segundo año de evaluación del experimento (Cuadro 3), registrando una mayor ( $P < 0.05$ ) mortalidad la variedad de vaina larga en los periodos primero, tercero y cuarto, con valores de 23.4, 18.1 y 18.3%, respectivamente, mientras que la variedad de vaina corta registró valores respectivos de 17.1, 13.2 y 13.4%.

La mortalidad no registró diferencias entre niveles de fertilización en ninguno de los periodos del experimento. Mendieta *et al.* (2013) registraron una mortalidad de 0.37% en el cultivo de *M. oleifera*, debido a la termita. Lezcano *et al.* (2014) reportaron que el cultivo de *M. oleifera* es afectado también por enfermedades fungosas. Palada y Chang (2003) mencionan que el cultivo de *M. oleifera* es propenso a diversas plagas, por lo que recomiendan realizar prácticas de control de plagas.

## Conclusiones

El crecimiento y la producción de biomasa de *M. oleifera* fluctúan en relación con los periodos en que se desarrolle el cultivo, evidenciando a la temperatura ambiental como uno de los factores que marca la pauta en el desarrollo del cultivo. La combinación óptima de los factores en la presente investigación puede variar depende del enfoque, debido a que la altura de planta al corte que produce mayor BST fue AC2, además de tener una menor mortalidad; sin embargo, AC1 tiene una menor relación tallo:hoja; la densidad de 11 plantas m<sup>-2</sup>

desarrolla mayor altura de planta, además de tener una menor mortalidad y una menor relación tallo:hoja; la variedad de vaina corta obtuvo menor mortalidad; sin embargo, la variedad de vaina larga registró menor relación tallo:hoja; la fertilización no registró diferencia significativa, pudiendo optar por no fertilizar.

## Literatura citada

- ABUBAKAR, B. Y., S. MuA'zu, A. U. Khan and A. K. Adamu. 2011. Morpho-anatomical variation in some accessions of *M. oleifera* Lam. from northern Nigeria. *Afr. J. Plant Sci.* 5(12):742-748.
- BAMISHAIYE, E. I., F. F. Olayemi, E. F. Awagu and O. M. Bamshaiye. 2011. Proximate and phytochemical composition of *Moringa oleifera* leaves at three stages of maturation. *Adv. J. Food Sci. Technol.* 3(4):233-237.
- FAO. 2015. World fertilizer trends and outlook to 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. ISBN: 978-92-5-108692-6. 66 p.
- Ferreira, P. da C., P. S. de O. Rabello, A. Borsol, E. de V. Soares, L. T. Egidio, J. P. Tlago and M. V. S. Mansano. 2015. Initial growth of *Moringa oleifera* Lam. under different planting densities in autumn/winter in south Brazil. *African Journal of Agricultural Research* 10(5):394-398. doi: 10.5897/AJAR2013.7549.
- INEGI. 2011. Anuario estadístico de Nuevo León. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Gobierno del Estado de Nuevo León. ISSN 0188-8471. 594 p.
- INEGI. 2012. Google Earth 6.2.2.6613. Fecha de la compilación 4/11/2012. Servidor kh.google.com. Google Inc. 2012. (Google 2012 – INEGI 2012).
- LEZCANO J. C., O. Alonso, M. Trujillo y E. Martínez. 2014. Agentes fungosos asociados a síntomas de enfermedades en plántulas de *Moringa oleifera* Lamarck. *Pastos y Forrajes* 32(2):166-172.
- MENDIETA, B. A., E. Spöndly, N. S. Reyes, F. M. Salmerón and M. Halling. 2013. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different planting densities and levels of nitrogen fertilization. *Agroforest Syst.* 87:81-92.
- OLSEN S., Cole C., Watanabe F, Dean L (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA circ. 939. USDA, Washington, DC.
- OLSON, M. E. y J. W. Fahey. 2011. *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1071-1082.
- PALADA, M. C. and L. C. Chang. 2003. Suggested cultural practices for Moringa. Asian Vegetable Research and Development Center. Pub # 03 545.
- PALIWAL, R., V. Sharma and Pracheta. 2011. A Review on Horse Radish Tree (*Moringa oleifera*): A Multipurpose tree with high economic and commercial importance. *Asian J. Biotechnol.* 3(4):317-328.
- PATEL, V. R., S. Pramod and K. S. Rao. 2014. Cambial activity, annual rhythm of xylem production in relation to phenology and climatic factors and lignification pattern during xylogenesis in drum-stick tree (*Moringa oleifera*). *Flora* 209:556-566.
- RAMÍREZ, L. R. G. 2007. Los pastos en la nutrición de rumiantes. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. ISBN: 970-694-329-3. 217 p.
- REYES, N. S., S. Ledin and I. Ledin. 2006. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua. *Agroforestry Systems* 66:231-242.
- SAGARPA. 2007. Programa sectorial de desarrollo agropecuario y pesquero. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. ISBN: 978-968-800-730-3. 96 p.
- USDA (United States Department of Agriculture) 2011. Soil survey laboratory information manual. Soil survey investigations report No. 45 Ver. 2.0, Lincoln, Nebraska, 506 p. 

Este artículo es citado así:

Meza, Z., E. Olivares, E. Gutiérrez, H. Bernal, J. Aranda, R. Vázquez y R. Carranza. 2016. Crecimiento y producción de biomasa de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) bajo las condiciones climáticas del Noreste de México. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 10(3):143-153.

## Resumen curricular del autor y coautores

**ZAHIDD MEZA CARRANCO.** Terminó su licenciatura en 2000, año en que fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo por la Facultad de Agronomía de la UANL. Realizó su posgrado en la misma Facultad de Agronomía, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Producción Animal en el año de 2005. Es coautor de 36 ponencias en seminarios y congresos. De 2000-2012 laboró en ranchos particulares en las áreas: siembra-cosecha de forrajes, pie de cría y engorda de ganado bovino. Desde 2016 labora como docente en la Facultad de Agronomía de la UANL.

**EMILIO OLIVARES SÁENZ.** Terminó su licenciatura en 1971, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó una maestría en estadística en el Colegio de Postgraduados en Chapingo, México, de 1974 a 1975. Posteriormente, obtuvo una maestría en fertilidad de suelos y un doctorado en nutrición vegetal en la Universidad Estatal de Nuevo México, E. U. Desde 1975 labora en la Facultad de Agronomía de la UANL. Fue miembro del Sistema Nacional de Investigadores del 2003 al 2011 con Nivel I. Su área de especialización es agricultura protegida, nutrición vegetal y estadística. Ha dirigido 17 tesis de maestría y 9 de doctorado. Es autor de 51 artículos científicos, más de 40 ponencias en congresos; ha impartido 46 conferencias por invitación y ha dirigido 10 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación Fundación Produce Nuevo León y del Programa de Docencia Universitaria.

**ERASMO GUTIÉRREZ ORNELAS.** Terminó su licenciatura en 1978, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó su Maestría en Ciencias en Producción Animal en el Colegio de Postgraduados, Chapingo, México en 1981 y el Doctorado en 1989 en la Universidad de Nebraska, Departamento de Ciencia Animal con énfasis en Nutrición de Rumiantes y Forrajes. De 1978 a 2014 Maestro de Tiempo Completo Titular D. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores de 1991 a 1994 (Candidato) y de 2008 a 2011 (Nivel I). Su área de especialización es Nutrición Animal, relacionada con Sistemas de Alimentación de Rumiantes y Evaluación de Recursos Forrajeros. Ha dirigido aproximadamente 35 tesis de Licenciatura, Maestría y Doctorado. Es autor o coautor de más de 20 artículos científicos publicados en revistas nacionales e internacionales. Desde 1981 ha participado en congresos nacionales e internacionales con la presentación de resúmenes científicos, artículos técnicos y ponencias por invitación. Fue presidente de la Asociación Mexicana de Producción Animal de 1999 al 2000 así como miembro del "Board of Directors" de la American Society of Animal Science del 2002 al 2005. Ha sido Maestro Invitado por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Tamaulipas de 1998 al 2005, presidente del Consorcio Técnico del Noreste de México A.C. de 2003 a 2017 y asesor de la Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas, Unión Ganadera Regional de Nuevo León desde 1997.

**HUGO BERNAL BARRAGÁN.** Terminó su licenciatura en 1983, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó su posgrado en Alemania, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias (Dipl.-Ing.agr) en el área de Nutrición Animal en 1988 por la Universidad de Hohenheim y el grado de Doctorado (Dr. sc. agr.) en el área de Nutrición y Fisiología Animal en 1992 por la Universidad de Hohenheim (Alemania). Desde 1984 labora en la Facultad de Agronomía de la UANL y posee la categoría de Maestro de Tiempo Completo titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1993 (candidato 1993-1995; Nivel 1 2012-2018). Su área de especialización es la nutrición animal, relacionada con crecimiento y reproducción animal. Ha dirigido 20 tesis de licenciatura, 21 de maestría y 4 de doctorado. Es autor de 38 artículos científicos, más de 40 ponencias en congresos, y 20 capítulos de libros científicos; además ha impartido 18 conferencias por invitación y ha dirigido 8 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales), es árbitro de dos revistas científicas de circulación internacional.

**JUANA ARANDA RUIZ.** Terminó su licenciatura en 1978, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero químico bromatólogo por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en Inglaterra, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Ciencia de la Carne en la Universidad de Nottingham y el grado de Doctor en Filosofía también en el área de alimentos cárnicos en 1990 por la Universidad de Bristol. Desde 1978 labora en la Facultad de Zootecnia de la UACH y posee la categoría de Académico titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1992 (candidato 1992-1995; Nivel 1 1995-1999; 2006-2009). Su área de especialización es la bioquímica del músculo y la calidad de la carne fresca. Ha dirigido 1 tesis de licenciatura, 16 de maestría y 3 de doctorado. Es autora de 70 artículos científicos, más de 100 ponencias en congresos, 5 capítulos de libros científicos; además ha impartido 39 conferencias por invitación y ha dirigido 16 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluadora de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y Fundación Produce Chihuahua, es revisora del seguimiento de los Fondos sectoriales Sagarpa-Conacyt, es árbitro de tres revistas científicas de circulación internacional.

**RIGOBERTO VÁZQUEZ.** Terminó su licenciatura en 1971, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó su posgrado en México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Ciencia en Suelos e Irrigación en 1973 por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, y el grado de Doctor en Filosofía, Área Mayor en Fisiología y Uso y Manejo del Agua en 1981 por la Universidad Estatal de Nuevo México, EE.UU. Desde 1981 labora en la Facultad de Agronomía de la UANL y posee la categoría de Titular B. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2013 (Nivel 1, 2013-2015 y 2016-2019). Su área de especialización es la Producción y Aprovechamiento de Nopal y Maguey, Uso y Manejo del Agua y Suelo, Uso y Manejo de Abonos Orgánico, así como la Relación agua suelo planta. Ha dirigido a 77 tesis como asesor principal y 75 como asesor colaborador. Tiene 60 conferencias dictadas en diferentes foros y localidades, 42 seminarios dictados en diferentes instituciones, 106 trabajos publicados en diferentes revistas en extenso, así como revistas arbitradas, indexadas y memorias de congresos. Tiene 35 participaciones en Demostraciones de Campo. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y también revisor o árbitro de tres revistas de circulación nacional e internacional: *Agronomía Mesoamericana*, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, y *Terra*.

**ROBERTO CARRANZA DE LA ROSA.** Terminó su licenciatura en el año 1974, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en el año de 1981, por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó estudios de posgrado en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi en la República de Colombia, donde obtuvo el Diplomado especialista en interpretación de imágenes de sensores remotos aplicados a levantamientos edafológicos. Continuó estudios de posgrado en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en Coahuila, Méx., desarrollando investigación en el área de Génesis de Suelo. Obtuvo el grado de doctor (Dr. Agr.) en 2009 por la Universidad Politécnica de Madrid España, realizando su investigación en el área de Tecnología Ambiental. Desde 1984 labora en la Facultad de Agronomía, UANL y posee la categoría de Maestro de Tiempo Completo, Titular A. Su área de especialización corresponde al levantamiento y conservación de suelos, relacionados con la protección y reducción de la pérdida de suelo. Ha dirigido 15 tesis de licenciatura, asesor en tres tesis de doctorado y actualmente dirige una tesis de maestría.

# Modelado del potencial fotovoltaico del estado de Chihuahua

## Modeling of photovoltaic potential in Chihuahua State

MYRNA C. NEVÁREZ-RODRÍGUEZ<sup>1,3</sup>, ESTEFANÍA ESTRADA-DE LA CRUZ<sup>1</sup>, M. CECILIA VALLES-ARAGÓN<sup>1</sup>, CARLOS BAUDEL MANJARREZ-DOMÍNGUEZ<sup>1</sup>, MARIO A. SIGALA BUSTAMANTE<sup>2</sup>

*Recibido: Noviembre 11, 2016*

*Aceptado: Diciembre 15, 2016*

### Resumen

La demanda mundial de energía crece consistentemente a la par del desarrollo social y económico, conduciendo a aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Reemplazar o apoyar instalaciones de generación de energía eléctrica basadas en combustibles fósiles con opciones de energía renovable, como la energía solar fotovoltaica, reduciría las emisiones de GEI, minimizando los efectos del cambio climático y además promoviendo el desarrollo de las comunidades urbanas y rurales. México se encuentra ubicado en una región con una radiación solar muy alta (cinturón solar), siendo un país muy atractivo para las instalaciones fotovoltaicas. Chihuahua es uno de los estados con mayor radiación, dada su vasta área, se ha requerido un estudio más detallado para identificar las zonas de mayor potencial fotovoltaico. En esta investigación se construyó un modelo de geoprocésamiento utilizando el software ArcGIS® 10.2.1. El modelo fue capaz de identificar y clasificar claramente 8,660 km<sup>2</sup> de áreas con alto potencial fotovoltaico; en perspectiva, el estado de Chihuahua requeriría sólo 23.74 km<sup>2</sup> para satisfacer plenamente su demanda de generación eléctrica, lo que refleja la abundancia del recurso natural en Chihuahua y su potencial fotovoltaico.

**Palabras clave:** cambio climático, Chihuahua, desarrollo sustentable, modelo de potencial fotovoltaico.

### Abstract

Global energy demand has been growing along time to support social and economical development, while leading to increase emissions of green house gasses (GHG), such as carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). Replace or support electrical power generation facilities based on fossil fuels with renewable energy options, such as solar photovoltaic technology, would decrease emissions of GHG, thus it would help to minimize the effects of climate change, and furthermore, would assist in the development of city and rural communities. Mexico, located within a region with a very high solar radiation (Sunbelt), is a very attractive country for photovoltaic installations, being that Chihuahua is one of the states with higher radiation, however given its vast area; it has required a more detailed study to identify the highest photovoltaic potential zones. In this research it was built a geoprocessing model using ArcGIS® 10.2.1 software. The model was able to clearly identify and classify 8,660 km<sup>2</sup> of highly photovoltaic potential areas, in perspective, Chihuahua State would require only 23.74 km<sup>2</sup> of them to fully meet its electrical generation demand, this reflects the abundance of the natural resource on Chihuahua and its photovoltaic potential.

**Keywords:** Climate change, Chihuahua, photovoltaic potential model, sustainable development.

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Circuito Interior, Campus # 1, Chihuahua, Chih., México, 31200. Tel (614) 439-1844.

<sup>2</sup> HORIZON APPLIED TECHNOLOGIES AND SERVICES. Chihuahua, Chih. México.

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: mcnevarez@uach.mx.

## Introducción

La demanda de energía eléctrica para apoyar el desarrollo social y económico ha aumentado a través del tiempo. El uso de combustibles fósiles ha crecido y ha causado una mayor producción de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (IPCC, 2011). El sector energético mexicano contribuyó a las emisiones de GEI con 503,817.6 gigagramos de bióxido de carbono equivalentes (Gg de CO<sub>2</sub> eq.). En 2010 la generación de energía eléctrica contribuyó con 115,537.4 Gg de CO<sub>2</sub> eq. (INECC, 2013), debido a que el 79 % de la electricidad en México se produce con el uso de combustibles fósiles en centrales termoeléctricas y carbo eléctricas (SENER, 2015).

El uso de energías renovables, como la energía solar fotovoltaica, disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> (Irandoost, 2016; Ren *et al.*, 2016), mejora el medio ambiente, incrementa la calidad del aire y mejora la salud pública (Wiser *et al.*, 2016); además de reducir las emisiones de GEI, mitiga los efectos del cambio climático (Ould-Amrouche *et al.*, 2010; Breyer *et al.*, 2015, Moran y Natarajan, 2015), y su uso es una opción económica y ecológicamente factible (Breyer *et al.*, 2015).

En la actualidad, se presta cada vez más atención al desarrollo sostenible, y el uso de la energía fotovoltaica se considera como un indicador de sostenibilidad de las ciudades (Kýlkýs, 2016). Es una opción técnica y económicamente viable en aplicaciones residenciales urbanas (Okoye *et al.*, 2016), así como en aplicaciones rurales (Afsharzade *et al.*, 2016) donde el desarrollo social ha venido en aumento, permitiendo el reemplazo de lámparas de queroseno contaminantes, estufas de cocina, sistemas de comunicación, mayor seguridad a través de lámparas de servicio público y mejor salud mediante el mantenimiento de vacunas y alimentos refrigerados (IPCC, 2011).

La Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica establece que México, además de ubicarse dentro del cinturón solar (EPIA, 2010), tiene un alto potencial fotovoltaico, y está dentro de los cinco mejores países del mundo con mayor atractivo para esta energía renovable (Aleman-Nava *et al.*, 2014).

Los objetivos de este estudio fueron: (i) construir un modelo de geoprocésamiento para determinar el potencial fotovoltaico en Chihuahua, (ii) calcular el potencial fotovoltaico para Chihuahua, (iii) identificar las regiones con mayor potencial y determinar su extensión en km<sup>2</sup> y, iv) comparar si las áreas con mayor potencial fotovoltaico son suficientes para satisfacer la demanda de generación eléctrica de Chihuahua.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El estado de Chihuahua se encuentra en el norte de México, limita con los Estados Unidos de América; está entre los paralelos 25° 33' 32" y 31° 47' 04" latitud norte, y los meridianos 103° 18' 24" y 109° 04' 30" longitud oeste (Figura 1). Chihuahua es el estado más grande de México; su extensión es de 247,460 km<sup>2</sup>, lo que representa un 12.6 % del territorio mexicano (INEGI, 2015).

### Modelado del potencial fotovoltaico

Se creó un modelo de geoprocésamiento para realizar un análisis espacial del potencial fotovoltaico con el fin de identificar las zonas más adecuadas para parques solares en Chihuahua. El software utilizado para construir el modelo fue ArcGIS® 10.2.1; el modelo utilizó la herramienta de radiación solar, la cual calcula la radiación global por cuenca hemisférica y obtiene la radiación total para cada punto del modelo digital de elevación (MDE). La herramienta de radiación de área solar se basa en modelos previamente desarrollados y ampliados por Fu y Rich (Rich, 1994; Rich y Fu, 2000 y 2002).



Figura 2. Modelo del potencial fotovoltaico.

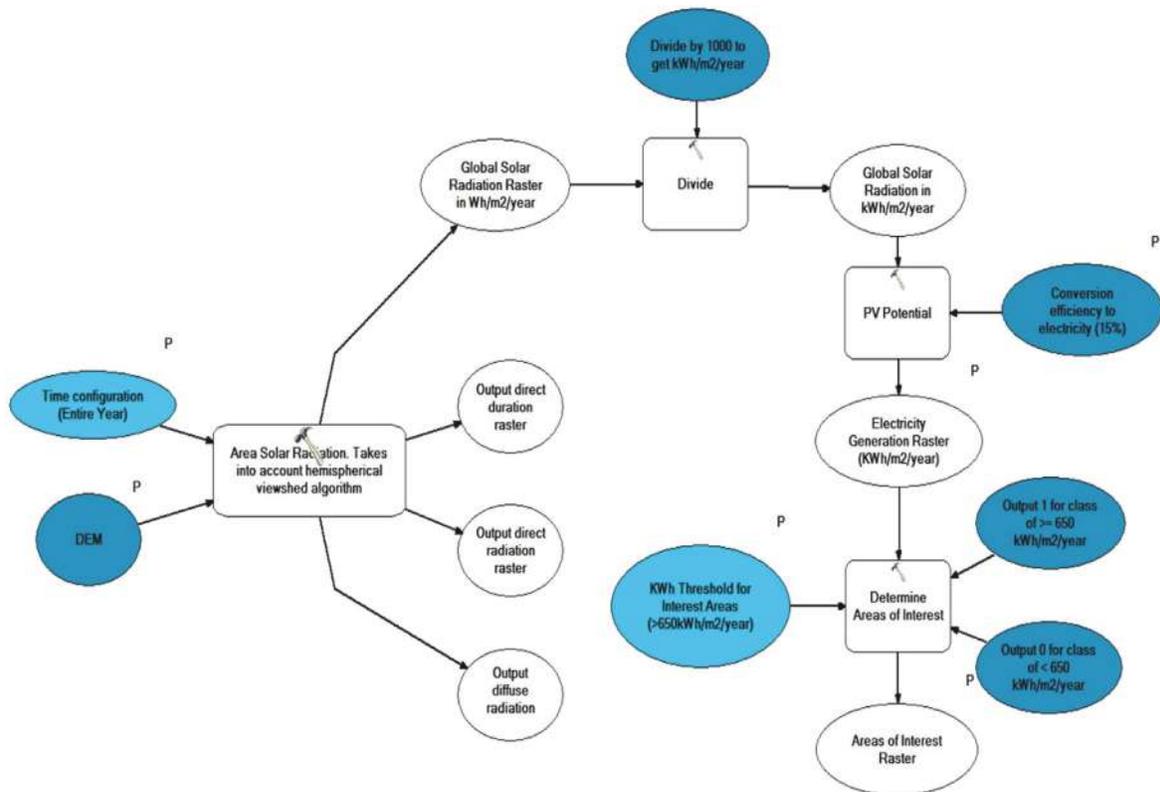


Figura 3. Potencial fotovoltaico del estado de Chihuahua.

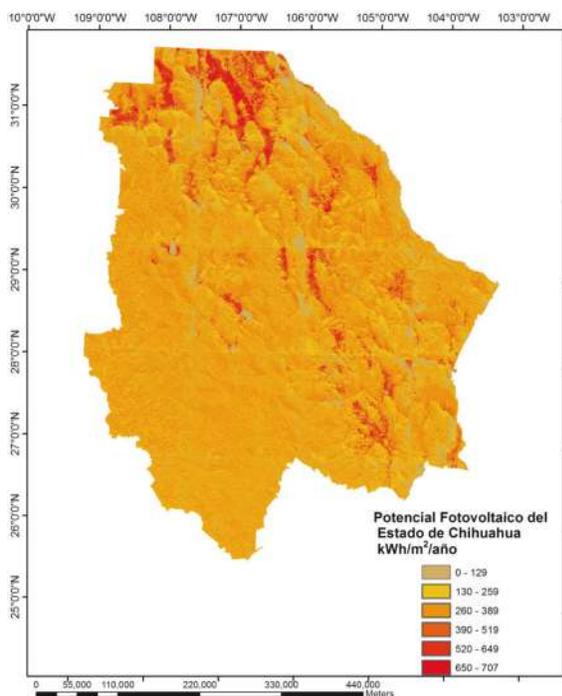
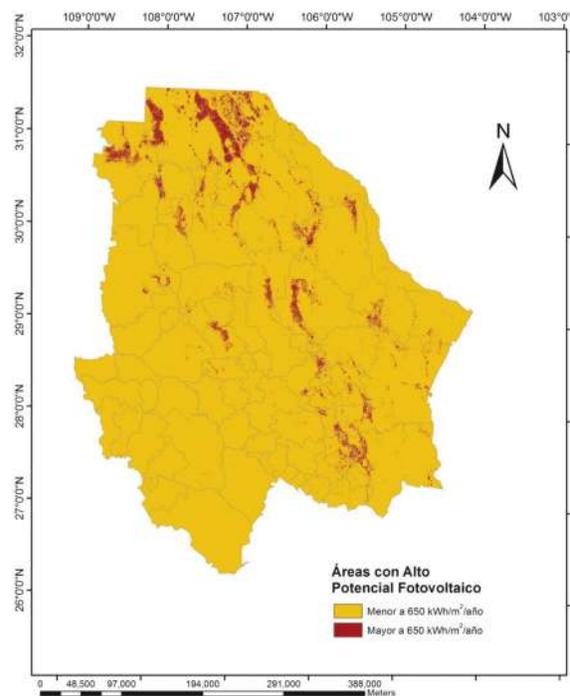


Figura 4. Áreas con alto potencial fotovoltaico en el estado de Chihuahua.



### *Áreas con alto potencial fotovoltaico del estado de Chihuahua*

Las zonas más adecuadas para parques solares fueron seleccionadas por el modelo con una superficie total de 8,660 km<sup>2</sup>, lo que representa sólo el 3.5% del estado de Chihuahua. Los municipios con mayores áreas de alto potencial fotovoltaico son: Ascensión, Ahumada, Juárez, Janos, Aldama, Chihuahua, Cuauhtémoc, Meoqui, Jiménez, Allende, Casas Grandes y Coyame del Sotol (Figura 4).

#### *Análisis de la demanda de generación eléctrica.*

Chihuahua tuvo una generación eléctrica anual de 15,428,281 MWh/año para el 2015 (SENER, 2015), la cual se dividió por el tasa de generación potencial de 650 kWh/m<sup>2</sup>/año (convertido a 650,000 MWh/km<sup>2</sup>/año para usar las mismas unidades de la generación eléctrica) para calcular el área requerida en términos de km<sup>2</sup>. El área necesaria para cubrir la demanda de electricidad para Chihuahua fue de 23.74 km<sup>2</sup>, que es menor que el área identificada por el modelo (8,660 km<sup>2</sup>).

El Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL, 2016) publica mapas de radiación solar diaria promedio con una resolución espacial de 40 km para el área de México; con fines de comparación, el mapa de radiación del NREL fue procesado con ArcGIS® 10.2.1 para extraer solamente la información del estado de Chihuahua, obteniendo una radiación diaria promedio de 5.8 kWh/m<sup>2</sup>/día para el estado. Para obtener los mismos datos del modelo construido en este estudio, se calculó la radiación diaria promedio para el estado de Chihuahua dividiendo el raster de radiación global anual entre 365 días, resultando en una radiación diaria promedio de 5.4 kWh/m<sup>2</sup>/día que es muy similar al calculado con el mapa del NREL.

Este modelo permitió identificar y clasificar las zonas con mayor potencial fotovoltaico. Se destaca que seleccionar sitios con esta metodología ayuda a generar 2.20 veces más electricidad (650 kWh/m<sup>2</sup>/año) en lugar de seleccionar sitios aleatoriamente (295 kWh/m<sup>2</sup>/año), haciendo de este modelo de geoprocesamiento una muy buena herramienta para esta y otras aplicaciones de radiación solar en México,

dada la ausencia de datos calibrados a largo plazo para la radiación solar de estaciones meteorológicas (Valdes-Barrón *et al.*, 2014).

Las energías renovables tienen un gran potencial para el desarrollo sostenible, siempre y cuando se resuelvan los problemas relacionados con las políticas gubernamentales, las tecnologías, la infraestructura, la financiación y la gestión (incluidos los subsidios) (Cancino-Solórzano *et al.*, 2010; Breyer *et al.*, 2015; Afsharzade *et al.*, 2016; Rasul, 2016; Wiser *et al.*, 2016).

El potencial fotovoltaico de Chihuahua para la generación de electricidad, exclusivamente en las áreas de alto potencial, no solo supera las necesidades de electricidad de Chihuahua, sino que es 21 veces más alto que las necesidades actuales de México.

Actualmente, la Ley de Cambio Climático del Estado de Chihuahua (2014) apoya y promueve el uso de energías renovables, también la Ley de la Industria Eléctrica Mexicana (2014) ha establecido metas para promover el desarrollo sostenible de la industria eléctrica mediante el uso de energías limpias con la adquisición de certificados de energía limpia.

La reforma energética mexicana (2013) se considera una reforma verde, ya que facilitará las inversiones privadas en el desarrollo y despliegue tecnológico, adoptando energías menos contaminantes como la energía solar.

## Conclusiones

El modelo de geoprocesamiento fue capaz de identificar y clasificar las áreas con mayor potencial, presentando resultados similares a los laboratorios internacionales, pero además este modelo tiene una mayor resolución espacial, lo que lo hace apto para la selección de sitios para parques solares. El modelo fue capaz de identificar 8,660 km<sup>2</sup> del territorio de Chihuahua donde los parques solares serían 2.20 veces más eficientes que el promedio estatal, de hecho solo 23.74 de 8,660 km<sup>2</sup> son necesarios para satisfacer plenamente su demanda de electricidad. Este resultado refleja la abundancia de energía solar en Chihuahua, que en las zonas seleccionadas es 364 y 21 veces superior a la de los requerimientos de electricidad en Chihuahua y México, respectivamente.

## Literatura citada

- AFSHARZADE, N., Papzan, A., Ashjaee, M., Delangizan, S., Passel, S.V., and Azadi, H. 2016. Renewable energy development in rural areas of Iran. *Renew sust energ rev.* 65:743–755. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.042>.
- ALEMÁN-NAVA, G.S., Casiano-Flores, V.H., Cárdenas-Chávez, D.L., Díaz-Chavez, R., Scarlat, N., Mahlknecht, J., Dallemand, J.F., and Parra, R. 2014. Renewable energy research progress in Mexico: A review. *Renew sust energ rev.* 32:140–153. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.004>.
- BREYER, C., Koskinen, O., and Blechinger, P. 2015. Profitable climate change mitigation: The case of greenhouse gas emission reduction benefits enabled by solar photovoltaic systems. *Renew sust energ rev.* 49:610–628. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.061>.
- CANCINO-SOLÓRZANO, Y., Villcaña-Ortiz, E., Gutiérrez-Trashorras, A.J., and Xiberta-Bernat, J. 2010. Electricity sector in Mexico: Current status. Contribution of renewable energy sources. *Renew sust energ rev.* 14:454–461. doi:10.1016/j.rser.2009.07.022.
- EPIA, European Photovoltaic Industry Association. 2010. Unlocking the Sunbelt Potential of Photovoltaics. Disponible en línea: [http://www.mesia.com/wp-content/uploads/2012/08/EPIA-Unlocking\\_the\\_Sunbelt\\_Potential-of-photovoltaic.pdf](http://www.mesia.com/wp-content/uploads/2012/08/EPIA-Unlocking_the_Sunbelt_Potential-of-photovoltaic.pdf).
- FU P., and Rich P.M. 2000. The solar analyst 1.0 user manual: Helios Environmental Modeling Institute LLC, 53.
- FU P., and Rich P.M. 2002. A geometric solar radiation model with applications in agriculture and forestry. *Comput electron agr.* 37:25–35.
- INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2013. Inventario Nacional de Emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2010. México. ISBN: 978-607-8246-63-2. Disponible en línea: [http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf\\_inegei\\_public\\_2010.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegei_public_2010.pdf).
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2015. Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua 2015. Disponible en línea: [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/anuarios\\_2015/702825076191.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2015/702825076191.pdf).
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Continuo de elevación mexicano 3.0 (CEM 3.0), Disponible en línea: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/descarga.aspx> (accesado el 1/02/2015).
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2011. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Renewable energy sources and climate change mitigation, Summary for policymakers and technical summary. ISBN 978-92-9169-131-9. Disponible en línea: [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN\\_FD\\_SPM\\_final.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_FD_SPM_final.pdf).
- IRANDOUST, M. 2016. The renewable energy-growth nexus with carbon emissions and technological innovation: Evidence from the Nordic countries. *Ecol indic.* 69:118-125. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.051>.
- KYLKYS, S. 2016. Sustainable development of energy, water and environment systems index for Southeast European cities. *J. clean prod.* 130:222-234. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.121>.
- LEY DE CAMBIO CLIMÁTICO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA. Publicado en el Boletín Oficial, DOF 11-08-2014. Disponible en línea: <http://www.congresochihuahua.gob.mx/biblioteca/leyes/archivosLeyes/1001.pdf>.
- LEY DE INDUSTRIA ELÉCTRICA. Publicado en el Boletín Oficial, DOF 11-08-2014. Disponible en línea: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIElec\\_110814.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIElec_110814.pdf).
- MORAN, F., and Natarajan, S. 2015. Photovoltaic potential in historic dwellings: The potential to reduce domestic CO<sub>2</sub> emissions. *Journal of building engineering*; 3:70-78. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2015.06.004>.
- NREL, National Renewable Energy Laborator. Disponible en línea: <https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=840V1j%255Bv%255D%3Dt&BL=groad&cE=0&lR=0&mC=3.297327991404266%2C-104.5458984375&zL=7> (accesado el 15/09/2016).
- OKOYE, C.O., Taylan, O., and Baker, D.K. 2016. Solar energy potentials in strategically located cities in Nigeria: Review, resource assessment and photovoltaic potential system design. *Renew sust energ rev.* 55:550–566. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.154>.
- OULD-AMROUCHE, S., Rekioua, D., and Hamidat, A. 2010. Modeling photovoltaic water pumping systems and evaluation of their CO<sub>2</sub> emissions mitigation potential. *Appl energy.* 87:3451-3459. doi:10.1016/j.apenergy.05.021.
- RASUL, G. 2016. Managing the food, water, and energy nexus for achieving the Sustainable Development Goals in South Asia. *Environmental development* 18:14-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2015.12.001>. Disponible en línea: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.
- REFORMA ENERGÉTICA. Gobierno de la república de México 2013. Disponible en línea: <http://cdn.reformaenergetica.gob.mx/explicacion.pdf>.
- REN, H., Wu, Q., Gao, W., and Zhou, W. 2016. Optimal operation of a grid-connected hybrid photovoltaic potential/fuel cell/battery energy system for residential applications. *Energy*, 113:702-712. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.091>.
- RICH, P.M., Dubayah, R., Hetrick, W.A., and Saving, S.C. 1994. Using viewshed models to calculate intercepted solar radiation: applications in ecology. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Technical Papers. 524–529. Disponible en línea: [http://professorpaul.com/publications/rich\\_et\\_al\\_1994\\_asprs.pdf](http://professorpaul.com/publications/rich_et_al_1994_asprs.pdf).
- SENER, Secretaría de Energía, Sistema de Información Energética (SIE), Sector eléctrico Nacional, Generación bruta de electricidad por estado (megawatt-hora) 2015. Disponible en línea: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>.
- SENER, Secretaría de Energía, Sistema de Información Energética (SIE), Generación de energía bruta por tecnología 2015. Disponible en línea: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas>.
- VALDES-BARRÓN, M., Rivero-Rosas, D., Arancibia-Bulnes, C.A., Bonifaz, R. 2014. The solar Resource Assessment in Mexico: State of the Art. *Energy procedia*, 57:1299–1308. doi: 10.1016/j.egypro.2014.10.120, Disponible en línea: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>.
- WISER, R., Millstein, D., Mai, T., Macknick, J., Carpenter, A., Cohen, S., Cole, W., Frew, B., Heath, G. 2016. The environmental and public health benefits of achieving high penetrations of solar energy in the United States. *Energy*, 113:472-486. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.068>. 

Este artículo es citado así:

Nevárez-Rodríguez, M.C., E. Estrada-De la Cruz, M. C. Valles-Aragón, C. B. Manjarrez-Domínguez, M. A. Sigala-Bustamante. 2016. Modelado del potencial fotovoltaico del estado de Chihuahua. *TECNOCENCIA Chihuahua* 10(3):154-160.

## Resumen curricular del autor y coautores

**MYRNA NEVÁREZ RODRÍGUEZ.** Terminó su licenciatura en 2006, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero en Ecología por la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en la misma facultad, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Manejo de Recursos Naturales en 2010 y el grado de Doctor en Ciencia y Tecnología Ambiental en 2014 por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV). Del 2011 al 2016 laboró en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH como profesor de hora clase y en septiembre del 2016 obtuvo la categoría de Académico titular B. Su línea de investigación se enfoca al área ambiental con especialización en manejo de recursos naturales e impacto ambiental. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura y actualmente dirige 3 de maestría. Es autora de 2 artículos científicos indexados en JCR y 3 ponencias en congresos.

**ESTEFANÍA ESTRADA DE LA CRUZ.** Terminó su licenciatura en 2016, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero en Desarrollo Territorial por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), realizó sus prácticas profesionales en el Instituto de Ecología (INECOL). Actualmente labora como extensionista rural en el municipio de Santa Isabel, Centro de extensión e innovación rural CEIR-UACH-SAGARPA.

**CECILIA VALLES ARAGÓN.** Culminó la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Chihuahua en 2004 y la maestría en Ciencia y Tecnología Ambiental en el Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV) en 2008. Consecutivamente, obtuvo el grado de Doctor en Ciencia de Materiales por el CIMAV en 2013. Es Docente Investigador Titular C de la Universidad Autónoma de Chihuahua en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas desde 2014 a la fecha. Es Perfil Deseable para Profesores de Tiempo Completo desde Junio 2016. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores Nivel C desde Enero de 2015. Su área de investigación es Medio Ambiente, especializado en Problemas Ambientales y Aplicación de Ecotecnologías. Tiene bajo su dirección un proyecto de Ciencia Básica SEP-CONACYT como Joven Investigador vigente Agosto 2015 - Agosto 2018 y cuenta con 6 publicaciones en revistas JCR.

**CARLOS MANJARREZ DOMÍNGUEZ.** En el año 2001 egresó de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. En 2004 obtuvo el grado de Maestro en Ciencias especialidad en Manejo de Recursos Naturales por la Facultad de Zootecnia y Ecología (UACH). Posteriormente realizó estudios de doctorado en la misma área. Del 2003-2010 laboró en Fundación Produce Chihuahua A. C. como Jefe del Área Técnica, donde realizó actividades de detección de demandas y oportunidades de los productores, evaluación y seguimiento de proyectos de investigación, validación y transferencia de tecnología. Del 2005-2009, profesor de tiempo parcial en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, y del 2007 a la fecha Profesor Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua; actualmente con categoría ATC y posee el perfil Prodep. Su línea de investigación es gestión y desarrollo territorial aplicado a la producción sustentable de alimentos. Ha dirigido 17 tesis de licenciatura y posgrado, tiene 7 artículos publicados en revistas JCR. Ha dirigido 7 proyectos de investigación. Desde 2011 es miembro del comité técnico de evaluación de Fundación PRODUCE Chihuahua A. C. Es consejero técnico del SNITT de la SAGARPA y Presidente del Consejo Orgánico Ambientalista Chihuahua A.C. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores SNI en el Nivel 1 y a partir Octubre 2016 Secretario Adjunto de Recursos Hidráulicos en la Confederación AGRONÓMICA Nacional.

**MARIO ALBERTO SIGALA BUSTAMANTE.** Terminó su licenciatura en 1998, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Electrónico por el Instituto Tecnológico de Chihuahua. Desde 1999 labora en la industria maquiladora y ha estado en posiciones que incluyen Gerencias de Ingeniería y de Calidad. Durante su carrera ha dirigido 6 prácticas profesionales como opción a titulación de licenciatura. Ha creado desarrollos tecnológicos que incluyen uso de microprocesadores en el diseño de equipo de laboratorio para pruebas de polímeros, hornos de tratamiento térmico de grado y certificación aeroespacial, equipos de prueba de conductividad y dureza, medidores de índice de vegetación, redes inalámbricas para monitoreo remoto, así como diversos proyectos con bases de datos y páginas de internet. Desde 2016 abrió una consultoría, Horizon Applied Technology and Services, dedicada a la investigación científica, desarrollo tecnológico e implementación de servicios y nuevas tecnologías en la industria.

# Potencial de remoción de plomo mediante bacterias aisladas del sedimento de laguna San Juan, Ascensión, Chihuahua

Potential for removal of lead by sediment isolated bacteria from San Juan Lake, Ascension, Chihuahua

MARISELA YADIRA SOTO-PADILLA<sup>1,2</sup>, DENISSE NALLELY CALDERÓN-OROZCO<sup>1</sup>, EDITH FLORES-TAVIZÓN<sup>1</sup>, SERGIO SAÚL-SOLÍS<sup>1</sup>, CÉSAR EMILIO DÁVALOS-CHARGOY<sup>1</sup>

*Recibido: Octubre 26, 2016*

*Aceptado: Noviembre 3, 2016*

## Resumen

El plomo (Pb) es un metal pesado que se encuentra en el medio ambiente, el cual ha incrementado sus niveles en algunos ecosistemas debido a las actividades antropogénicas, lo que ocasiona un problema que afecta la salud humana. En la laguna San Juan, en Ascensión, Chihuahua se han realizado estudios para determinar la presencia de metales pesados, detectando principalmente plomo, entre otros. En la actualidad, la aplicación de bacterias metal resistentes ha despertado el interés en procesos de biorremediación, por lo que el objetivo de este estudio fue el aislamiento de bacterias resistentes a Pb(II) proveniente de puntos de muestreo de la citada laguna. Siete cepas presentaron características morfológicas distintas, evaluándose su resistencia y capacidad de remoción de plomo. Las cepas aisladas fueron capaces de resistir concentraciones de hasta 1200 mg/L de Pb(II) en medio líquido; los porcentajes de remoción de Pb(II) por acción de las bacterias muestran valores del 31.6 al 56.3% después de 12 horas de contacto con el medio contaminado, a una concentración de 10 mg/L. Estas bacterias presentan potencial para ser aplicadas en procesos de biorremediación.

**Palabras clave:** metal resistente, remoción Pb(II), biorremediación.

## Abstract

Lead (Pb) is a heavy metal found in the environment, its concentration levels in some ecosystems have increased due to anthropogenic activities, and this has effects in human health. Studies have been performed at the San Juan lagoon in Ascension, Chihuahua, to determine the presence of heavy metals, mainly detecting lead, among others. The application of metal resistant bacteria has aroused interest in bioremediation processes, so the aim of this study was to isolate bacteria resistant to Pb(II) from sampling points of the lagoon, 7 strains exhibited different morphological characteristics, and their resistance and capacity to remove lead, were evaluated. The isolated strains were able to resist concentrations up to 1200 mg/l of Pb (II) in liquid medium; the removal percentages of Pb (II) by action of bacteria, show values from 31.6 to 56.3%, after 12 hours of exposure with the contaminated medium at a concentration of 10 mg/l. These bacteria displayed potential to be applied in bioremediation processes.

**Keywords:** Resistant metal, Pb (II) removal, bioremediation.

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ. Instituto de Ingeniería y Tecnología. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Avenida del Charro núm. 450 norte. C.P. 32310. Ciudad Juárez, Chihuahua

<sup>2</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: marisela.soto@uacj.mx.

## Introducción

**E**l plomo (Pb) es un metal que se encuentra de forma natural en el ambiente, pero las actividades antropogénicas han contribuido al incremento de sus niveles en algunos ecosistemas. Actividades como la minería del Pb, los procesos industriales que utilizan el Pb como materia prima, la combustión de carbón y del petróleo, entre otros procesos, contribuyen a la liberación de este metal (Schwarz *et al.*, 2012).

Estudios realizados en Ascensión, Chihuahua han demostrado la presencia de Pb en los sistemas acuáticos presentes en el lugar (Domínguez-Acosta y Gill, 2007; Rubio *et al.*, 2015). La utilización de microorganismos como biosorbentes de metales pesados ofrece una alternativa potencial a los métodos ya existentes para la detoxificación y recuperación de metales tóxicos presentes en aguas residuales industriales; de igual manera, se ha estudiado la capacidad de crecimiento y remoción de Pb por diversos organismos, presentando valores entre el 50 al 98% de remoción, dependiendo de las concentraciones y tiempos de exposición. Levaduras, hongos, algas, bacterias y cierta flora acuática tienen la capacidad de concentrar metales a partir de soluciones acuosas diluidas, y acumularlas dentro de la estructura microbiana (Cañizares, 2000; Guo *et al.*, 2010; Infante *et al.*, 2014; Pérez *et al.*, 2016). De todos los organismos vivos utilizados en la tecnología de biorremediación, las bacterias heterótrofas aeróbicas constituyen el grupo mejor estudiado, ya que los microorganismos anaerobios son generalmente menos flexibles acerca de la naturaleza del sustrato, y mucho más sensibles a la presencia de metales pesados y, por lo tanto, desempeñan un mejor papel en la remoción de dicho contaminante. Además de esto, las bacterias constituyen el grupo más importante desde el punto de vista taxonómico, no sólo debido al gran número de especies y géneros existentes para la biodegradación, sino a su versatilidad metabólica (San Martín, 2011). La mayoría de las bacterias estudiadas para la biorremediación de metales se aislaron en áreas contaminadas por metales, especialmente

aguas residuales industriales y relaves de minas; algunas cepas de *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Staphylococcus* han sido reportadas en la remoción de plomo (Bojórquez *et al.*, 2016, Chandana *et al.*, 2016). El objetivo de este estudio es evaluar el potencial de remoción de plomo de las bacterias aisladas del sedimento de la laguna de San Juan, Ascensión, para su posible utilización en sistemas de biorremediación.

## Materiales y Métodos

### *Aislamiento microbiano*

El muestreo de sedimentos de la laguna San Juan, en Ascensión, Chihuahua se realizó en las coordenadas 31° 03' 28.12" N y 107° 53' 28.79" W, las muestras (15) se recolectaron en tubos Falcon de 50 mL estériles, estas fueron almacenadas en una hielera a una temperatura de 4 °C para ser transportadas al laboratorio para su posterior análisis (De Anda *et al.*, 2013). Posteriormente, se pesaron 10 g de sedimento y se incubaron a 37 °C por 21 días a 200 rpm en caldo nutritivo (DIFCO) suplementado con nitrato de plomo (Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) a una concentración de 10 mg/L de Pb(II). Se tomaron muestras del medio de cultivo al tiempo 0, 3, 7, 14 y 21 días de incubación. Las muestras recolectadas se cultivaron en cajas Petri con agar nutritivo y 10 mg/L de Pb(II), para lo cual se realizaron diluciones seriadas del orden 10<sup>6</sup>. Se seleccionaron colonias morfológicamente diferentes para realizar su aislamiento en nuevas cajas Petri usando estría escocesa (Soto-Padilla *et al.*, 2014). Las cepas aisladas se etiquetaron de acuerdo a clave desarrollada, que incluye dilución y días de incubación.

### *Preparación de pre inóculo*

Se realizó la siembra en medio líquido (caldo nutritivo marca DIFCO) de las cepas bacterianas en matraz Erlenmeyer, los matraces se incubaron en un agitador orbital (222DS- LABNET) con una temperatura de 37 °C a 200 rpm por un periodo de 12 horas.

### *Resistencia y crecimiento en Pb*

Se determinó la resistencia y crecimiento microbiano de las bacterias aisladas en un tiempo de 12 h a 37 °C, utilizando agar nutritivo (DIFCO) con nitrato de plomo, se evaluaron concentraciones de Pb(II) de 100, 200, 400, 600, 800, 1000 y 1200 mg/L.

### *Cinética de crecimiento en Pb*

Los medios de cultivo (caldo nutritivo marca DIFCO adicionado con Pb(II) a una concentración de 10 mg/L) se inocularon con 10% (v/v) de pre inóculo de bacterias aisladas e incubaron en matraces Erlenmeyer. Los matraces se inocularon e incubaron en un agitador orbital (222DS-LABNET) con una temperatura de 37 °C a 200 rpm. Los experimentos se realizaron por triplicado. Para la evaluación del crecimiento microbiano, se tomaron alícuotas de 3 mL del medio de cultivo en intervalos de 2 h. El crecimiento bacteriano se estimó por turbidimetría a una longitud de onda de 600 nm en el espectrofotómetro UV-Vis (Lambda 2) (Thacker *et al.*, 2007).

### *Cinética de remoción de Pb*

Se evaluó la remoción de Pb(II), tomando alícuotas de 3 mL del medio de cultivo a intervalos de 2 h, las muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 15 minutos. La concentración de Pb(II) se determinó utilizando el método de espectrometría de absorción atómica (NOM-117-SSA1-1994).

### *Análisis estadístico*

Los valores de densidad óptica del crecimiento bacteriano se analizaron por el programa estadístico Minitab16, realizando la comparación de medias por la prueba Fisher con  $\alpha=0.05$ ; los mismos ensayos se utilizaron para comparar las cantidades Pb en el medio (Bojórquez *et al.*, 2016).

## Resultados y Discusión

Se logró el aislamiento de siete cepas, donde el 57.2% de las bacterias son bacilos Gram (-) y el 42.8% presentan la forma de cocos Gram (+). Las características microscópicas de las colonias se describen en el Cuadro 1. El aislamiento bacteriano mostró que no existe una elevada presencia de microorganismos, estos resultados concuerdan con los informados por otros investigadores, donde al evaluar la carga microbiana en ecosistemas contaminados, detectaron un bajo número de aislados bacterianos, coincidiendo en la presencia de bacterias Gram negativas y Gram positivas (Lu *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2010). La exposición de las bacterias a este metal pudo permitir la selección de microorganismos resistentes entre la población microbiana del ecosistema, con capacidad de tolerar sus efectos nocivos.

**Cuadro 1.** Caracterización de cepas aisladas de sedimentos de la laguna San Juan, Ascensión, Chihuahua.

Cepa	Forma	Tinción Gram
114001	Bacilos	Gram (-)
125303	Bacilos	Gram (-)
114300	Cocos	Gram (+)
113303	Cocos	Gram (+)
115301	Bacilos	Gram (-)
115302	Bacilos	Gram (-)
124302	Cocos	Gram (+)

La resistencia que exhibieron todas las cepas bacterianas a los iones de plomo es probablemente atribuible a la presencia de estos metales en el sedimento de la laguna San Juan. Las cepas aisladas presentaron resistencia a la presencia de 1200 mg/L de Pb(II), el comportamiento observado de los microorganismos frente al Pb(II), concuerda con lo informado de otros aislamientos ambientales realizados, donde se reportan crecimiento a 1200 mg/L de Pb(II) (Li y Ramakrishna 2011;

Zhang *et al.*, 2012). Martínez *et al.* (2010) reportan la resistencia a plomo a concentraciones menores (400 mg/L) de las cepas de bacterias aisladas en el río Almendares, explicando que la tolerancia a los metales presentada por bacterias puede estar dada por diferentes mecanismos celulares, entre estos están los que utilizan los transportadores de la membrana que expulsan al ambiente los iones metálicos, aquellos que se valen de modificaciones enzimáticas para cambiar el estado redox de estos elementos químicos, y los que incorporan los iones metálicos a la célula. Debido a que en concentración de 1200 mg/L de plomo, aún se presenta crecimiento microbiano (Figura 1), se consideran bacterias resistentes y óptimas para evaluar su cinética de crecimiento y remoción de Pb(II) a una concentración de 10 mg/L.

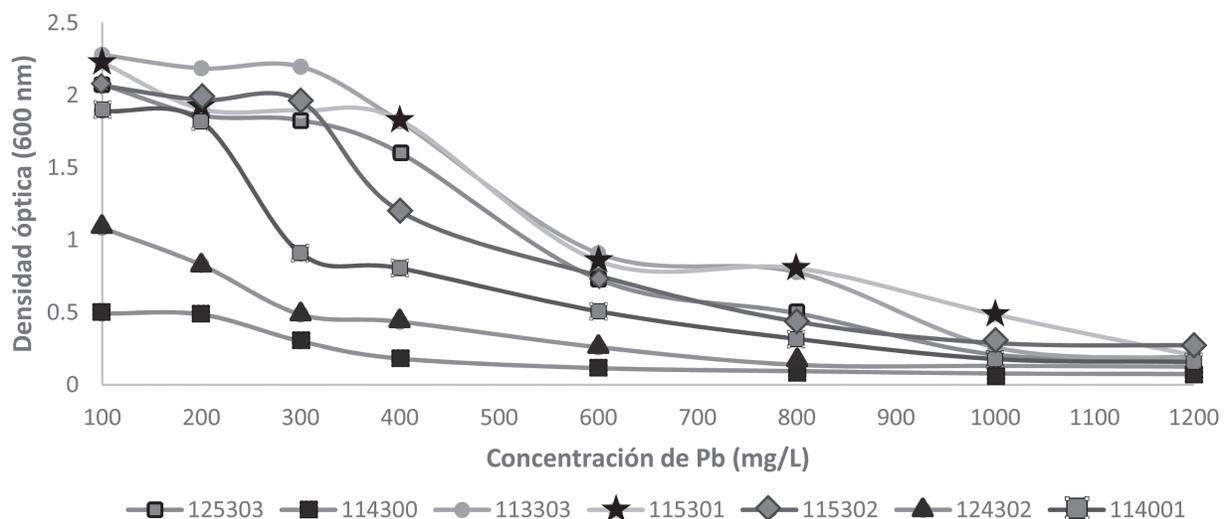
En el Cuadro 2 se muestran los valores medios y desviación estándar de la densidad óptica obtenidas a las 12 horas de crecimiento de las cuatro cepas bacterianas analizadas a 10 mg/L de Pb(II); podemos visualizar que los resultados presentados en la comparación de medias presentan valores similares entre las cepas 113303 y 125303, y la cepa 115302 presenta un mayor crecimiento a las 12 horas de incubación.

**Cuadro 2.** Valores medios de densidad óptica ( $\pm$  desviación estándar) presentados en el crecimiento microbiano a las 12 h.

Cepa	Densidad óptica
113303	1.4303 $\pm$ 0.010
115301	1.5403 $\pm$ 0.018
115302	1.6974 $\pm$ 0.021
125303	1.4247 $\pm$ 0.012

En la Figura 2 se observan las cinéticas de crecimiento de las cuatro cepas bacterianas a 10 mg/L de Pb(II), podemos distinguir que existe un comportamiento similar de las cepas evaluadas, observándose en la primera hora el periodo de adaptación similar entre ellas, además de valores de densidad óptica a las 12 h entre 1.43 y 1.69. Vera *et al.* (2016) reportan la remoción de plomo utilizando fitorremediación con concentraciones de 10 mg/L concentración considerada para la cinética de crecimiento experimental; en el 2010, Guo *et al.* reportan el crecimiento de la bacteria del género *Bacillus* en una concentración de 10 mg/L con valores máximos de densidad óptica de 2.3 en un tiempo de cinco horas de incubación, disminuyendo en un tiempo de 12 h; lo cual concuerda con los

**Figura 1.** Evaluación de crecimiento de bacterias a diferentes concentraciones de Pb(II), 600nm de longitud de onda en un tiempo de 12 h.

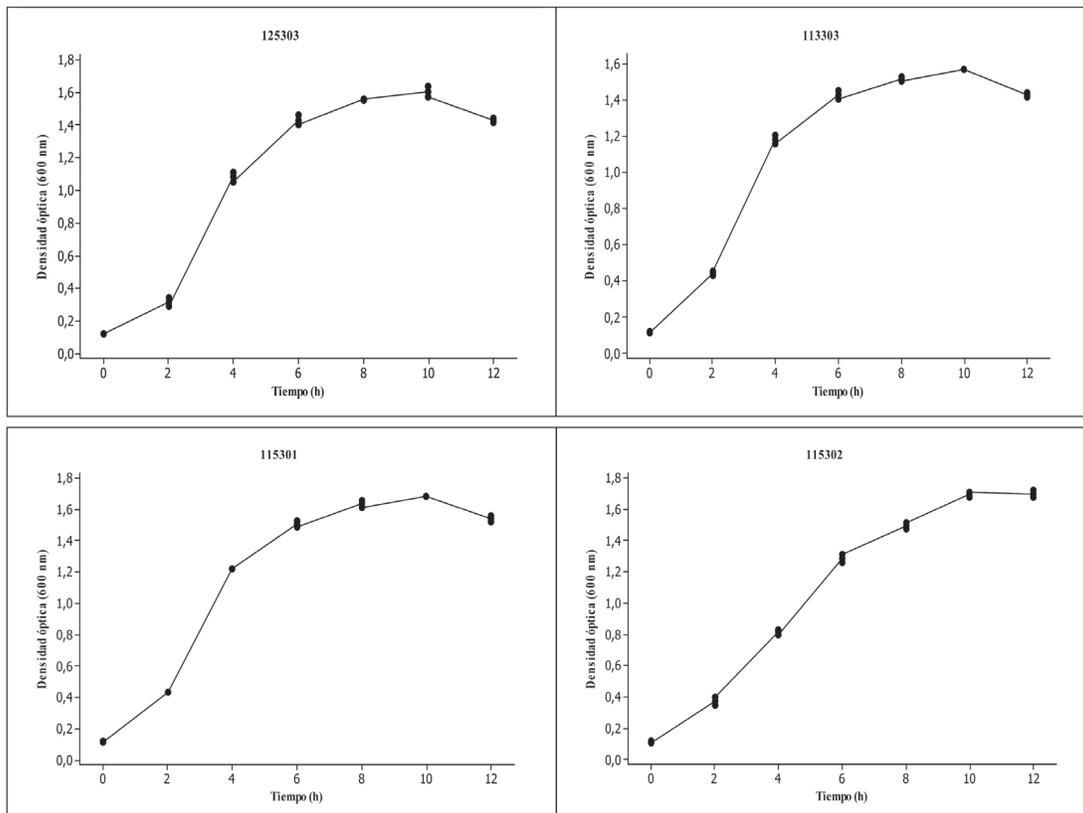


resultados obtenidos en cuanto al tiempo de incubación, ya que mínimamente se visualiza el decremento del valor de densidad óptica en el muestreo de 12 horas realizado en la investigación. Pérez *et al.* (2015) reportan el crecimiento de bacterias resistentes a Pb(II) por densidad óptica a 600 nm con valor máximo de 0.1 a 12 horas, resultando inferior a lo mostrado en las cuatro cepas de bacterias evaluadas.

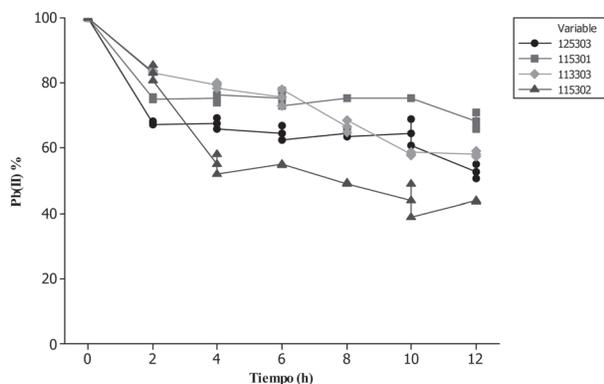
En cinéticas de reducción de Pb(II) (Figura 3) se percibe una disminución de la concentración de plomo (%) muy similar en las cuatro cepas de bacterias evaluadas, se puede observar la disminución de la concentración de Pb(II) conforme transcurre el tiempo, logrando, a un tiempo de 12 horas, tener una concentración de 52.9% para la cepa 125303, y 43.7% para la cepa 115302, de la concentración inicial de Pb(II). Los porcentajes de remoción de Pb(II) de las bacterias muestran valores del 31.677 al

56.249% (Cuadro 3). El Cuadro 3 muestra el porcentaje que logró remover cada una de las bacterias en un lapso de 12 h, en donde la cepa bacteriana que tiene mayor capacidad de remoción de plomo es la identificada como 115302, con un porcentaje de remoción del 56.249%. La remoción de plomo por bacterias se ha considerado en varias investigaciones utilizando diferentes cepas, así como diversas concentraciones de plomo y periodos de tiempo (Selatnia *et al.*, 2004; Guo *et al.*, 2010; Becerra-Castro *et al.*, 2012; Infante *et al.*, 2014; Pérez *et al.*, 2016;); estos trabajos demuestran que la remoción de plomo se afecta con el aumento de la concentración de Pb(II). De igual manera se ha evaluado la remoción de Pb(II) con la utilización de fitorremediación, concordando con valores de 50% de remoción de las cepas bacterianas en estudio, pero diferenciando en los tiempos de remoción del Pb(II) (Amábilis-Sosa *et al.*, 2014; Vera *et al.*, 2016).

**Figura 2.** Cinéticas de crecimiento de bacterias resistentes a plomo en caldo nutritivo suplementado con 10 mg/L de nitrato de plomo ( $Pb(NO_3)_2$ ).



**Figura 3.** Concentración de Pb(II) remanente en un periodo de 12 h.



**Cuadro 3.** Valores medios y desviación estándar de porcentajes de remoción de Pb(II) por cepas resistentes.

Cepa	% de remoción Pb(II)
125303	47.164 ± 2.111
115301	31.677 ± 2.584
113303	41.785 ± 0.882
115302	56.249 ± 0.084

## Conclusiones

Los sedimentos de la laguna San Juan, en Ascensión, Chihuahua, podemos encontrar bacterias que presentan capacidad (mayor a 50%) de remoción de plomo y resistencia hasta 1200 mg/l Pb; la cepa bacteriana etiquetada como 115302, con características microscópicas de bacilo Gram negativo presenta valores de 56.249% de remoción de Pb(II), por lo tanto, se puede emplear como agente biológico para procesos de biorremediación en suelos y/o aguas contaminadas.

## Agradecimientos

Se agradece al Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez por el apoyo para la realización de este estudio.

## Literatura Citada

- AMÁBILIS-SOSA, L., C. Siebe, G. Moeller-Chávez y M. Domínguez-De-Bazúa. 2015. Remoción de mercurio, cromo y plomo por humedales artificiales inoculados con cepas tolerantes. *Tecnología y Ciencias del Agua* 6(2):21-34.
- BECERRA-CASTRO, C., C. Monterroso, A. Prieto-Fernández, L. Rodríguez-Lamas, M. Loureiro-Viñas, M. Acea and P. Kidd. 2012. Pseudometallophytes colonising Pb/Zn mine tailings: A description of the plant-microorganism-rhizosphere soil system and isolation of metal-tolerant bacteria. *Journal of Hazardous Materials*, 350-359.
- BOJÓRQUEZ, C., Frías-Espéricueta, M. G. and D. Voltolina. 2016. Removal of cadmium and lead by adapted strains of *Pseudomonas aeruginosa* and *Enterobacter cloacae*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 32(4):407-412.
- CAÑIZARES, R. 2000. Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 42:131-143.
- CHANDANA, N., Laxmi, K. D. S., Reddy, P. H. P. and K. Narasimhulu. 2016. Studies on Bioremediation of Lead by Lead-resistant Microorganisms. *Journal of Applied & Environmental Microbiology* 4(5):88-92.
- DE ANDA, V. Y., G. Y. Ponce, G. M. Rosas, P. A. Vázquez y J. I. Blaz. 2013. Manual del curso teórico-práctico: Ecología Molecular: «Abriendo la Caja Negra del Ecosistema». Curso precongreso en ecología molecular en el marco del tercer congreso de bioquímica y biología molecular de bacterias. Cuatro Ciénegas de Carranza, Coahuila, México.
- DOMÍNGUEZ-ACOSTA, M. and T. E. Gill. 2007. PIXE Based Geochemical Characterization of the Pluvial Lake Palomas System, Chihuahua, Mexico. In Proc. XI Int. Conf. on PIXE and its Analytical Applications, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico, PII-33.
- GUO, H., S. Luo, L. Chen, X. Xiao, Q. Xi, W. Wei, G. Zeng, C. Liu, Y. Wan, J. Chen and Y. He. 2010. Bioremediation of heavy metals by growing hyperaccumulaor endophytic bacterium *Bacillus* sp. L14. *Bioresource Technology*, 8599-8605.
- LI, K. and W. Ramakrishna. 2011. Effect of multiple metal resistant bacteria from contaminated lake sediments on metal accumulation and plant growth. *Journal of Hazardous Materials*, 531- 539.
- LU, W., J. Shi, C. Wang and J. Chang. 2006. Biosorption of lead, copper and cadmium by an indigenous isolate *Enterobacter* sp. J1 possessing high heavy-metal resistance. *Journal of Hazardous Materials B*134:80-86.
- MARTÍNEZ, A., M. Cruz, O. Veranes, M. E. Carballo, I. Salgado, S. Olivares and D. Rodríguez. 2010. Antibiotic and metals resistance in bacteria isolates from Almendares river. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 41:1-10.
- PÉREZ-CORDERO, A., Z. Barraza-Roman y D. Martínez-Pacheco. 2015. Identificación de bacterias endófitas resistentes a plomo, aisladas de plantas de arroz. *Agronomía Mesoamericana* 26(2):267-276.
- RUBIO ARIAS, H. O., L. R. Balderrama Terrazas, E. Burrola Barraza, A. Palma, G. Nelson y R. A. Saucedo Terán. 2015. Niveles de contaminación del agua potable en la cabecera municipal de Ascensión, Chihuahua, México. *Nova scientia* 7(14):178-201.
- SAN MARTÍN, Y. 2011. Bioremediation: a tool for the management of oil pollution in marine ecosystems. *Biotecnología Aplicada* 28:69-7.
- SELATNIA, A., A. Boukazoula, N. Kechid, M. Z. Bakhti, A. Chergui and Y. Kerchich. 2004. Biosorption of lead (II) from aqueous solution by a bacterial dead *Streptomyces rimosus* biomass. *Biochemical Engineering Journal* 19:127-135.

- SCHWARZ, K., S. T. Pickett, R. G. Lathrop, K. C. Weathers, R. V. Pouyat and M. L. Cadenasso. 2012. The effects of the urban built environment on the spatial distribution of lead in residential soils. *Environ. Pollut.* 163:32-39.
- SOTO-PADILLA, M. Y., C. Valenzuela-Encinas, L. Dendooven, R. Marsch, P. Gortarés-Moroyoqui and M. I. Estrada-Alvarado. 2014. Isolation and phylogenetic identification of soil haloalkaliphilic strains in the former Texcoco Lake. *Int. J. Environ. Heal R.* 24:82-90.
- THACKER, U., R. Parikh, Y. Shouche and D. Madamwar. 2007. Reduction of chromate by cell-free extract of *Brucella* sp. Isolated from Cr(VI) contaminated sites. *Bioresource Technol.* 98:1541-1547.
- VERA, A., K. Ramos, E. Camargo, C. Andrade, M. Núñez, J. Delgado, C. Cárdenas and E. Morales. 2016. Phytoremediation of wastewater with high lead content and using *Typha domingensis* and *Canna generalis*. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia.* 39(2):88-95.
- ZHANG, W., Z. Huang, L. He and X. Sheng. 2012. Assesment of bacterial communities and characterization of lead-resistant bacteria in the rhizosphere soils of metal-tolerant *Chenopodium ambrosioides* grown on lead-zinc mine tailings. *Chemosphere* 87:1171-1178. 

Este artículo es citado así:

Soto-Padilla, M. Y., D. N. Calderón-Orozco, E. Flores-Tavizón, S. Saúl-Solís, C. E. Dávalos-Chargoy. 2016. Potencial de remoción de plomo mediante bacterias aisladas del sedimento de laguna San Juan, Ascensión, Chihuahua. *TECNOCENCIA Chihuahua* 10(3):161-167.

## Resumen curricular del autor y coautores

**MARISELA YADIRA SOTO PADILLA.** Profesor-Investigador Titular B, Tiempo Completo en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Participa como profesor en los programas de Licenciatura en Ingeniería Ambiental y Maestría en Estudios y Gestión Ambiental en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ. Tiene el grado de Doctor en Ciencias con Especialidad en Biotecnología; Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y la Licenciatura en Ingeniero en Biotecnología por el Instituto Tecnológico de Sonora. Sus líneas de investigación principales son el estudio de la contaminación en matrices ambientales y aplicación de microorganismos en procesos de biorremediación. Ha desarrollado proyectos de Investigación financiados por PRODEP.

**DENISSE NALLELY CALDERÓN OROZCO.** Estudiante de la Maestría de Ingeniería Ambiental y auxiliar de laboratorio de química en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Realiza apoyo en investigación concerniente a procesos de biorremediación.

**EDITH FLORES TAVIZÓN.** Profesor-Investigador Titular C, Tiempo Completo en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Participa como profesor en los programas de Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Maestría en Estudios y Gestión Ambiental y en el Doctorado en Ciencias en Ingeniería en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ. Fungió como coordinadora del Doctorado en Ciencias en Ingeniería del 2012 al 2014. Actualmente participa como Consejera Universitaria en la UACJ. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), Nivel 1 y cuenta con el perfil PRODEP. Tiene el grado de Doctor en Ciencias y Tecnología Ambiental, por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV), Unidad Chihuahua, la Maestría en Ingeniería Ambiental por el Tecnológico de Durango, y la licenciatura como Ingeniero Bioquímico en el mismo Instituto. Realizó una estancia Posdoctoral en la Universidad de Texas en El Paso (UTEP) en el Departamento de Química. Sus líneas de investigación principales son el tratamiento de aguas residuales mediante fitoremediación, humedales construidos, producción de algas para remoción de contaminantes, producción de energías alternativas y nanotecnología. Ha impartido conferencias en temas relacionados con la remoción de contaminantes del agua. Ha desarrollado proyectos individuales y en participación con centros de investigación financiados por CONACYT, PRODEP y el sector industrial.

**SERGIO SAÚL SOLÍS.** Profesor-Investigador Titular C, Tiempo Completo en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Participa como profesor en los programas de Licenciatura en Ingeniería Ambiental y Maestría en Estudios y Gestión Ambiental en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ. Tiene el grado de Doctor of Philosophy por The University of Sheffield en el Reino Unido; la maestría en Master of Science in Environmental Engineering por la Universidad de Texas en El Paso, Estados Unidos. Sus líneas de investigación principales son el estudio de la contaminación en matrices ambientales. Ha desarrollado proyectos individuales de investigación financiados por CONACYT y PRODEP.

**CÉSAR EMILIO DÁVALOS CHARGOY.** Profesor-Investigador de Tiempo Completo en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Participa como profesor en los programas de Licenciatura en Ingeniería Civil y Maestría en Ingeniería Civil en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ. Coordinador de la Maestría en Ingeniería Civil. Tiene el grado de Doctor en Análisis Estructural por la Universidad Politécnica de Cataluña, España; la Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería y Administración de la construcción por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, la licenciatura como Ingeniero Civil por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey.

# Guía para autores de escritos científicos

## Política editorial

Son bienvenidos manuscritos originales e inéditos de tipo científico, tecnológico o humanístico, los cuales deberán estar escritos con un lenguaje accesible a lectores con formación profesional, atendiendo a los principios de precisión, lógica y claridad. Todo manuscrito recibido es revisado en primera instancia por el Comité de Editores Asociados, para asegurar que cumpla con el formato y contenido establecido por las normas editoriales de *TECNOCENCIA Chihuahua*. Una vez revisado, los editores asociados determinarán su viabilidad para ser publicado; enseguida, se regresa al autor responsable para que incorpore las observaciones y sea editado. Posteriormente, es sometido a un estricto arbitraje bajo el sistema de doble ciego, realizado por dos especialistas en el área del conocimiento.

Para la evaluación de escritos se aplican los criterios de: Rigor científico, calidad y precisión de la información, relevancia del tema y la claridad del lenguaje. Los árbitros prestarán especial atención a la originalidad de los escritos, es decir, revisarán que el manuscrito sea producto del trabajo directo del autor o autores y que no haya sido publicado o enviado algo similar a otras revistas. Los artículos deben presentar: Un análisis detallado de los resultados, así como un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva del tema investigado, o ser de gran impacto social. Sólo serán aceptados trabajos basados en encuestas donde se incluyan mediciones, organización, análisis estadístico, prueba de hipótesis e inferencia sobre los datos obtenidos del estudio.

## Lineamientos generales

Se aceptan manuscritos originales e inéditos, producto de la creatividad del o los autores, cuyos resultados de investigación no hayan sido publicados parcial o totalmente (excepto como resumen de algún congreso científico), ni estén en vías de publicarse en otra revista (nacional o internacional) o libro. Para tal fin, el autor y coautores deberán firmar la carta de autoría, donde declaran que su trabajo no ha sido publicado o enviado para su publicación simultáneamente en otra revista; además, en dicho documento señalarán estar de acuerdo en aceptar las normas y procedimientos establecidos por el Consejo Editorial Internacional de la *Revista*

*TECNOCENCIA Chihuahua*, especificando el nombre del investigador a quien se dirigirá toda correspondencia oficial (autor de correspondencia). Se aceptan artículos en español o inglés, sin embargo, tanto el título como el resumen deberán escribirse en ambos idiomas. El contenido puede ser cualquier tema relacionado con algunas de las áreas del conocimiento definidas previamente o que a juicio del Consejo Editorial Internacional pueda ser de interés para la comunidad científica.

El Comité Editorial del área a la que se envíe el manuscrito, revisará que los resultados obtenidos sean de impacto regional, nacional o internacional. Además, prestará atención a la metodología en la que se sustenta la información y que esta sea adecuada y verificable por otros investigadores. No se aceptarán artículos basados en pruebas de rutina, o cuyos resultados experimentales se obtuvieron sin un método estadístico apropiado.

Cuando un artículo presente resultados experimentales con un alcance limitado puede recomendarse su publicación como una Nota Científica. Reconocemos que una mejora de la calidad de la revista es responsabilidad tanto del Consejo Editorial Internacional como de los autores.

## Manuscritos

Se entregarán cuatro copias impresas y una versión electrónica del manuscrito. También podrán remitirse los manuscritos a las direcciones

electrónicas de la revista que fueron mencionadas anteriormente pero la carta de presentación, firmada debidamente por los autores, deberá entregarse personalmente en las oficinas de la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Chihuahua; también puede escanearse para su envío por correo electrónico o remitirse por FAX [(614) 439-1823]. Todo manuscrito deberá acompañarse con la carta de autoría firmada por todos los autores, cuyo formato es proporcionado por la revista. En la carta deberá indicarse el orden de coautoría y el nombre del autor de correspondencia con la revista, para facilitar la comunicación con el Editor en Jefe. Esta carta debe incluir datos completos de domicilio, número de fax y dirección electrónica.

### Formato

El manuscrito científico tendrá una extensión máxima de 25 cuartillas, incluyendo figuras y cuadros, sin considerar la página de presentación. Para su escritura se utilizará procesador Word 2003 o posterior, para Windows XP o versión más reciente; todo texto se preparará utilizando la fuente Arial en 12 puntos, escrito a doble espacio y numerando páginas, renglones, cuadros y figuras del documento para facilitar su evaluación. Utilizar un margen izquierdo de 3.0 cm y 2.0 cm para el resto. Se recomienda no utilizar sangría al empezar cada párrafo del manuscrito. Los manuscritos de las diferentes categorías de trabajos que se publican en la revista deberán contener los componentes que a

continuación se indican, empezando cada uno de ellos en página aparte.

- a. Página de presentación.
- b. Resumen en español (con palabras clave en español).
- c. Resumen en inglés, abstract (con palabras en inglés, keywords).
- d. Texto (capítulos y su orden).
- e. Agradecimientos (opcional).
- f. Literatura citada.

**Página de presentación.** No se numera y debe contener: a) Títulos en español e inglés, escritos en mayúsculas y minúsculas, letras negritas y centradas; b) Nombres de los autores en el orden siguiente: Nombres y apellidos de autor y coautores, uniendo con un guión el apellido paterno y materno de cada uno; incluir su afiliación institucional; c) Información completa (incluyendo teléfono, domicilio con el código postal y dirección electrónica), anotando departamento e institución a la que pertenece el autor y coautores; si el autor y coautores pertenecen a la misma institución, no es necesario numerarlos (ver ejemplo mostrado en el cuadro de texto). Como una norma general, el Editor en Jefe se dirigirá solamente al autor de correspondencia mencionado en la carta de autoría y no se proporcionará información alguna a otra persona que lo solicite.

**Cuadro 1.** Ejemplo de una página de presentación de un manuscrito científico que incluye títulos, autores y coautores, así como nombre de institución de adscripción y datos generales para propósitos de comunicación.

---

## Análisis de áreas deforestadas en la región centro-norte de la Sierra Madre Occidental de Chihuahua, México

Deforest analysis areas in the north central region of the Sierra Madre  
Occidental of Chihuahua, Mexico

Carmelo Pinedo-Álvarez<sup>1,3</sup>, Rey Manuel Quintana-Martínez<sup>1</sup>  
y Martín Martínez Salvador<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada, Km 1 de la Carretera Chihuahua-Cuauhtémoc. Chihuahua, Chih., México, 31031. Tel. (614) 434-0303.

<sup>3</sup> Campo Experimental La Campana-Madera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Av. Homero 3744, Fracc. El Vergel. Chihuahua, Chih., México, 31100.

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: cpinedo@uach.mx.

**Título.** Es indicador del contenido del artículo, y si está escrito apropiadamente, facilitará indexarlo. Un buen título es breve (no más de 15 palabras), descriptivo e identifica el tema y propósito del estudio; al escribir el título debe elegirse palabras de gran impacto que revele la importancia del trabajo. Es recomendable evitar el uso de palabras o frases que tienen poco impacto y que no proporcionan información relevante sobre el contenido del estudio; por ejemplo: «*Estudio de . . . ; Influencia de la . . . , Efecto del . . . ; Relación de...*», entre otros.

**Resumen en español.** Al leer un resumen, el investigador puede reconocer el valor del contenido del escrito científico y decidir si lo revisa todo; por lo tanto, el resumen proporciona valiosa información del estudio facilita al lector decidir si lee todo el escrito. En la segunda página se debe incluir un resumen que no exceda 250 palabras. Aquí se indicarán la justificación y objetivos del estudio; una breve descripción de la metodología empleada; una descripción de los resultados más relevantes y presentar datos numéricos importantes (ejemplo: *se observó un incremento de 15 % en el rendimiento con la densidad de 60,000 plantas por ha*), y de ser posible, enfatizar el significado estadístico y escribir la conclusión general del trabajo.

**Palabras clave.** Después del resumen, en punto y aparte, escribir alfabéticamente de 4 a 6 palabras o frases cortas clave diferentes a las del título, que ayuden a indexar y clasificar el trabajo de acuerdo a su contenido. Las palabras se publicarán junto con el resumen. Los nombres de especies biológicas se escriben al principio de esta sección.

**Resumen en inglés (*abstract*).** Debe ser una traducción exacta del resumen en español, para ello es conveniente que los autores busquen la asesoría de profesionales de las ciencias que dominen el idioma inglés.

**Palabras clave en inglés (*keywords*).** Son las mismas palabras indicadas para el resumen en español que deberán ser traducidas al idioma inglés con la asesoría de un científico o técnico experto en la lengua.

**Texto (capítulos y su orden).** Existen diferencias en cuanto al contenido y estructura de cada una de las categorías de escritos científicos, que son

publicados en la revista. Las normas específicas para cada categoría son descritas enseguida, y para aquellos escritos recibidos que no se ajusten a estos formatos, el Consejo Editorial decidirá si pueden enviarse para su revisión al Comité Editorial del área correspondiente.

## 1. Artículo científico

Trabajo completo y original, de carácter científico o tecnológico, cuyos resultados se obtuvieron de investigaciones conducidas por los autores en alguna de las seis áreas del conocimiento citadas inicialmente. El manuscrito científico se divide en los capítulos siguientes:

- Resumen y abstract
- Introducción
- Materiales y métodos
- Resultados y discusión
- Conclusiones
- Agradecimientos
- Literatura citada

### Resumen y *abstract*

En una sección previa fueron descritas las normas editoriales para elaborar este elemento del escrito científico.

### Introducción

- a) Es importante resaltar el *tema* que trata la investigación. Se recomienda iniciar esta sección redactando una o dos oraciones de carácter universal, que sirva al investigador como argumento científico al describir su trabajo. A continuación se cita un artículo, cuyo título es: «Olor penetrante y azúcares de cultivares de cebolla de días cortos afectados por nutrición azufrada»; los autores empiezan con las oraciones siguientes:

«El sabor en la cebolla (*Allium cepa*) depende de hasta 80 compuestos azufrados, característicos del género *Allium*, además de varios carbohidratos solubles en agua. La intensidad del sabor es determinada por el genotipo de la variedad de cebolla y el ambiente en que se cultiva».

- b) También debe incluirse la *información previa y publicada* sobre el tema del estudio (*antecedentes*). Para orientar al lector es suficiente incluir referencias bibliográficas relevantes y recientes, en lugar de una revisión extensa de citas a trabajos viejos y de poca importancia sobre el tópico investigado. A continuación se presenta un ejemplo de cómo presentar cronológicamente las citas bibliográficas:

«La existencia de variación genética dentro de los cultivares de cebolla ha sido demostrada para intensidad de sabor y contenido total de azúcares (Darbyshire y Henry, 1979; Bajaj *et al.*, 1980; Randle, 1992b).

- c) *Problema a resolver*. Con una o dos oraciones especificar el problema abordado, justificar la realización del estudio, o bien, enunciar la hipótesis planteada por el investigador y cuya validez será probada por el experimento. Siguiendo con el ejemplo anterior, se presenta una breve descripción del problema estudiado:

«Se requiere un mayor conocimiento sobre características deseables, como el sabor intenso y contenido de carbohidratos solubles de la cebolla, que son afectadas por la interacción cultivar x niveles de fertilización azufrada»

- d) *Definición de los objetivos del estudio*. Aquí se enuncia brevemente hacia donde se dirige la investigación, es decir, se describe la manera o el medio a través del cual se pretende examinar el problema definido o la pregunta planteada por el investigador. Esta parte de la introducción permitirá al lector ver si las conclusiones presentadas por el investigador son congruentes con los objetivos planteados al inicio del trabajo. Ejemplo:

«Los objetivos de esta investigación fueron: **Evaluar cultivares** de cebolla de fotoperiodo corto, caracterizadas por su poco sabor y bajo contenido de carbohidratos solubles en agua, con niveles bajos y altos de azufre y **determinar la asociación** de dichas características con la fertilización».

## Materiales y métodos

Debe responder a las preguntas: ¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Cómo se hizo el trabajo? Puede incluir cuadros y figuras. El autor debe proporcionar información concisa, clara y completa, para que las técnicas y/o los procedimientos descritos así como las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo el estudio, puedan ser repetibles por otros investigadores competentes en el área (lugar, ciclo o etapa biológica, manejo del material biológico, condiciones ambientales, etc.).

Si un procedimiento es ampliamente conocido basta con citar a su(s) autor(es); sin embargo, cuando el método seguido ha sido modificado, debe proporcionarse detalles suficientes del mismo así como de un diseño experimental inusual o de los métodos estadísticos aplicados para el análisis de los resultados (arreglo de tratamientos, diseño experimental, tamaño de la unidad experimental, variables de respuesta, proceso de muestreo para obtener los datos, análisis estadístico de los datos, técnica de comparación de medias, etc.). Es recomendable dar una descripción cronológica del experimento y de los pasos de la metodología aplicada.

Al describir los materiales, deben señalarse especificaciones técnicas, cantidades, fuentes y propiedades de los materiales indicando nombre y dirección del fabricante. Para el caso de material biológico, dar información suficiente de las características particulares de los organismos (edad, peso, sexo, etapa fenológica, etc.); es importante también identificar con precisión el género, especie y nombre del cultivar o raza utilizado en el estudio. Si se trata de material no vivo, por ejemplo suelo cultivado, proporcionar los datos taxonómicos para facilitar su identificación.

## Resultados y discusión

Los resultados derivados del estudio se distinguen porque: son presentados en forma de cuadros y figuras, analizados estadísticamente e interpretados, bajo la luz de la hipótesis planteada antes de iniciar la investigación. Es recomendable que el autor incluya un número óptimo de cuadros y figuras de buena calidad, que sean absolutamente necesarios y que sirvan como fundamento para mejorar la comprensión de los resultados y darle soporte a la hipótesis sometida a prueba.

Cada cuadro y figura debe numerarse; su título debe ser claro y descriptivo; los símbolos y abreviaturas incluidos deben ser explicados apropiadamente. Los cuadros y figuras elaborados a partir de los *resultados* deben ser explicativos por sí mismos; los comentarios que se hagan deben resaltar características especiales tales como: Relaciones lineales o no lineales entre variables, una cantidad estadísticamente superior a otra, tendencias, valores óptimos, etc. En síntesis responde a la pregunta ¿qué ocurrió?

En la sección de *discusión* los datos presentados en forma de cuadros y figuras son interpretados enfocando la atención hacia el problema (o pregunta planteada) definido en la introducción, buscando demostrar la validez de la hipótesis elaborada por el investigador. Una buena discusión puede contener:

- a) Principios, asociaciones y generalizaciones basadas en los resultados.
- b) Excepciones, variables correlacionadas o no y definición de aspectos del problema no citados previamente pero que requieren ser investigados.
- c) Énfasis sobre resultados que están de acuerdo con otro trabajo (o lo contradicen).
- d) Implicaciones teóricas o prácticas.

Cuando la discusión se presenta en una sección separada no debe escribirse como una recapitulación de los resultados, pero debe centrarse en explicar el significado de ellos y explicar como proporcionan una solución al problema abordado durante el estudio. Cuando se comparan los resultados del presente estudio con otros trabajos, ya sea que coincidan o estén en desacuerdo con ellos, deben citarse las referencias más pertinentes y recientes.

### Conclusiones

Es aceptable escribir en una sección separada una o varias conclusiones breves, claras y concisas, que se desprenden de los resultados de la investigación y que sean una aportación muy concreta al campo del conocimiento donde se ubica el estudio. No se numeran las conclusiones y al redactarlas debe mantenerse la congruencia con los objetivos del trabajo y el contenido del resumen.

### Agradecimientos

En este apartado, se puede dar el crédito a personas o instituciones que apoyaron, financiaron o contribuyeron de alguna manera a la realización del trabajo. No se debe mencionar el papel de los coautores en este apartado.

### Literatura citada

Incluye la lista de referencias bibliográficas citadas en el manuscrito científico, ordenadas alfabéticamente y elaborada conforme a las reglas siguientes:

1. Es recomendable que las referencias bibliográficas obtenidas sean preferentemente de: *Artículos científicos* de revistas periódicas indexadas, *capítulos o libros y manuscritos en extenso* (4 o más cuartillas) publicados en memorias de congresos científicos.
2. Al escribir una referencia empezar con el apellido paterno (donde sea costumbre agregar enseguida el apellido materno separado por un guión) del autor principal y luego las iniciales de su(s) nombre(s). Enseguida escriba la inicial del nombre del segundo autor y su primer apellido. Continuar así con el tercero y siguientes autores separando sus nombres con una coma y una y entre el penúltimo y último autor.
3. Colocar primero las referencias donde un autor es único y enseguida donde aparece como autor principal. En estos casos el orden de las citas se establece tomando como base el apellido del primer coautor que sea diferente.
4. En las citas donde el(los) autor(es) sea(n) los mismos, se ordenarán cronológicamente; se utilizarán letras en referencias de los mismos autores y que fueron publicadas en el mismo año (2004a, 2004b, 2004c, etc.).
5. Títulos de artículos y de capítulos de libros se escribirán con minúsculas (excepto la primera letra del título y nombres propios). Los títulos de libros llevan mayúsculas en todas las palabras excepto en las preposiciones y artículos gramaticales.

Cada uno de los tipos de referencias bibliográficas y las reglas para citarlas se ilustran con ejemplos enseguida:

### Artículos científicos de revistas periódicas

- Gamiely, S., W. M. Randle, H. A. Mills, and D. A. 1991. Onion plant growth, bulb quality, and water uptake following ammonium and nitrate nutrition. *HortScience* 26(9):1061-1063.
- Randle, W. M. 1992a. Sulfur nutrition affects nonstructural water-soluble carbohydrates in onion germplasm. *HortScience* 27(1):52-55.
- Randle, W. M. 1992b. Onion germplasm interacts with sulfur fertility for plant sulfur utilization and bulb pungency. *Euphytica* 59(2):151-156.

### Capítulos de libros

- Darbyshire, B. and B. T. Steer. 1990. Carbohydrate biochemistry. In: H.D. Rabinowitch and J.L. Brewster (eds.). *Onions and allied crops. Vol. 3. CRC Press, Boca Raton, Fla. p. 1-6*

### Libros

- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1960. Principles and Procedure of Statistics: A Biometrical Approach. McGraw-Hill Book Company Inc. New York. 481 p.

### Memorias de Congresos Científicos

- Mata, R. J., F. Rodríguez y J. L. Pérez. 2005. Evaluación de aditivos fertilizantes: raíz-set LSS (producto comercial) y root N-Hancer (producto experimental) en la producción de ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) en Chapingo, México. In: Memoria de artículos en resumen y en extenso, XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas (SOMECH). 27-29 de septiembre de 2005. Chihuahua, Chih., México. p.134.

### Boletín, informe, publicación especial

- Hoagland, D. R. and D. I. Arnon. 1980. The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Exp. Sta. Circ. 347. 50 p.
- Alvarado, J. 1995. Redacción y preparación del artículo científico. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación Especial 2. 150 p.
- US Environmental Protection Agency (USEPA). 1981. Process design manual for land treatment

of municipal wastewater. USEPA Rep. 625/1-77-008 (COE EM1110-1-501). U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C. 60 p.

## 2. Nota científica

Son de menor extensión que un artículo (máximo 10 cuartillas a doble espacio, incluyendo cuadros y figuras). Pueden incluirse:

- a) Descubrimientos o aportaciones breves, obtenidas de un estudio reciente de carácter local o limitado;
- b) el producto de modificaciones o mejoramiento de técnicas, procedimientos experimentales, análisis estadísticos, aparato o instrumental (de laboratorio, invernadero o campo);
- c) informes de casos clínicos de interés especial;
- d) resultados preliminares, pero importantes y novedosos, de investigaciones en desarrollo, o bien,
- e) desarrollo y aplicación de modelos originales (matemáticos o de cómputo) y todos aquellos resultados de investigación que a juicio de los editores merezcan ser publicados.

Como en el caso de un artículo extenso, la nota científica debe contener: a) *título* (español e inglés), b) *autor(es)*, c) *institución de adscripción del autor(es)*, d) *resumen* (en español e inglés), e) *palabras clave* (español e inglés). El *texto* de una nota científica contendrá también la misma información señalada para un artículo extenso: f) *introducción*, g) *materiales y métodos*, h) *resultados y discusión* y i) *conclusiones*; sin embargo, su redacción será corrida de principio a final del trabajo; esto no quiere decir que sólo se supriman los subtítulos, sino que se redacte en forma continua y coherente. La nota científica también incluye el inciso k) *bibliografía*.

## 3. Ensayo científico

Manuscrito de carácter científico, filosófico o literario, que contiene una contribución crítica, analítica y solidamente documentada sobre un tema específico y de actualidad. Se caracteriza por ser una aportación novedosa, inédita y expresa la opinión del(os) autor(es) así como conclusiones bien

sustentadas. Su extensión máxima es de 20 cuartillas a doble espacio (incluyendo cuadros y figuras).

La estructura del ensayo contiene los incisos siguientes: a) *Títulos* (español e inglés), b) *autor(es)*, c) *Institución de adscripción*, d) *resumen* (español e inglés), e) *palabras clave* (español e inglés), f) *introducción*, g) *desarrollo del tema*, g) *conclusiones* y h) *bibliografía*. El tópico es analizado y discutido bajo el apartado *Desarrollo del tema*.

#### 4. Revisión bibliográfica

Consiste en el tratamiento y exposición de un tema o tópico relevante y de actualidad. Su finalidad es la de resumir, analizar y discutir, así como poner a disposición del lector información ya publicada sobre un tema específico. Ya sea que la revisión temática sea solicitada por el Consejo Editorial a personas expertas o bien que el manuscrito sea presentado por un profesional experimentado, debe resaltarse la importancia y significado de hallazgos recientes del tema. El texto contiene los mismos capítulos de un ensayo, aunque en el capítulo *desarrollo del tema* es recomendable el uso de encabezados para separar las diferentes secciones o temas afines en que se divide la revisión bibliográfica; además, se sugiere el uso de cuadros y figuras para una mayor comprensión del contenido.

#### Preparación de cuadros y figuras

Se recomienda insertar los cuadros y figuras, numerados progresivamente, en el lugar correspondiente del texto. Los cuadros y gráficas deberán dejarse como objetos editables (no como imágenes insertadas), con el propósito de modificarlos en caso de ser requerido. Los títulos de los cuadros y/o figuras se escriben en letra Arial, negritas y 12 puntos. En los títulos, el uso de las letras mayúsculas se limita a la primera letra y nombres propios.

#### Cuadros

Los cuadros con los resultados se presentan en tablas construidas preferentemente con tres o cuatro líneas horizontales; las dos primeras sirven para separar los encabezados, mientras que la(s) última(s), para cerrar la tabla. Las líneas verticales

se usan también para distinguir columnas de datos. A continuación se presenta un ejemplo de cuadros con información estadística:

#### Figuras

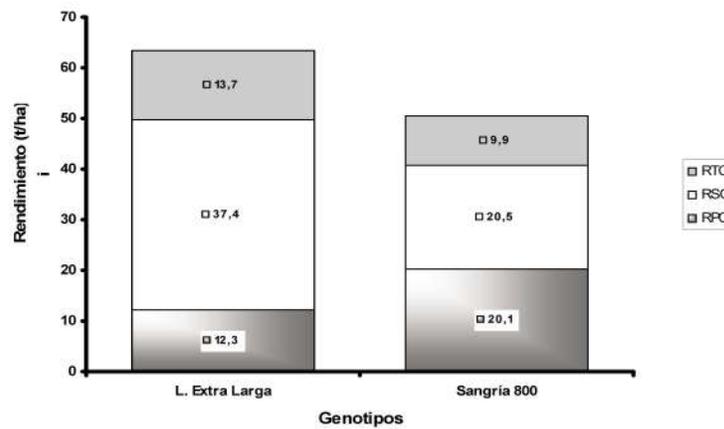
En las figuras no se debe duplicar la información presentada en los cuadros o viceversa. Se recomienda el uso de medidas de acuerdo al Sistema Métrico Decimal y las abreviaturas utilizadas deberán apegarse a las recomendaciones que aparecen en la tabla que se anexa al presente documento.

Siempre que se incluyan figuras de línea o de otro tipo deben utilizarse símbolos bien definidos para evitar confusiones. Si se usan gráficas del tipo de barras o pastel, los rellenos deben ser contrastantes. En lo posible, las fotografías e imágenes incluidas en el manuscrito deben ser en blanco y negro, en formato *tif* ó *jpg* con 300 puntos de resolución y el archivo original por separado.

**Cuadro 1.** Análisis de varianza de la variable Peso de flor fresca en Golden Delicious

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Cuadrado medio	F <sub>c</sub> calculada	Significancia P <sub>r</sub> > F <sub>t</sub>
Colector	3	4306.25	1435.42	2.68	0.1099
Día	3	214118.75	71372.92	133.30	0.0001
Error	9	4818.75	535.42	-	-
Total	15	223243.75	Desv. Estándar =	23.14	
Estimadores	CV (%)	10.9	Media =	211.9	

**Figura 1.** Rendimiento de tres cortes en dos genotipos de sandía (Janos, Chih., UACH-2005)



**Cuadro 2.** Unidades de medición y abreviaturas de uso frecuente

Unidades	Abreviatura	Unidades	Abreviatura
cal	Caloría(s)	ml	Mililitro (s)
cm	Centímetro(s)	mm	Milímetro (s)
°C	Grado centígrado(s)	min	Minuto (s)
DL <sub>50</sub>	Dosis letal 50%	ng	Nanogramo (s)
g	Gramo(s)	P	Probabilidad (estadística)
ha	Hectárea(s)	p	Página
h	Hora (s)	PC	Proteína cruda
i. m.	Intramuscular (mente)	PCR	Reacción en cadena de la polimerasa
i. v.	Intravenosa (mente)	pp	Páginas
J	Joule(s)	ppm	Partes por millón
kg	Kilogramo(s)	%	Por ciento (con número)
km	Kilómetro(s)	rpm	Revoluciones por minuto
l	Litro(s)	seg	Segundo (s)
log	Logaritmo decimal	t	Tonelada (s)
Mcal	Megacaloría(s)	TND	Total de nutrientes digestibles
MJ	Megajoule(s)	UA	Unidad animal
M	Metro(s)	UI	Unidades internacionales
msnm	Metros sobre el nivel del mar	vs	Versus
µg	Microgramo(s)	xg	Gravedades
µl	Microlitro(s)	km.h <sup>-1</sup>	Kilómetro por hora
µm	Micrómetro(s) ó micra(s)	t.ha <sup>-1</sup>	Tonelada por hectárea
mg	Miligramo(s)	µg. ml	Microgramos por mililitro

Cualquier otra abreviatura se pondrá entre paréntesis inmediatamente después de la(s) palabra(s) completa(s).

Los nombres científicos y otras locuciones latinas se deben escribir en cursivas, como se indica

en los ejemplos siguientes: Durazno (*Prunus persica* L. Batsch), Tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), Hongo fitopatógeno (*Pythium aphanidermatum* Edson), Palomilla de la manzana (*Cydia pomonella* L.), en laboratorio *in vitro*, sin restricción *ad libitum*. 

# TECNOCIENCIA Chihuahua

Revista arbitrada de ciencia, tecnología y humanidades

La **Universidad Autónoma de Chihuahua**, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado, convoca a docentes, investigadores y estudiantes a publicar sus escritos científicos en **TECNOCIENCIA Chihuahua**



## CARACTERÍSTICAS

### Propósito

Divulgar avances científicos y tecnológicos

### A quién se dirige

Académicos, científicos, tecnólogos, profesionistas, estudiantes y empresarios

### Periodicidad

Cuatrimestral

### Fuentes de financiamiento

Presupuesto de la UACH, donativos, suscripciones y publicidad

### Circulación

Nacional e internacional

### Oficinas de la revista

Dirección de Investigación y Posgrado

### Página Web

<http://tecnociencia.uach.mx>

## SECCIONES:

▲ *El científico frente a la sociedad*

▲ *Artículos científicos por áreas del conocimiento:*

- Alimentos
- Salud y Deporte
- Ingeniería y Tecnología
- Educación y Humanidades
- Economía y Administración
- Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable

▲ *Creatividad y desarrollo tecnológico*

## TRABAJOS ARBITRADOS:

- Artículo Extenso
- Nota Científica
- Ensayo Científico
- Revisión Bibliográfica



Si desea publicar un artículo, vea la "Guía para autores" en la página web: <http://tecnociencia.uach.mx>  
Información para publicación o suscripción, al correo: [tecnociencia.chihuahua@uach.mx](mailto:tecnociencia.chihuahua@uach.mx), o al Tel: (614) 439-1822 Ext. 2213



latindex

PERIÓDICA  
Index in Periodicals Literature and Citations

# La Universidad Autónoma de Chihuahua y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

convocan al:



ENCUENTRO DE JÓVENES  
INVESTIGADORES DEL  
ESTADO DE CHIHUAHUA

*"INVESTIGAR ES VER TODO LO QUE EL MUNDO HA VISTO, Y PENSAR LO QUE NADIE MÁS HA PENSADO"* ALBERT SZENT-GYÖRGYI

**Agosto 24 y 25 de 2017**  
Campus II de la UACH

**Periodo de registro**  
electrónico de propuestas:  
Del 25 de abril al 24 de mayo de 2017  
a través del sitio de internet:  
<http://jovenesinvestigadores.uach.mx>

#### Dirigida a:

Jóvenes estudiantes de Instituciones de Educación Superior Públicas y Privadas del Estado de Chihuahua que se encuentran cursando los dos últimos semestres de su licenciatura, o bien, que tenga máximo ocho meses de haber egresado al momento de su registro, y que estén realizando o hayan terminado trabajo formal de investigación o desarrollo tecnológico.

#### Áreas del conocimiento:

- I.- Biología y Química
- II.- Biotecnología y Ciencias Agropecuarias
- III.- Ciencias Sociales
- IV.- Física, Matemáticas y Ciencias de la Tierra
- V.- Humanidades y Ciencias de la Conducta
- VI.- Ingenierías
- VII.- Medicina y Ciencia de la Salud

Notificación de aceptación de las propuestas evaluadas: **Del 27 al 30 de junio de 2017**

Se otorgarán estímulos económicos en cada una de las áreas de acuerdo a los siguientes montos:

1er. Lugar: \$7,000.00  
2do. Lugar: \$5,000.00  
3er. Lugar: \$3,000.00

Los ganadores del primero y segundo lugar, de cada Área de conocimiento participarán en el "4º. Congreso Interinstitucional de Jóvenes Investigadores", en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, en el mes de noviembre de 2017.

Para descargar a la convocatoria completa, consulta el portal de internet:

<http://jovenesinvestigadores.uach.mx>