

# TECNOCIENCIA Chihuahua

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



Múltiples formas de aprovechar los beneficios de moringa  
(*Moringa oleifera* Lam.)



Análisis de la pesquería artesanal de sardina  
(*Sardinella aurita*) en Venezuela



Germinación y evaluación de *Sporobolus airoides* para la fitorremediación de aguas residuales con altas concentraciones de NaCl



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
**CHIHUAHUA**

M.C. JESÚS ENRIQUE SEÁÑEZ SÁENZ  
*Rector*

DR. JESÚS VILLALOBOS JIÓN  
*Secretario General*

M.C. JESÚS ENRIQUE PALLARES RONQUILLO  
*Director de Extensión y Difusión Cultural*

DR. ROSENDO MARIO MALDONADO ESTRADA  
*Director de Planeación y Desarrollo Institucional*

M.C. JAVIER MARTÍNEZ NEVÁREZ  
*Director Académico*

DRA. ALMA DELIA ALARCÓN ROJO  
*Directora de Investigación y Posgrado*

M.A.R.H. HORACIO JURADO MEDINA  
*Director Administrativo*

**TECNOCIENCIA**  
Chihuahua

**Comité Editorial Interno**

DR. CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA  
*Editor en Jefe*

M.S.I. IVÁN DAVID PICAZO ZAMARRIPA  
*Coordinador editorial*

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

**Editores Asociados**

DRA. ALMA DELIA ALARCÓN ROJO  
DRA. ANA CECILIA GONZÁLEZ FRANCO  
DR. OSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES OLIVAS

DR. CARMELO PINEDO ÁLVAREZ  
DR. JAVIER TARANGO ORTIZ

DRA. LUZ HELENA SANÍN AGUIRRE  
DRA. MARÍA DE LOURDES VILLALBA

**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 2, Mayo-Agosto 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  |    | Medio Ambiente y Desarrollo<br>Sustentable   |     |
| Acuíferos en Chihuahua: estudios sobre<br>sustentabilidad.  |    | Análisis de la pesquería artesanal de sardina<br>( <i>Sardinella aurita</i> ) en Venezuela.  |     |
| <i>Mélida Gutiérrez</i><br><i>Victor M. Reyes-Gómez</i><br><i>María Teresa Alarcón-Herrera</i><br><i>Daniel Núñez-López</i>   | 58 | <i>Leo Walter González</i><br><i>Nora Eslava</i><br><i>Luis Troccoli</i><br><i>Francisco Guevara</i>   | 81  |
| Alimentos   |    | Germinación y evaluación de <i>Sporobolus</i><br>airoides para la fitorremediación de aguas<br>residuales con altas concentraciones de NaCl. |     |
| Dinámica nutrimental en hoja y fruto de<br>arándano tipo Ojo de Conejo ( <i>Vaccinium ashei</i><br>Reade).  |    | <i>Karina Ivette Guzmán-Muñoz</i><br><i>Edith Flores-Tavizón</i><br><i>Germán Cuevas-Rodríguez</i>   | 90  |
| <i>Ana María Castillo-González</i><br><i>Edilberto Avitia-García</i><br><i>Luis Alonso Valdez-Aguilar</i><br><i>Joel Pineda-Pineda</i><br><i>Sandra Aguilar-Sánchez</i> | 64 | Múltiples formas de aprovechar los beneficios<br>de moringa ( <i>Moringa oleifera</i> Lam.)  |     |
| Educación y Humanidades   |    | <i>Olivia Estrada-Hernández</i><br><i>Ofelia Adriana Hernández-Rodríguez</i><br><i>Victor Manuel Guerrero-Prieto</i>                         | 101 |
| Autoeficacia en niños de educación primaria y<br>preferencia por un rol de profesor.  |    |  |     |
| <i>Ma. Concepción Rodríguez-Nieto</i><br><i>Joel García-García</i><br><i>José Armando Peña-Moreno</i><br><i>Martha Patricia Sánchez-Miranda</i>                         | 72 |  |     |

## 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

Para obtener una perspectiva del estado de sustentabilidad de los acuíferos de la región, se analizaron estudios realizados en la zona central del estado de Chihuahua. Los resultados se muestran en el artículo: "*Acuíferos en Chihuahua: estudios sobre sustentabilidad*", donde los investigadores concluyen que el déficit se ha estado incrementando y se señala la urgencia de acciones que aseguren una futura disponibilidad del agua, como aumentar la recarga y estrategias para reducir las extracciones.

Con el objetivo de conocer la dinámica nutrimental en las hojas y frutos del arándano azul tipo Ojo de Conejo en sus diferentes etapas de desarrollo, los autores del artículo "*Dinámica nutrimental en hoja y fruto de arándano tipo Ojo de Conejo (Vaccinium ashei Reade)*" recolectaron muestras de hojas y frutos en cinco etapas de desarrollo del fruto en una plantación de este cultivo en Puebla, México. Los investigadores concluyeron que los elementos nutrimentales tienen un mayor aprovechamiento en la etapa de floración, previa al desarrollo del fruto, ya que de esta manera se garantiza una producción y calidad satisfactoria de este cultivo, que se ha convertido en una excelente alternativa para diversificar la actividad frutícola en México.

La política educativa actual propone el rol del profesor como facilitador para mejorar el aprendizaje del estudiante, y su autoeficacia está consistentemente relacionada con ello. A partir de este planteamiento, se propuso evaluar las relaciones entre los roles de profesores como transmisor de información o como facilitador, y la percepción de 423 alumnos de 5° y 6° año de primaria sobre su aprendizaje con uno u otro rol. Se encontró que el rol de profesor transmisor de información y la autoeficacia general están correlacionados positivamente. Los detalles del estudio se encuentran en el artículo: "*Autoeficacia en niños de educación primaria y preferencia por un rol de profesor*"

En los últimos años, la pesca de sardina en costas de los estados Sucre y Nueva Esparta, Venezuela ha experimentado una fuerte disminución de las capturas, provocando impactos desfavorables en los subsectores de extracción y procesamiento. Ante ello, investigadores

analizaron este fenómeno con enfoques biológico-tecnológico y socio-económico, con el fin de explorar posibles soluciones para la gestión pesquera, concluyendo que la pesquería podría colapsar por la competencia del recurso, desconocimiento de la biomasa pescable e insuficientes medidas de gestión. Se proponen alternativas para mantener una biomasa saludable a través de un efectivo manejo precautorio. El estudio se ha documentado en el artículo "*Análisis de la pesquería artesanal de sardina (Sardinella aurita) en Venezuela*".

Se incluye el artículo "*Germinación y evaluación de Sporobolus airoides para la fitorremediación de aguas residuales con altas concentraciones de NaCl*", en el cual se evaluó la germinación y el comportamiento de la especie vegetal *Sporobolus airoides* (SAI) como fitorremediadora para la remoción de NaCl mediante experimentos a nivel laboratorio. Se encontró que esta especie es una excelente opción para la fitorremediación de efluentes contaminados con altas concentraciones de salinidad, problema de contaminación que se presenta en el agua de diversas regiones del país.

Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) es una planta cultivada en regiones tropicales del mundo, muy apreciada por sus propiedades nutritivas y medicinales. Entre los usos que se describen en el artículo de revisión: "*Múltiples formas de aprovechar los beneficios de moringa*", los autores detallan sus cualidades como complemento alimenticio para el ser humano y animales domesticados. Además, se describe el aprovechamiento de esta planta como fertilizante orgánico, para la producción de biocombustibles y su capacidad para eliminar la turbidez del agua.

EQUIPO EDITORIAL  
REVISTA TECNOCENCIA CHIHUAHUA

# Acuíferos en Chihuahua: estudios sobre sustentabilidad

## Aquifers in Chihuahua: Studies on sustainability

MÉLIDA GUTIÉRREZ<sup>1,4</sup>, VÍCTOR M. REYES-GÓMEZ<sup>2</sup>,  
MARÍA TERESA ALARCÓN-HERRERA<sup>3</sup> Y DANIEL NÚÑEZ-LÓPEZ<sup>3</sup>

### Resumen

El manejo no sustentable de acuíferos puede manifestarse como un déficit (recarga-extracciones), el cual se refleja en un descenso del nivel potenciométrico con respecto al tiempo, y también en el deterioro en la calidad del agua. Una manera convencional de resolver el problema de sobreexplotación ha sido la de importar agua de otros acuíferos al área de escasez, pero esta es una alternativa no sustentable que acarrea problemas a largo plazo sin solucionar la situación. Para obtener una perspectiva del estado de sustentabilidad de la región, se consultaron estudios realizados en ocho acuíferos que conforman la parte central del estado de Chihuahua. Los resultados se tabularon y analizaron con relación a sus propiedades, uso principal, y déficit con respecto al tiempo. Se concluye que el déficit se ha estado incrementando y se señala la urgencia de acciones que aseguren una futura disponibilidad del agua en toda esta zona, utilizando como estrategias: 1) un aumento de la recarga (por ejemplo inyección directa del exceso de agua pluvial al acuífero), y 2) reducción de extracciones (por ejemplo, por medio de incentivos para ahorrar agua en zonas urbana y agrícola).

**Palabras clave:** acuífero, déficit, nivel potenciométrico, recarga, sustentabilidad.

### Abstract

Non-sustainable management of aquifers may manifest as a groundwater deficit (recharge minus withdrawals), which becomes apparent as a drop in the water table, and also in the deterioration in water quality. A conventional solution to aquifer overexploitation has been to import water from a nearby region, a non-sustainable option that, on the long run, worsens the problem without solving it. It was collected information on eight aquifers located in the central part of the state of Chihuahua to gain a perception about the groundwater sustainability status of the region. The results were tabulated and analyzed regarding the aquifer's properties of water, main use and deficits over time. It is concluded that the deficit has a trend to increase in most aquifers, which underlines the urgency to secure the water availability of this region. This can be accomplished by implementing strategies to (1) increase the recharge (e.g., by direct injection of rainwater excess into the aquifer) and (2) reduce the water withdrawals (e.g., through incentives for water saving actions in urban zones as well as in agriculture).

**Keywords:** aquifer, deficit, potentiometric level, recharge, sustainability.

### Introducción

La sobreexplotación de acuíferos es un problema que afecta a muchas regiones productivas del mundo. Esta sobreexplotación se manifiesta como una baja en el nivel potenciométrico o presencia de contaminantes (Gorelick y Zheng, 2015), creando una situación no sustentable.

<sup>1</sup> Missouri State University, Department of Geography, Geology and Planning. 901 S. National Ave., Springfield, MO, EUA. 65897.

<sup>2</sup> Instituto de Ecología, A.C. (INECOL). Centro Regional Chihuahua, Red MAS. Km. 33.300, carretera Chihuahua-Ojinaga, Cd. Aldama, Chih. C.P. 32900. Tel. (614) 451-0905.

<sup>3</sup> Centro de Investigación en Materiales Avanzados. CIMAV. Unidad Durango. Victoria 147 norte, Zona Centro, Durango, Dgo. México. C.P. 34000. Tel. (618) 811-0774.

<sup>4</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: mgutierrez@missouristate.edu

Alcanzar la sustentabilidad en cuanto a la cantidad relacionada con el nivel potenciométrico y calidad de agua es de vital importancia para asegurar el suministro de agua a generaciones futuras (Alley y Leake 2004; Gorelick y Zheng 2015). En vista de la gravedad de esta situación mundial actual, y en una carrera contra el tiempo, expertos en materia de agua se han dado a la búsqueda de soluciones que aminoren o resuelvan el problema. Estos esfuerzos se realizan en diferentes ámbitos e incluyen, por ejemplo, la estimación de cambios en la cantidad de agua almacenada en acuíferos por medio del satélite espacial GRACE ([www.nasa.gov/mission\\_pages/Grace/](http://www.nasa.gov/mission_pages/Grace/)), nuevos modelos matemáticos donde se modelan situaciones complejas, integrando variables socioeconómicas a las variables físicas convencionales (Neri-Ramirez *et al.*, 2013; Gorelick y Zheng 2015), estimaciones precisas de recarga y descarga de acuíferos a ríos (Miller *et al.*, 2016), y determinación de los flujos de agua en la zona intermedia entre superficie y agua subterránea en zonas áridas (Scanlon *et al.*, 2009).

El problema de la sobreexplotación de acuíferos se agudiza en: 1) zonas áridas, 2) áreas con alto crecimiento demográfico y 3) áreas donde se extrae agua subterránea para irrigación intensiva de cultivos. La zona centro de Chihuahua está sometida a uno o más de estos factores de presión, además de otros factores climatológicos eventuales como son la sequía y el aumento de temperatura ambiente por el calentamiento global.

Los acuíferos de Chihuahua se han degradado en cantidad y calidad durante los últimos años, operando con déficits de hasta -197% (acuífero Cuauhtémoc, 2014). En 2016, el acuífero Cuauhtémoc era el más sobreexplotado en el país (El Diario, Mayo 15 de 2016). Algunos aspectos de estos acuíferos se han descrito en reportes de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2014a,b,c,d,e,f,g,h), artículos de investigación (Mahlknecht *et al.*, 2008; Espino-Valdez *et al.*, 2009; Orozco-Corral, 2010; Reyes-Gómez *et al.*, 2013; Villalba *et al.*, 2013) y tesis de maestría (Prunés 2012; Nájera-Haro 2016).

Los ocho acuíferos incluidos aquí son de tipo libre y compuestos de material no consolidado que depositó en cuencas en la región geológica de Cuencas y Sierras, resultado de la distensión en la corteza terrestre y que confiere al desierto

Chihuahuense ese paisaje tan característico. A la fecha, tres de estos acuíferos se utilizan para suministrar agua a la ciudad de Chihuahua y dos proveen agua para irrigación en zonas de agricultura intensiva (Cuadro 1). Sin embargo, los usos de los acuíferos cambian con el tiempo, dependiendo de las presiones a las que estén siendo sometidos.

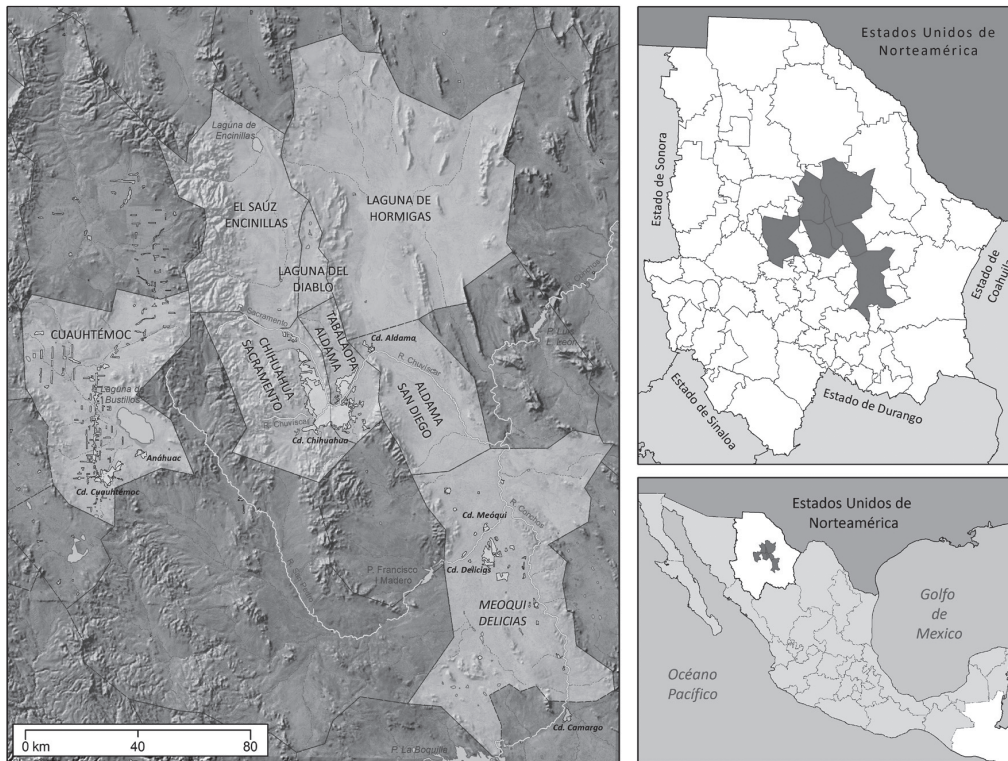
A pesar de la situación de déficit de los acuíferos, las demandas de agua de la ciudad de Chihuahua y del sector agrícola continúan en aumento. Desafortunadamente, no están consideradas en forma importante en la planeación a futuro medidas para asegurar un uso y manejo sustentable del recurso (IMPLAN, 2009; Orozco-Corral, 2010).

En el presente estudio se recopiló la información de ocho acuíferos que conforman la parte central del estado de Chihuahua con respecto a sus funciones y sus características físicas, químicas, e hidrológicas. La información recabada fue analizada para discernir el estado de sustentabilidad con el que están operando en cuanto a cantidad y calidad del agua, ello con el objetivo de sugerir algunas alternativas para incrementar la sustentabilidad de los acuíferos, tomando en cuenta sus características y sus funciones individuales.

## Acuíferos en la zona central del estado de Chihuahua

La Figura 1 muestra la ubicación de los ocho acuíferos de la parte central del estado de Chihuahua que fueron seleccionados por ser representativos de los diferentes usos de suelo. Estos acuíferos son llamados de tipo bolsón y se forman de depósitos de aluvión en cuencas con sierras en los flancos este y oeste. Por su hidrología superficial, los acuíferos El Sauz-Encinillas, Laguna de Hormigas, y Cuauhtémoc pertenecen a cuencas cerradas, mientras que el resto de los acuíferos pertenecen a la región hidrológica del río Conchos. Aunque el agua superficial de las cuencas cerradas no se conecta con las cuencas pertenecientes a la región hidrológica del río Conchos, las aguas subterráneas sí llegan a fluir de una cuenca a otra, en las llamadas entradas horizontales (Mahlknecht *et al.*, 2008). El flujo horizontal entre acuíferos es limitado, y se reduce al bajar los niveles potenciométricos de los acuíferos.

**Figura 1.** Ubicación de ocho acuíferos seleccionados de la parte central del estado de Chihuahua.



En 1985 se completó una obra de infraestructura hídrica que suministró agua adicional a la ciudad de Chihuahua, transfiriendo agua del acuífero El Sauz-Encinillas, localizado a 35 km al norte de la ciudad. De 1985 a la fecha, este, acuífero se ha abatido, alcanzando un déficit de -27.9% en 2014, mientras que la laguna de Encinillas se secó y solo tiene agua por temporadas muy breves luego de una lluvia fuerte. La desaparición de la laguna no solamente priva los animales silvestres de agua o hábitat, sino que los sedimentos finos expuestos en el lecho seco de la laguna pueden ser movilizados largas distancias por el viento, con un alto potencial de causar deterioro en el aire en la ciudad de Chihuahua y en consecuencia el incremento de enfermedades respiratorias.

Las cifras enlistadas en el Cuadro 1 muestran algunas tendencias generales asociadas a su sustentabilidad, las que se describen a continuación:

1. Se observa que los acuíferos en las áreas donde se ejerce la agricultura intensiva (Cuauhtémoc, Meoqui-Delicias) presentan el déficit más pronunciado, notablemente más que los acuíferos que surten a la ciudad de Chihuahua, a pesar de ser los acuíferos con mayor capacidad de almacenamiento.

2. Se puede observar que las extracciones tienen una tendencia al aumento con el tiempo (2007 a 2014).

3. La recarga se reporta como constante con respecto al tiempo, lo cual es una aproximación, ya que la recarga es dinámica por naturaleza. Probablemente se haya asumido en estos reportes que esta cifra no ha cambiado significativamente en los últimos años. A este respecto, se debe mencionar que las mediciones para cuantificar la recarga son difíciles y laboriosas de realizar, especialmente las entradas laterales y la infiltración de agua de riego.

4. Tres acuíferos, Laguna de Hormigas, Laguna El Cuervo, y Aldama-San Diego discrepan en los valores de recarga reportados, lo cual probablemente se deba a que estos acuíferos eran hasta hace poco tiempo utilizados en usos de menor importancia económica. La determinación más reciente de la recarga es probablemente la más precisa.

5. A excepción del acuífero Tabalaoopa-Aldama, los acuíferos con un valor de déficit de cero son aquellos donde el uso principal de suelo se reporta como agostadero o pastizal. Estas zonas tienen vegetación desértica en su superficie, manteniéndose en una forma relativamente natural hasta hace pocos años, cuando experimentaron un cambio de uso de suelo considerable.



**Cuadro 1.** Datos generales sobre acuíferos de la zona centro del estado de Chihuahua (IMPLAN, 2009; Conagua 2014).

| Acuífero             | Uso principal | Recarga/Extracciones, hm <sup>3</sup> /año |             | Cuenca hidrológica | % déficit (2014) |
|----------------------|---------------|--|-------------|--------------------|------------------|
|                      |               | 2007                                       | 2014        |                    |                  |
| Chihuahua-Sacramento | A             | 65.8/120.5                                 | 56.6/102.1  | Río Conchos        | -45.4            |
| El Sauz-Encinillas   | A             | 64.0/16.0                                  | 62.4/90.3   | Cuenca cerrada     | -27.9            |
| Tabalaopa-Aldama     | A             | 55.1/66.1                                  | 76.5/59.8   | Río Conchos        | 0.0              |
| Laguna de Hornigales | C             | 64.0/16.0                                  | 25.5/16.0   | Cuenca cerrada     | 0.0              |
| Laguna El Diablo     | C             | 4.3/0.2                                    | 0.8/0.6     | Cuenca cerrada     | 0.0              |
| Aldama-San Diego     | C             | 35.2/21.1                                  | 62.5/41.5   | Río Conchos        | 0.0              |
| Cuauhtémoc           | B             | 115.2/192.0                                | 115.2/312.2 | Cuenca cerrada     | -197.0           |
| Meoqui-Delicias      | B             | 211.2/333.9                                | 211.2/383.3 | Río Conchos        | -172.2           |

Usos principales: A=suministro agua a la ciudad de Chihuahua; B=agricultura uso intensivo; C = agostadero, uso moderado. 1 hm<sup>3</sup> = 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

Los acuíferos Cuauhtémoc y Meoqui-Delicias se utilizan para riego agrícola principalmente. Su alta tasa de explotación es preocupante por su importancia económica y rápido abatimiento. En cuanto a su calidad de agua, nitratos y arsénico son los contaminantes detectados en estos acuíferos (Espino *et al.*, 2007; Espino-Valdés *et al.*, 2009; Orozco-Corral y Valverde-Flores, 2012).

Los acuíferos marcados con 0.0 déficit en el Cuadro 1 parecería a simple vista que tienen agua que ofrecer, sin embargo, estudios recientes han demostrado lo contrario. Villalba *et al.*, (2013) y Reyes-Gómez *et al.* (en prensa) detectaron la presencia de nitratos en los acuíferos de Tabalaopa-Aldama y Aldama-San Diego, así como altas concentraciones de flúor. Arsénico y flúor son contaminantes de origen natural que co-ocurren en estos acuíferos (Alarcón-Herrera *et al.*, 2013; Reyes-Gómez *et al.*, 2013) mientras que la presencia de nitratos indica contaminación antropogénica; y son posiblemente el resultado de infiltración de aguas de desecho urbano o agrícola, lo que indica un manejo no sustentable de estos acuíferos a pesar de que los niveles potenciométricos no se encuentren a la baja.

## Sustentabilidad

Con la alta demanda de agua que es típica de zonas áridas, la búsqueda e implementación de medidas eficientes de utilizar el agua son indispensables para alcanzar la sustentabilidad. La implementación de medidas sustentables en zonas áridas son aquellas que promueven la recarga (infiltración natural o artificial), reducen las

extracciones y evitan en lo posible la evaporación. Un paso importante para formular planes sustentables de manejo es el de reconocer los flujos de agua que operan en cada región en particular y la estrecha relación entre agua superficial y agua subterránea.

Privar a una región del agua para transportarla a otra región es una práctica no sustentable, y por ello causante de diferentes tipos de conflicto. En algunos países (e.g., Unión Europea) esta práctica no solamente es reprochable sino que está prohibida (Ripoll y MacMillan, 2010), sin embargo, está presente el argumento de que existe exportación de agua de una región a otra en la forma de productos agrícolas. Se han reportado algunos métodos alternos a la importación directa de agua (agua entubada) para zonas desérticas, pero la mayoría se encuentran a nivel piloto (Gale, 2005). Uno de ellos consiste en recolectar el agua de lluvia y enviarla a un lecho de río o arroyo rico en grava en donde el agua se infiltra y recarga el acuífero, mientras que otros investigadores recomiendan inyección directa de agua de lluvia usando pozos abandonados para una recarga más directa. De esta manera, agua de buena calidad se almacena en el acuífero, donde la evaporación es mínima, en contraste con almacenamiento en embalses (presas) en zonas semiáridas, donde las pérdidas por evaporación son cuantiosas.

En zonas urbanas se puede recolectar el agua de lluvia de los techos en cisternas y posteriormente reusar esa agua para riego de jardines como paso hacia la infiltración al acuífero (Gutiérrez y Rubio-Arias, 2014). Plantar árboles nativos del desierto, e.g., mezquite, en zonas ribereñas (al lado de ríos, acequias y canales) también favorece la infiltración y reduce la temperatura del agua por consiguiente la evaporación (Scott *et al.*, 2000).

En Chihuahua, el uso de mayor consumo de agua es el agrícola, por ello es de alta pertinencia considerar ahorros de agua que se pueden obtener reduciendo la cantidad destinada para uso agrícola (Ripoll y MacMillan, 2010; Orozco-Corral, 2010; Wang *et al.*, 2015). Los incentivos agrícolas están destinados a cultivos altamente redituables (alfalfa, nogal, manzana) pero estos a su vez son los que más agua necesitan. Una implementación de incentivos para ahorrar agua en estos cultivos podría arrojar buenos resultados y sería relativamente fácil de implementar, ya que estos cultivos están altamente tecnificados. Wang *et al.* (2015) determinaron que

para zonas áridas, aumentar el costo del agua y cambiar a tecnología más avanzada no son medidas tan efectivas para ahorrar este recurso como lo son los incentivos (subsidios) según el agua ahorrada y precio subsidiado para cultivos que conservan el agua según ciertas metas predeterminadas.

Igualmente, en la zona urbana se recomienda encontrar el incentivo que podría motivar a los ciudadanos a usar agua más sensatamente. La búsqueda debe estar respaldada por un estudio de mercado y tomando en cuenta la idiosincrasia de cada región. Algunas opciones a considerar incluyen el aumento del precio del agua (por ejemplo, aquellos usuarios que utilicen una cantidad mayor a cierta cantidad base), incentivos para reusar agua de lluvia (por medio de cisternas), incluir plantas desérticas en los jardines y parques, y el uso de equipos ahorradores de agua en el hogar.

Cabe mencionar que uso sustentable no es limitante en cuanto al uso de los recursos, sino en el uso eficiente del mismo, para lograr que el recurso siga proporcionando beneficios al usuario a través del tiempo, o por muchas generaciones más. Involucrar a la población en la zona urbana y a los agricultores en la zona agrícola es vital, una manera de lograrlo es haciendo pública la información de niveles potenciométricos y de calidad de agua del acuífero, obtenida en pozos de monitoreo instalados en lugares estratégicos, así como fomentar la educación ambiental para que esta información tenga la difusión y aceptación necesaria.

## Conclusiones

Los acuíferos de la parte central del estado de Chihuahua han sido manejados en forma no sustentable, y de continuar el uso actual se prevé que el agua sea cada vez más escasa hasta agotarse. Los acuíferos con mayor déficit son aquellos que están ubicados en áreas donde se practica agricultura intensiva. En algunos acuíferos que se encuentran en equilibrio se detecta la presencia de contaminantes antropogénicos, lo cual indica falta de sustentabilidad en su manejo y acciones preventivas, a pesar de que los niveles potenciométricos están relativamente estables. Se mencionan algunas medidas para aumentar la sustentabilidad, aclarando que se requiere contar con estudios de factibilidad técnica-económica para encontrar soluciones efectivas, no sólo en teoría sino en la práctica.

## Referencias

- ALARCÓN-HERRERA, M.T., Bundschuh J., Nath B., Nicolli H.B., Gutierrez M., Reyes-Gomez V.M., Nunez D., Martín-Domínguez I.R., Sracek O. 2013. Co-occurrence of arsenic and fluoride in groundwater of semi-arid regions in Latin America: Genesis, mobility and remediation. *Journal of Hazardous Materials*, 262:960-969.
- ALLEY, W.M. and Leake, S.A. 2004. The journey from safe yield to sustainability. *Ground Water* 42:12-16.
- CONAGUA, 2015a. Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero 0805 Cuauhtémoc, Estado de Chihuahua, México: CONAGUA. 2007 data with a 2014 amendment, 25 pp. [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/aguasubterranea/pdf/dr\\_0805.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/aguasubterranea/pdf/dr_0805.pdf)
- CONAGUA, 2015b. Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero 0807 El Sauz-Encinillas, Estado de Chihuahua, México: CONAGUA. 2007 data with a 2014 amendment, 35 pp. [http://www.conagua.gob.mx/Conagua07/aguasubterranea/pdf/DR\\_0807.pdf](http://www.conagua.gob.mx/Conagua07/aguasubterranea/pdf/DR_0807.pdf)
- CONAGUA, 2015c. Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero 0815 Laguna El Diablo, Estado de Chihuahua, México: CONAGUA. 2007 data with a 2014 amendment, 25 pp. [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/aguasubterranea/pdf/dr\\_0815.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/aguasubterranea/pdf/dr_0815.pdf)
- CONAGUA, 2015d. Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero 0824 Laguna de Hormigas, Estado de Chihuahua, México: CONAGUA. 2007 data with a 2014 amendment, 27 pp. [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/aguasubterranea/pdf/dr\\_0824.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/aguasubterranea/pdf/dr_0824.pdf)
- CONAGUA, 2015e. Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero 0831 Meoqui-Delicias, Estado de Chihuahua, México: CONAGUA. 2007 data with a 2014 amendment, 32 pp. [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/aguasubterranea/pdf/dr\\_0831.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/aguasubterranea/pdf/dr_0831.pdf)
- CONAGUA, 2015f. Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero 0836 Aldama- San Diego, Estado de Chihuahua, México: CONAGUA. 2007 data with a 2014 amendment, 28 pp. [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/aguasubterranea/pdf/dr\\_0836.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/aguasubterranea/pdf/dr_0836.pdf)
- CONAGUA, 2015g. Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero 0835 Tabalaopa-Aldama, Estado de Chihuahua, México: CONAGUA. 2007 data with a 2014 amendment, 26 pp. [http://www.conagua.gob.mx/Conagua07/aguasubterranea/pdf/DR\\_0835.pdf](http://www.conagua.gob.mx/Conagua07/aguasubterranea/pdf/DR_0835.pdf)
- CONAGUA, 2015h. Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero 0836 Aldama-San Diego, Estado de Chihuahua, México: CONAGUA. 2007 data with a 2014 amendment, 28 pp. [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/aguasubterranea/pdf/dr\\_0836.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/aguasubterranea/pdf/dr_0836.pdf)
- CONAPO, (Comisión Nacional de Población) <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones> México, acceso 2 de mayo, 2016.
- DE LA MAZA BENIGNOS, M., Lavín Murcio, P.A., De la Mora Covarrubias, A., Quiñonez Martínez M., Rodríguez-Pineda, J.A., Vela-Valladares, L., Zapata López, J. 2012. La conservación de la zona de manantiales de San Diego de Alcalá, Municipio de Aldama, Chihuahua. World Wildlife Fund y Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México.
- ESPINO, M.S., Rubio H.O., Navarro C.J. 2007. Nitrate pollution in the Delicias-Meoqui aquifer of Chihuahua, Mexico. *WIT Transactions on Biomedicine and Health. Environmental Health Risk IV*, 11, 189-196.
- ESPINO-VALDÉS, M.S., Barrera-Prieto, Y., Herrera-Peraza, E. 2009. Presencia del arsénico en la sección norte del acuífero Meoqui-Delicias, del estado de Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua* 3:8-18.
- GALE, I. 2005. Estrategias para la gestión de recarga de acuíferos (GRA) en zonas semiáridas. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), París, 35 pp. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001438/143819s.pdf>.
- GORELICK, S. and Zheng, C. 2015. Global change and the groundwater management challenge. *Water Resources Research*, 51:3031-3051.
- GUTIÉRREZ, M. y Rubio-Arias H.O. 2014. Captación pluvial en Chihuahua: una alternativa sustentable. *Tecnociencia Chihuahua*, 8:1-6.
- IMPLAN, (Instituto Municipal de Planeación) 2009. Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Chihuahua: Visión 2040. Tercera Actualización [http://www.implanchihuahua.gob.mx/pdf/diagnostico\\_ambiente.pdf](http://www.implanchihuahua.gob.mx/pdf/diagnostico_ambiente.pdf)
- MAHLKNECHT, J., Horst, A., HernándezLimón, G., Aravena, R. 2008. Groundwater geochemistry of the Chihuahua City region in the Rio Conchos Basin (northern Mexico) and implications for water resources management. *Hydrological Processes*, 22:4736-4751.

- NÁJERA-HARO, B. 2016. Variación estacional de la calidad del agua en los acuíferos de Tabaopa-Aldama y Aldama-San Diego, en Chihuahua, México. Tesis, CIMAV Chihuahua, Mexico, 122 pp.
- NERI-RAMÍREZ, E., Rubiños-Panta, J.E., Palacios-Velez, O.L., Oropeza-Mota, J.L., Flores-Magdaleno, H., Ocampo-Fletes, I. 2013. Sustainability evaluation of the Cuautitlán-Pachuca aquifer using MESMIS methodology. *Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19:273-286.
- MILLER, M.P., Buto S.G., Susong D.D. Rumsey C.A. 2016. The importance of base flow in sustaining surface water flow in the Upper Colorado River Basin. *Water Resources Research*, 52:3547-3562.
- OROZCO-CORRAL, A.L. 2010. Uso eficiente del agua de riego mediante sondas de capacitancia. *Aqua-LAC (UNESCO)*, 2, 56-66.
- OROZCO-CORRAL, A.L. y M.I. Valverde Flores. 2012. Impacto ambiental del monitoreo de la humedad del suelo mediante sondas de capacitancia sobre la contaminación de acuíferos por nitratos. Unión Agrícola Regional de Fruticultores del Estado de Chihuahua, Simposio internacional sobre el manzano y frutales de clima templado 2012. <http://www.unifrut.com.mx/archivos/simposiums/simposium2012/7c.pdf>
- PRUNÉS, E. 2012. Modelación de la Interacción del Río San Pedro con el Acuífero Meoqui-Delicias. Tesis, Universidad Autónoma de Chihuahua, México, 129 pp.
- REYES-GÓMEZ, V.M., Alarcón-Herrera, M.T., Gutiérrez M., Núñez-López, D. 2013. Fluoride and arsenic in an alluvial aquifer system in Chihuahua, Mexico: contaminant levels, potential sources, and co-occurrence. *Water Air and Soil Pollution*, 224:1433.
- REYES-GÓMEZ, V.M., Alarcón-Herrera, M.T., Gutiérrez M., Núñez-López, D. 2015. Arsenic and fluoride variations in groundwater of an endorheic basin undergoing land-use changes. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 68, 292-304.
- REYES-GÓMEZ, V.M., Gutiérrez, M., Najera-Haro B., Núñez-López, D. Alarcón-Herrera, M.T., Water quality, land use, and sustainability of aquifers in a semiarid region of northern Mexico. En Prensa.
- RIPOLL, S y T, MacMillan, 2010. WP3: Water Scarcity and its virtual export from Spain to UK. Co-operative Research on Environmental Problems in Europe (CREPE) Final Report. <http://www.crepeweb.net/wp-content/uploads/2010/12/crepe-wp3-final-report.pdf>
- SCANLON, B.R., Reedy, R.C., Stonestrom, D.A., Prudic, D.E., Dennehy, K.F. 2005. Impact of land use and land cover change on groundwater recharge and quality in the southwestern US. *Global Change Biol.* 11:1577-1593.
- SCOTT, R.L., Shuttleworth W.J., Goodrich D.C., Maddock III T. 2000. The water use of two dominant vegetation communities in a semiarid riparian ecosystem. *Agricultural and Forest Meteorology* 105:241-256.
- VILLALBA, L., Colmenero-Sujo L., Pinales-Munguía, A., Estrada-Gutiérrez, G., Rubio-Arias H.O., Mireles-García F., Dávila-Rangel, I. 2013. Analysis of health risk due to the presence of radioactivity and chemical elements in groundwater, Aldama Municipality, Chihuahua, Mexico. *Journal of Environmental Protection*, 4:1265-1271.
- WANG, T., Park S.C., Jim H. 2015. Will farmers save water? A theoretical analysis of groundwater conservation policies. *Water Resources and Economics* 12:27-39.

Este artículo es citado así:

Gutiérrez, M., V. M. Reyes-Gómez, M. T. Alarcón-Herrera y D. Núñez-López. 2016. Acuíferos en Chihuahua: estudios sobre sustentabilidad. *TECNOCENCIA Chihuahua* 10(2):58-63.

## Resumen curricular del autor y coautores

**MÉLIDA GUTIÉRREZ.** Obtuvo su grado de maestría en la Universidad de Karlsruhe, Alemania, en sistemas biológicos de tratamiento de agua en 1979, y posteriormente el doctorado en geohidrología en la Universidad de Texas en El Paso, de donde se graduó en 1992. Ha impartido clases en el Instituto Tecnológico de Monterrey-Campus Guaymas, la Universidad del Estado de Nuevo México-Las Cruces, y durante los últimos veintidós años, en la Universidad del Estado de Missouri (MSU), en donde imparte los cursos de geología física y geoquímica a nivel licenciatura y maestría. Su investigación se ha enfocado a la geoquímica de interacciones entre roca y agua, sustentabilidad, sistemas cársticos, contaminación de suelos y agua por residuos metalíferos (jales) mineros, y educación ambiental. Sus publicaciones incluyen dos capítulos de libro y cerca de 50 artículos en revistas técnicas o especializadas. Su área de estudio incluye predominantemente el sur del estado de Missouri (Estados Unidos) y el estado de Chihuahua (México). Viaja a Chihuahua con frecuencia y mantiene nexos de colaboración con instituciones educativas en el estado.

**MA. TERESA ALARCÓN HERRERA.** Directora de la Unidad Durango del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), profesora e investigadora en el área de ciencias ambientales y tecnologías sustentables. Estudios de Maestría y Doctorado en Ingeniería Ambiental. Especialidad en Tratamiento de Agua en Toulouse, Francia y en Hannover, Alemania. Es Investigadora Nivel II, dentro del Sistema Nacional de Investigadores en México. Ha contribuido a la formación de 15 alumnos de Licenciaturas en el área de Ingeniería, 11 de Maestría y 10 de Doctorado en Ciencia y Tecnología Ambiental. Evaluadora de proyectos de investigación, nacionales e internacionales, y de artículos en revistas técnicas. Dirige proyectos nacionales e internacionales de investigación, financiados por diversas agencias. Tiene publicaciones en revistas técnicas con arbitraje, congresos nacionales e internacionales. Líneas de Investigación: Ingeniería Ambiental, Calidad del agua, Contaminación del agua por arsénico y flúor, Caracterización y procesos de tratamiento de agua y suelo contaminados con metales y metaloides. Procesos fisicoquímicos y biológicos a través de la fitorremediación, utilizando humedales construidos. Aplicación de los nano-materiales en tecnologías de tratamiento de agua.

**VÍCTOR MANUEL REYES GÓMEZ.** Doctor en ciencias de la tierra y del agua en la Universidad de Montpellier II (2003, Francia). Investigador Titular A del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), adscrito a la red Ambiente y Sustentabilidad-Chihuahua. Desarrolla investigación en los temas de ecología de cuencas (funcionamiento hidrológico y calidad de aguas), en el estudio integrado de la sequía e investigación ecológica a largo plazo. Miembro del SNI Nivel I (2015), Miembro de la Red de Zonas Áridas (1995-2005), Integrante de la Comisión Científica Electoral de l'IRD-Paris (2003-2005), Coordinador de Investigación y Docencia del CEISS-INECOL (2005-2009), enlace Académico del INECOL-Chihuahua (2010-2012), Miembro de las redes RETAC, LTER-MEX y ILTER y SocioECOS. Ha publicado 22 artículos científicos (9 JCI); 2 ediciones de libro y 15 capítulos de libro; ha dirigido 8 proyectos de investigación con fondos externos (CNA, FOMIX, SEP, IMTA) y colaborado en otros 7 con otras instituciones. Ha codirigido 7 tesis de licenciatura, 4 de maestría y 2 de doctorado. Ha participado en 50 ponencias en congresos y simposios nacionales e internacionales en temas sobre medio ambiente y recursos naturales. Participa en docencia ofreciendo los cursos relacionados con temas del ciclo hidrológico y manejo de cuencas (Ecología) en México: UJED, UACH, CIMAV e INECOL y Francia: IPEAT. Revisor de proyectos CONACYT (Fondos Mixtos y Sectoriales, SINECYT), evaluador de artículos en revistas nacionales e internacionales especializadas.

**DANIEL NÚÑEZ LÓPEZ.** Doctor en ciencias con especialidad de manejo de recursos naturales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (2014, Nuevo León, México). Investigador asociado C del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), adscrito al departamento de Medio Ambiente en la Unidad CIMAV-Durango. Desarrolla investigación en los temas de variabilidad climática, con énfasis en sequía, modelación espacial del riesgo de disturbios ambientales en materia de incendios, plagas forestales y calidad de agua. Miembro del SNI Nivel I (2018), Enlace Académico del INECOL-Chihuahua (2012-2014), miembro de las redes, LTER-MEX y SocioECOS. Ha publicado 13 artículos científicos (4 JCI); 6 capítulos de libro; ha dirigido 1 proyecto de investigación con fondos sectoriales (CONAFOR-CONACYT) y colaborado en otros 6 con otras instituciones. Ha codirigido 3 tesis de licenciatura y 3 de maestría. Ha participado como conferencista en diversos congresos y simposios nacionales e internacionales en temas ambientales y de recursos naturales. Revisor de proyectos CONACYT (Fondos Mixtos y Sectoriales), evaluador de artículos en revistas nacionales e internacionales especializadas.

# Dinámica nutrimental en hoja y fruto de arándano tipo Ojo de Conejo (*Vaccinium ashei* Reade)

## Nutrient dynamics in leaf and fruit of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade)

ANA MARÍA CASTILLO-GONZÁLEZ<sup>1,4</sup>, EDILBERTO AVITIA-GARCÍA<sup>1</sup>, LUIS ALONSO VALDEZ-AGUILAR<sup>2</sup>, JOEL PINEDA-PINEDA<sup>3</sup> Y SANDRA AGUILAR-SÁNCHEZ<sup>1</sup>

Recibido: Mayo 23, 2016

Aceptado: Junio 30, 2016

### Resumen

El arándano azul tipo Ojo de Conejo (*Vaccinium ashei* Reade) se ha convertido en una excelente alternativa para diversificar la actividad frutícola en México, desafortunadamente, su reciente introducción está acompañada de escasa información en su manejo agronómico, destacando el desconocimiento de las demandas nutrimentales del cultivo. Con el objetivo de conocer la dinámica nutrimental en las hojas y frutos durante las diferentes etapas de desarrollo del mismo, e identificar las etapas críticas de los diferentes nutrientes, en una plantación de arándano tipo Ojo de Conejo en Zacatlán, Puebla, se recolectaron muestras de hojas y frutos en cinco etapas de desarrollo del fruto: fruto verde, cambio de color de verde a rosa (V-Rs), inicio de maduración (fruto rosa-rojo, Rs-Rj), durante la maduración (fruto rojo-azul, Rj-A) y fruto maduro (azul). Se determinó la concentración de macro y micronutrientes. En las hojas, la concentración de todos los elementos mostró dos picos, uno en la etapa de fruto verde y el otro cuando el fruto alcanzó su madurez (fruto azul). El orden de concentración en las hojas fue: N>Ca>K>Mg>P>Fe>Mn>B>Zn. La concentración de todos los elementos en los frutos presentó un descenso con el avance de la maduración. El orden de concentración nutrimental en los frutos fue: N>K>Ca>Mg>P>Zn>B>Mn>Fe. Estos resultados indican que las etapas de mayor demanda nutrimental son las dos primeras (fruto verde y V-Rs). Por lo que los elementos se deben suministrar en la floración, previo al desarrollo del fruto para garantizar una producción y calidad del fruto satisfactorias.

**Palabras clave:** *Vaccinium ashei* Reade, desarrollo del fruto, macronutrientes, micronutrientes, distribución nutrimental.

### Abstract

The Rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) has become an excellent alternative to diversify the array of fruits produced in Mexico; unfortunately, its recent introduction is accompanied by scarce information in its agronomic management, highlighting the lack of knowledge of the nutritional demands of the crop. With the objective of knowing the nutritional dynamics in the leaves and fruits during their different stages of development, and to identify the critical stages of the different nutrient in a rabbiteye blueberry plantation located in Zacatlan, Puebla, samples of leaves and fruits were collected in five fruit developmental phases: green fruit (G), fruit changing from green to pink (G-P), beginning of ripening (fruit from pink to red, P-R), ripening (fruit from red to blue, R-B) and mature fruit (blue, B). Macro and micronutrient concentration were determined. In the leaves, the concentration of all the elements exhibited two peaks, one in the stage of green fruit and the other when the fruit reached maturity (blue fruit). The order of nutrient concentration in the leaves was: N>Ca>K>Mg>P>Fe>Mn>B>Zn. In the fruits, nutrient concentration exhibited a decrease as maturity was reached. The order of nutritional concentration in the fruits was: N>K>Ca>Mg>P>Zn>B>Mn>Fe. These results suggest that the higher nutritional demand occur in the G and the G-P phases; therefore, the elements must be supplied in blooming, prior to the development of the fruit to ensure a satisfactory production and fruit quality.

**Keywords:** *Vaccinium ashei* Reade, fruit development, macronutrients, micronutrients, nutritional distribution.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Carr. México-Texcoco Km 38.5, Chapingo, 56230 Texcoco de Mora, Estado de México. Tel. 01 (595) 952-1500 Exts. 6416 y 6417.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coah. Tel. 01(844) 411-0209.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Suelos. Carr. México Texcoco Km 38.5, Chapingo, 56230 Texcoco de Mora, Estado de México. Tel. 01(595) 952-1500. Exts. 1633 y 6198

<sup>4</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: anasofiacasg@hotmail.com.

## Introducción

**H**ay evidencias muy fuertes de que los antioxidantes presentes en los frutos y vegetales protegen a los lípidos, proteínas y ácidos nucleicos del daño oxidativo que inician los radicales libres, evitando el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y cáncer en humanos (Howard *et al.*, 2003). Dentro de 41 frutos y vegetales estudiados por su capacidad antioxidante, los arándanos tienen el más alto valor (You *et al.*, 2011); es por ello que el consumo de arándanos, sobre todo en fresco, se ha duplicado en los últimos 12 años (Retamales y Hancock, 2012).

El arándano azul es una especie arbustiva, su producción comercial proviene principalmente de los llamados arándanos tipo alto del norte, *Vaccinium corymbosum* L.; arándano tipo Ojo de Conejo, *V. ashei* Reade; y arándano bajo proveniente de *V. angustifolium* Ait. y *V. myrtilloides* Michx., todos ellos nativos de Norteamérica; y de los híbridos de *Vaccinium corymbosum* por *V. darrowi* o *V. ashei*, llamados arándanos altos del sur (Rieger, 2006).

El arándano tipo Ojo de Conejo es nativo de la rivera de los ríos y pantanos del sur de Georgia y de Alabama hasta el norte de Florida (Rieger, 2006). Aunque la mayor parte de la producción comercial viene de los tipos altos y bajos, los tipos Ojo de Conejo son importantes debido a la maduración tardía de su fruto (Retamales y Hancock, 2012), mayor vida poscosecha y su amplia adaptabilidad a diferentes tipos de suelo, ya que tolera un intervalo de pH más amplio que el arándano alto; tolera altas temperaturas y ausencia de humedad (Rieger, 2006). Se cultiva principalmente en Estados Unidos (Retamales y Hancock, 2012).

En el Continente Americano, los arándanos azules también se producen en Chile, Argentina, México y Uruguay; en donde se cultivan principalmente los tipos alto del sur y Ojo de Conejo, debido a que se acumulan de 0 a 800 horas-frío (< 7 °C); las temperaturas invernales generalmente se ubican por arriba de los 0 °C, las temperaturas del verano fluctúan de 28 a 30 °C y se tiene un período libre de heladas mayor a los 250 días (Retamales y Hancock, 2012).

En México se cultivan los arándanos tipos alto del sur y Ojo de Conejo y en los últimos años se ha incrementado notablemente su cultivo, sumando una superficie de 1,803 ha, con una producción de 18,031 toneladas, con rendimientos promedio de 10 a 12 t ha<sup>-1</sup>. Los principales estados productores del tipo alto del sur son Jalisco, Colima, Baja California y Michoacán. Puebla es el único estado de la república en el que se cultiva el tipo Ojo de Conejo, con una superficie cosechada de 97 ha, producción de 441.1 t y rendimiento de 4.55 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2014).

La demanda nutrimental de los arándanos azules se considera baja, comparada con la de otros frutales; algunos autores reportan crecimiento y fructificación satisfactorios en el tipo Ojo de Conejo durante varias estaciones en suelos con baja fertilidad y sin fertilización (Retamales y Hancock, 2012; Spiers y Marshall, 2012). Sánchez-García (2009) reporta que el arándano azul, sin especificar tipo ni cultivar, extrae por tonelada de fruto 4.7 kg de N, 0.5 kg de P, 4 kg de K, 1.4 kg de Ca y 0.8 kg de Mg.

Los estudios de extracción de nutrimentos contribuyen en forma cuantitativa a dar solidez a los programas de fertilización recomendados; pues permiten conocer la cantidad de un nutrimento que se absorbe por un cultivo para producir un rendimiento determinado en un tiempo definido (Bertsch, 2003). El conocimiento de la dinámica de absorción nutrimental es de suma importancia, ya que permite sincronizar la disponibilidad de los nutrimentos con las

necesidades de la planta durante su desarrollo y producción, y con la adaptación de técnicas adecuadas de suplemento nutrimental se puede tener un control fino sobre la disponibilidad de los nutrientes, especialmente en suelos con baja fertilidad y en cultivos sin suelo; lo que puede conducir a mantener producciones y calidad de fruto satisfactorias, con un mínimo de fertilización y en consecuencia con bajo impacto en el ambiente (Tagliavini *et al.*, 2005).

El aspecto nutrimental de los cultivos es básico para obtener no sólo buena producción, sino también buena calidad del fruto. Se reconoce que existe una relación directa entre la absorción nutrimental y la calidad del fruto. El problema es conocer la concentración crítica y óptima de cada elemento y las interacciones entre elementos que conducen al desarrollo de la calidad de los frutos (Tagliavini *et al.*, 2000).

Los estudios de la dinámica y distribución nutrimental en los arándanos, y particularmente en el arándano tipo Ojo de Conejo, es muy escasa; lo que limita generar programas de fertilización pertinentes y sustentables; es por ello que en esta investigación se plantearon los objetivos de conocer la dinámica nutrimental en las hojas y frutos de este arándano durante las diferentes etapas de desarrollo del fruto e identificar las etapas críticas de los macro y micronutrientes.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en una plantación de arándano tipo Ojo de Conejo en plena producción, con una edad de 8 años; ubicada en el municipio de Zacatlán, Puebla, que se localiza en la parte noroeste del estado; sus coordenadas geográficas son 19° 50' de latitud norte y 97° 51' de longitud oeste. Sus colindancias son al norte con Chiconcuautla y Huauchinango, al sur con Aquixtla y Chignahuapan, al oeste con Ahuacatlán, Tepetzintla y Tetela de Ocampo y al poniente con Ahuazotepic y el estado de Hidalgo. Con clima templado húmedo, con abundantes lluvias en verano, temperatura media anual entre 12 y 18 °C y precipitación en el mes más seco menor de 40 mm (García, 1973).

La densidad de plantación de la huerta fue de 2,500 plantas·ha<sup>-1</sup>, con un diseño de plantación en marco real de 2 X 2 m; con una extensión de 3.5 ha. El manejo nutrimental fue nulo y de temporal, la incorporación de materia orgánica al suelo provenía de los residuos de malezas y podas.

*Muestreos.* Para llevar a cabo este trabajo se realizaron cinco muestreos de hojas y frutos en cinco etapas de desarrollo de fruto: fruto verde; en cambio de coloración de verde a rosa (V-Rs); inicio de maduración, indicado por el cambio de color del fruto de rosa a rojo (Rs-Rj); durante la maduración, fruto 95% azul, 5% rojo (Rj-A); y fruto completamente maduro (fruto azul). Las plantas (seis) de donde se obtuvieron las hojas y frutos fueron seleccionadas al azar en toda la huerta. Se recolectaron 100 hojas de reciente maduración por planta; así como los 20 frutos más cercanos a ellas, en el estado de maduración correspondiente a cada muestreo. La unidad experimental fue una planta.

*Determinación nutrimental.* De cada muestra, tanto de hojas como de frutos, se determinó la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B). Para ello, las muestras se sometieron a una digestión húmeda con una mezcla de ácido sulfúrico-ácido perclórico (relación 2:1, v/v) y peróxido de hidrógeno al 30%. La determinación de la concentración de N se realizó por el método microkjeldahl; la de P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn y B se hizo en un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada (AES) de Varian (Australia), para todos los casos se siguió la metodología descrita por Alcántar y Sandoval (1999).

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), utilizando el paquete estadístico SAS versión 9 (SAS Institute, 1999). Las gráficas se elaboraron con el paquete SigmaPlot, versión 9.

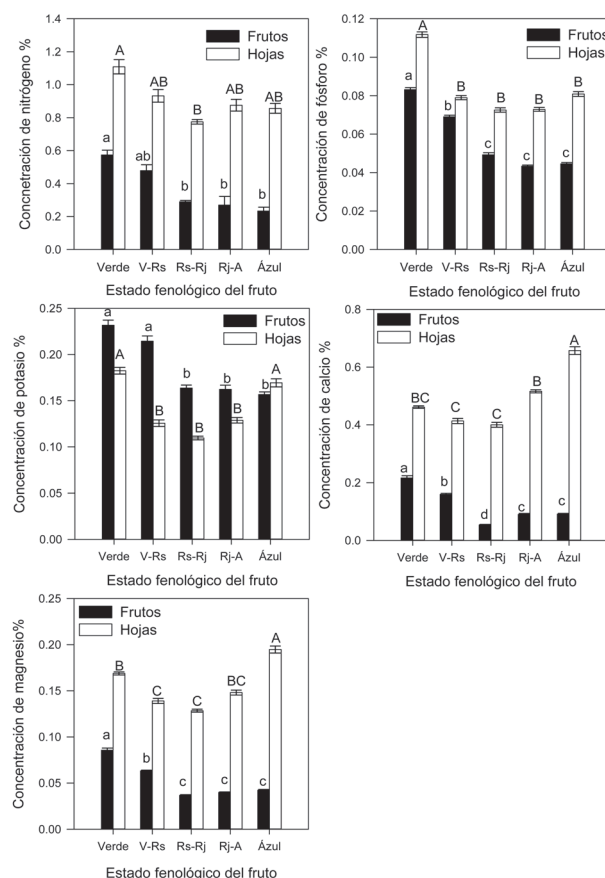
## Resultados

**Concentración nutrimental en hojas.** La mayor concentración de nitrógeno en las hojas se presentó en la etapa de fruto verde (1.1%); ésta disminuyó hasta la etapa de inicio de maduración, indicada por el cambio de color del fruto de rosa a rojo (Rs-Rj); la concentración de las siguientes etapas se elevó y llegó a ser similar a la etapa de fruto verde. La concentración de fósforo fue superior en la etapa de fruto verde (0.11%), disminuyó en la etapa de cambio de coloración a rosa (V-Rs) y se mantuvo constante hasta el término de maduración del fruto (fruto azul). La mayor concentración de potasio se presentó en la etapa de fruto verde (0.18%), en las siguientes etapas disminuyó, y luego se incrementó; de tal manera que en la de fruto maduro (azul) alcanzó una concentración estadísticamente semejante a la de fruto verde. La concentración de calcio presentó una dinámica diferente a la de los elementos anteriores, ya que ésta se fue incrementando con el avance del desarrollo del fruto; de tal forma que la mayor concentración se presentó cuando éste finalizó su maduración (azul). El magnesio presentó una dinámica semejante a la de calcio, en la etapa de fruto maduro (azul) fue cuando las hojas presentaron la máxima concentración (0.19%) (Figura 1). La concentración de hierro en las hojas varió de 63.9 a 79.3 mg kg<sup>-1</sup> de materia seca, pero sin diferencias estadísticas. La concentración de zinc y manganeso fue alta en la primera etapa (fruto verde), disminuyó en las siguientes dos etapas (V-Rs y Rs-Rj), durante la maduración (Rj-A), la concentración de los dos elementos se elevó hasta que en el fruto maduro (azul) se alcanzó un nivel similar a la de fruto verde. La concentración de boro no varió en las hojas durante el desarrollo del fruto (Figura 2). El orden de acumulación nutrimental fue N>Ca>K>Mg>P>Fe>Mn>B>Zn.

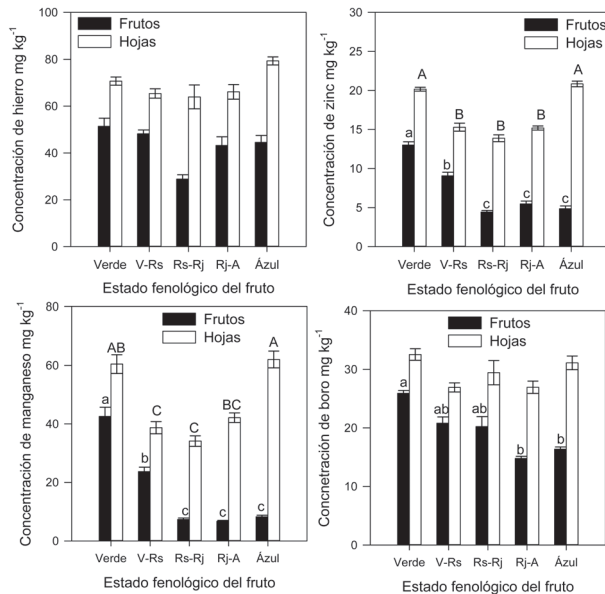
**Concentración nutrimental en frutos.** Todos los elementos evaluados se presentaron más concentrados en la primera etapa de desarrollo (fruto verde). Conforme avanzó el proceso de maduración la concentración de cada uno de ellos disminuyó; aunque en el caso de la concentración de hierro no se presentaron dife-

rencias estadísticas entre las etapas. Cuando el fruto inició el proceso de maduración (Rs-Rj) hasta que ésta finalizó (fruto azul), las concentraciones variaron muy poco, incluso sin diferencias estadísticas (Figuras 1 y 2). El calcio presentó una dinámica diferente, la mayor concentración (0.22%) se observó en el fruto verde, siguiéndole un descenso importante en la etapa de cambio de color a rosa (V-Rs) hasta registrar una concentración de 0.05%, valor más bajo, en el inicio de maduración (Rs-Rj); a esto le siguió un ligero incremento cuando el fruto inició el cambio de rojo a azul (Rj-A), y la concentración se mantuvo constante hasta el fruto maduro (azul) (Figura 1). El orden de acumulación de los elementos en los frutos fue N>K>Ca>Mg>P>Zn>B>Mn>Fe.

**Figura 1.** Dinámica de macronutrientes durante el desarrollo del fruto en arándano azul tipo Ojo de Conejo en Zacatlán, Puebla. V-Rs = cambio de color de verde a rosa; Rs-Rj = cambio de color de rosa a rojo; Rj-A = cambio de color de rojo a azul. Letras diferentes en barras del mismo color son estadísticamente diferentes (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ).



**Figura 2.** Dinámica de micronutrientes durante el desarrollo del fruto en arándano azul tipo Ojo de Conejo en Zacatlán, Puebla. V-Rs = cambio de color de verde a rosa; Rs-Rj = cambio de color de rosa a rojo; Rj-A = cambio de color de rojo a azul. Letras diferentes en barras del mismo color son estadísticamente diferentes (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ).



## Discusión

**Concentración nutrimental en hojas.** Las concentraciones foliares de nutrientes varían con la edad de la hoja y con el estado fenológico de la planta. En este trabajo con arándano Ojo de Conejo, las concentraciones foliares de los macronutrientes y micronutrientes como Zn y Mn variaron con el desarrollo del fruto, los niveles de todos ellos disminuyeron hasta la etapa de inicio de maduración, representada por el cambio de color del fruto de rosa a rojo (Rs-Rj); en las etapas posteriores, el N y P se mantuvieron constantes, mientras que el K, Ca, Mg, Zn y Mn se incrementaron para igualar o incluso superar (Ca y Mg) las concentraciones foliares en la etapa de fruto verde; en tanto que el Fe y B se mantuvieron constantes (Figura 1). El descenso en las concentraciones foliares de los elementos se debe a su translocación hacia los frutos para sostener su desarrollo. El aumento o constancia en las concentraciones foliares en las etapas posteriores se explica por

la disminución de la translocación de los elementos hacia los frutos, debido a que éstos alcanzaron su máximo tamaño bajando su fuerza de demanda. Resultados similares se han registrado en otros frutales, Castro-López *et al.* (2012) observaron en tres cultivares de mango, que las concentraciones foliares de macro y micronutrientes fueron influidas por el cultivar, flujo vegetativo y fase fenológica; de tal manera que las hojas del flujo de primavera fueron más afectadas por las últimas etapas de desarrollo floral; mientras que las del flujo de verano-otoño, por el crecimiento del fruto. Tagliavini *et al.* (2005) mencionan que la distribución de nutrientes en fresa varió con el elemento; de tal forma que el Ca estuvo principalmente concentrado en las hojas, el Mg fue igualmente repartido entre las hojas y el fruto; mientras que el N, P y K se encontraron en mayor concentración en los frutos. En un estudio de distribución nutrimental en arándano tipo Ojo de Conejo cv. Tifblue, con fertilización y sin fertilización, se encontró que independientemente del grado de fertilización, las hojas fueron los órganos con la mayor acumulación de N, P, K, Ca y Mg en comparación con las otras partes de la planta, excepto los frutos en los que no se hicieron las evaluaciones (Spiers y Marshall, 2012). Esto coincide con lo registrado en este estudio, ya que todos los elementos evaluados, excepto el K, se encontraron más concentrados en las hojas que en los frutos (Figuras 1 y 2).

**Concentración nutrimental en frutos.** En los frutos la dinámica de acumulación de N, P, K, Ca, Mg, Zn y Mn fue similar a la de las hojas. El fruto verde presentó la más alta concentración de estos elementos, debido al tamaño pequeño del fruto; conforme avanzó el desarrollo las concentraciones disminuyeron hasta la etapa de inicio de maduración (Rs-Rj), debido a un efecto de dilución provocado por el aumento en tamaño del fruto, la estabilidad de los niveles nutrimentales en las etapas posteriores se debió a que el fruto dejó de crecer, puesto que en la etapa de cambio de color (Rs-Rj) alcanzó su máximo tamaño. El N fue el elemento más



concentrado en el fruto de arándano, seguido por el K y Ca (Figura 1). Esto se explica porque el N incide en el crecimiento e intensidad del color del fruto (Tagliavini *et al.*, 2000); en fresa la distribución del N absorbido hacia los frutos representó una cantidad significativa, especialmente durante la etapa de maduración del fruto; al final de la maduración de los frutos, estos representaron la única demanda de N y K, elementos que entonces disminuyeron su concentración en las hojas, que fueron las fuentes de estos elementos para los frutos (Tagliavini *et al.*, 2005). En este caso, en arándano Ojo de Conejo el comportamiento fue diferente, ya que todos los elementos no elevaron su concentración con el avance de la maduración del fruto, y las hojas al final del proceso elevaron su concentración (Figura 1). En frambuesa cvs. Heritage (Quezada *et al.*, 2007) y Veten (Heiberg, 2002) al hacer aplicaciones de N se observó que a mayor dosis se incrementó el peso promedio y calibre del fruto. Los resultados de K registrados en este arándano, en donde su concentración disminuyó después de las dos primeras etapas de desarrollo (Figura 1), también se han observado en otros frutos como naranja navel 'Bellamy' (Storey y Treeby, 2000); en donde la concentración de K y P en el fruto completo varió de un máximo justo después del amarre del fruto a un mínimo a la madurez del mismo. El K es el elemento más abundante en los frutos frescos, participa en el transporte de agua y azúcares hacia los frutos (Dilmaghani *et al.*, 2004). Algunos parámetros de calidad del fruto; tales como la concentración de sólidos solubles y ácidos orgánicos están positivamente relacionados con la concentración de K (Tagliavini *et al.*, 2000). En manzano 'Gala/M9' el K fue el elemento más acumulado en los frutos (Scandillari *et al.*, 2010). En plantas de kiwi 'Qin Mei' la acumulación de N, P y K en los frutos a cosecha fue del 52, 48 y 62%, respectivamente; mientras que en las hojas fue del 19, 17 y 23%, en el tallo fue del 22, 19 y 12% y en las raíces tan solo del 7, 16 y 3%, respectivamente (Zhao y Wang, 2013).

El Ca a pesar de su limitada movilidad en el floema casi igualó la concentración de K en los frutos de arándano Ojo de Conejo (Figura 1); lo cual difiere con lo observado en otros frutos como chabacano, cereza, uva, kiwi, durazno, pera y ciruelo (Tagliavini *et al.*, 2000), banano (Castillo-González *et al.*, 2011) y manzana (Dilmaghani *et al.*, 2004), en donde la concentración de K superó por mucho a la de Ca. Aunque el Ca es un catión muy absorbido por los frutales, su distribución hacia los frutos es relativamente pequeña, debido como ya se mencionó, a su baja movilidad en el floema (Marschner, 1995). El Ca estabiliza y da fuerza a la pared celular, otorgando la firmeza al fruto, y es requerido para la fase de división y expansión celular del mismo (Tagliavini *et al.*, 2000). En manzano 'Golden Delicious', Dilmaghani *et al.* (2004) observaron una correlación positiva entre la concentración de Ca en el fruto y la firmeza del mismo. Bajo una condición de deficiencia de Ca en el fruto la integridad de la pared celular se pierde, lo que conduce a pérdida de la firmeza y desarrollo de desórdenes fisiológicos (Fallahi *et al.*, 1997). En el fruto de arándano evaluado, la acumulación de Mg disminuyó con el avance en su desarrollo, hasta la etapa de inicio de maduración (cambio de color Rs-Rj); después de la cual se mantuvo baja pero constante, comportamiento observado también en kiwi, pero no en otras especies en donde se incrementa con el crecimiento del fruto y antes de la maduración del fruto como en duraznero y manzano (Tagliavini *et al.*, 2000). El patrón de disminución en las concentraciones de micronutrientes como el Zn, Mn y B registrados en el fruto en desarrollo de arándano (Figura 2) se debió muy posiblemente a un efecto de dilución causado por la expansión del fruto hasta que éste alcanzó su máximo tamaño. El zinc está estrechamente relacionado con la calidad del fruto; Poltronieri *et al.* (2011) observaron que la aplicación foliar de Zn como sulfato, incrementó el tamaño de los granos de café (*Coffea arabica*). En manzano cultivares Gala y Fuji, las aplicaciones foliares de Zn quelatado en periodos críticos; tales como floración y desarrollo de fruto, mejoraron parámetros de calidad del fruto como el peso promedio, la firmeza, el contenido de azúcares

solubles totales y de vitamina C (Zhang *et al.*, 2013). El Mn parece no tener efecto importante en la calidad del fruto, sólo se ha observado efecto en la disminución del tamaño en fresa 'Elsanta' cuando está en insuficiencia para la planta (Nesby *et al.*, 2005). En el caso del B, se observó en fresa que cuando la solución nutritiva carece del elemento se redujo considerablemente el número de frutos y se presentó un alto porcentaje de frutos malformados (Lieten, 2000). Se ha observado que en los frutos de fresa cosechados, se encuentra una más alta acumulación de N, P, K y B que en otros órganos de la planta y que durante el desarrollo del fruto casi todo el N, P, K, Mg, Zn y B de la planta se acumula en el fruto; lo que indica que al menos estos elementos son importantes para el desarrollo y calidad del mismo. El B y el Zn tienen un efecto directo sobre la calidad del fruto, su deficiencia conduce a frutos más pequeños. El B se relaciona con el contenido de la vitamina C y azúcares. El P, Mg, Cu, Fe y Mn parece no tener un efecto directo sobre la calidad del fruto de fresa (Nesby *et al.*, 2005).

## Conclusiones


La dinámica nutrimental en las hojas, durante el desarrollo del fruto, fue similar para todos los elementos. La concentración más alta se registró en la etapa de fruto verde y disminuyó en las siguientes etapas, cuando exportó los nutrientes hacia los frutos; posteriormente se elevó, cuando el fruto alcanzó su maduración y dejó de ser una demanda importante. El orden de concentración nutrimental en las hojas fue: N>Ca>K>Mg>P>Fe>Mn>B>Zn.

La dinámica nutrimental en el fruto fue similar para todos los elementos, excepto el Fe. El fruto verde presentó la más alta concentración y disminuyó conforme avanzó el proceso de maduración. Las etapas críticas en el cultivo de arándano fueron las de frutos en cambio de coloración de verde a rosa y al inicio de la maduración (Rs-Rj). El orden de concentración nutrimental en los frutos fue: N>K>Ca>Mg>P>Zn>B>Mn>Fe. Considerando que el desarrollo del fruto es una etapa altamente demandante de nutrientes para la planta, se debe tener un

suministro suficiente antes de la fructificación para obtener no sólo una producción óptima, sino también buena calidad en los frutos, dado que elementos como el N, K, Ca, Zn y B parecen tener un efecto directo sobre ésta en el arándano tipo Ojo de Conejo.

## Literatura Citada

- ALCÁNTAR, G. G. y V. M. Sandoval. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. México. 156 p.
- BERTSCH, F. 2003. Absorción de Nutrientes por los Cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 307 p.
- CASTILLO-GONZÁLEZ, A. M., J. A. Hernández-Maruri, E. Avitia-García, J. Pineda-Pineda, L. A. Valdéz-Aguilar y T. Corona-Torres. 2011. Extracción de macronutrientes en banano 'Dominico' (*Musa* spp.). *PHYTON* 80:65-72.
- CASTRO-LÓPEZ, M. G., S. Salazar-García, I.J.L. González-Durán, R. Medina-Torres y J. González-Valdivia. 2012. Evolución nutrimental foliar en tres cultivares de mango en Nayarit, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(4):685-700.
- GARCÍA, E. 1973. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köpen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 156 p.
- DILMAGHANI, M.R., M.J. Malakouti, G.H. Neilsen, and E. Fallahi. 2004. Interactive effects of potassium and calcium on K/Ca ratio and its consequences on apple fruit quality in calcareous soils of Iran. *Journal of Plant Nutrition* 27(7):1149-1162.
- FALLAHI, E., W.S. Conway, K.D. Hickey, and C.E. Sams. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience* 32:831-835.
- HEIBERG, N. 2002. Effect of vegetation control and nitrogen fertilization in red raspberry. *Acta Horticulturae* 2(585):579-583.
- HOWARD, L. R., J. R. Clark, and C. Brownmiller. 2003. Antioxidant capacity and phenolic content in blueberries as affected by genotype and growing season. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83:1238-1247.
- LIETEN, F. 2000. Boron deficiency of strawberries grown in substrate culture. *Acta Horticulturae* 567:451-454.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2<sup>nd</sup> Ed. Academic Press Inc. San Diego, CA. 889 p.
- NESTBY, R., F. Lieten, D. Pivot, C.R. Lacroix, and M. Tagliavini. 2005. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs: a review. *International Journal of Fruit Science* 5(1):139-156.
- POLTRONIERI, Y., H.E.P. Martínez, and P.R. Cecon. 2011. Effect of zinc and its form of supply on production and quality of coffee beans. *Journal of Science Food and Agriculture* 91:2431-2436.
- QUEZADA, C., I. Vidal, L. Lemus y H. Sánchez. 2007. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre rendimiento y calidad de fruta en frambueso (*Rubus idaeus* L.) bajo dos programas de fertilización. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 7(3):1-15.
- RETAMALES, J. B., and J. F. Hancock. 2012. Blueberries. CAB International. UK. 323 p.
- RIEGER, M. 2006. Introduction to Fruit Crops. Food Products Press. NY, USA. 462 p.
- SÁNCHEZ-GARCÍA, P. 2009. Nutrición de zarzamora, frambuesa y arándano. p. 83-89. In: II Simposio Nacional de Producción Forzada en Frutales. I Curso de Producción Forzada en Frutillas y Durazno. Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. 25 de noviembre de 2009. Montecillo, Estado de México.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT Guide for Personal Computers. Version 9. Cary, N. C. USA. 1028 p.

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. [http://infosiap.siap.gob.mx/agricola\\_siap/cultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap/cultivo/index.jsp).
- SCANDELLARI, F., M. Ventura, D. Malaguti, C. Cecon, G. Menarini, and M. Tagliavini. 2010. Net primary productivity and partitioning of absorbed nutrients in field-grown apple trees. *Acta Horticulturae* 868:115-122.
- SPIERS, J. M., and D. A. Marshall. 2012. Macronutrient distribution in 'Tifblue' Rabbiteye blueberry. *International Journal of Fruit Science* 12:48-53.
- STOREY, R., and M.T. Treeby. 2000. Seasonal changes in nutrient concentrations of navel orange fruit. *Scientia Horticulturae* 84:67-82.
- TAGLIAVINI, M., C. Zavalloni, A.D. Rombola, M. Quartieri, D. Malaguti, F. Mazzanti, P. Millars, and B. Marangoni. 2000. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. *Acta Horticulturae* 512:131-140.
- TAGLIAVINI, M., E. Bali, P. Lucchi, M. Antonelli, G. Sorrenti, G. Baruzzi, and W. Faedi. 2005. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria x Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. *European Journal of Agronomy* 23:15-25.
- YOU, Q., B. Wang, E. Chen, Z. Huang, X. Wang, and P. G. Luo. 2011. Comparison of anthocyanins and phenolics in organically and conventionally grown blueberries in selected cultivars. *Food Chemistry* 125:201-208.
- ZHANG, Y., F. Ch. Yan., Y. Wang, M. Li, M. Chen, J. Qian, X. Yang, and S. Cheng. 2013. Zinc sulfate and sugar alcohol zinc sprays at critical stages to improve apple fruit quality. *HortTechnology* 23(4):490-497.
- ZHAO, Z., and T. J. Wang. 2013. Nutrient uptake and distribution in field-grown kiwifruit vines. *Acta Horticulturae* 984:219-226. 

Este artículo es citado así:

Castillo-González, A. M., Edilberto Avitia-García, Luis A. Valdez-Aguilar, Joel Pineda-Pineda y Sandra Aguilar-Sánchez. 2016. Dinámica nutrimental en hoja y fruto de arándano tipo Ojo de Conejo (*Vaccinium ashei* Reade). *TECNOCENCIA Chihuahua* 10(2):64-71.

## Resumen curricular del autor y coautores

**ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ.** Terminó su licenciatura en 1986, año en que le fue otorgado el título de Bióloga por la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Realizó sus estudios de posgrado en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México; donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Fruticultura en 1990 y el grado de Doctor en Ciencias en el área de Fisiología Vegetal en 1996. Labora en el Departamento de Fitotecnia desde 1986 con el nombramiento de Profesor-Investigador de Tiempo Completo. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1993 como Candidato, a partir de 1997 Nivel I. Su área de especialización es la Nutrición de Cultivos Hortícolas. Ha dirigido 14 tesis de licenciatura, 11 de maestría y 3 de doctorado. Es autora de 59 artículos científicos 4 libros científicos, 61 ponencias en congresos. Es evaluadora de proyectos del CONACYT y revisora de artículos de la Revista Terra Latinoamericana, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Agrociencia, Fitotecnia Mexicana, Polibotánica y HortScience.

**EDILBERTO AVITIA GARCÍA.** Terminó su licenciatura en 1980, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia por el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México. En 1985 obtuvo la Maestría en Ciencias en Fruticultura en el Centro de Fruticultura del Colegio de Postgraduados, en Chapingo, Estado de México; y en 1996 el grado de Doctor en Ciencias en Botánica en el Programa de Botánica del Instituto de Recursos Naturales del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Estado de México. De 1981-1983 laboró en la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria de la Secretaría de Educación Pública. De 1981-1983 fue Ayudante de Investigación Adjunto en la Sección de Fruticultura del Centro de Genética del Colegio de Postgraduados. De 1985-1992 fue Investigador Docente en el Centro de Fruticultura del Colegio de Postgraduados. De 1992 a la fecha es Profesor Investigador C2 TC en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores (candidato de 1986-1993; investigador nivel I de 1999-2013). Su área de investigación ha sido la fruticultura, con un enfoque hacia la anatomía. Ha dirigido 6 tesis de licenciatura, 6 de maestría y 2 de doctorado. Es autor o coautor de al menos 33 artículos científicos, 6 folletos, 3 capítulos de libros, 47 ponencias en congresos y 9 en conferencias y cursos de actualización. Es árbitro de tres revistas científicas, y ha impartido al menos 70 cursos en licenciatura y 20 en posgrado.

**LUIS ALONSO VALDEZ-AGUILAR.** Terminó su licenciatura en 1983, año en que le fue otorgado el título de Agrobiólogo por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Horticultura en 1994 por la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH) y el grado de Doctor en Filosofía también en Horticultura en 2004 por la Universidad de Texas A&M en College Station, TX, USA. Desde 2011 labora en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México, en donde tiene la categoría de Profesor-Investigador C. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2008 (Nivel 1, de 2008 al 2009, Nivel 2 desde 2010 hasta la actualidad). Su área de especialización es la de nutrición de cultivos hortícolas en invernadero, cultivos hidropónicos, floricultura, salinidad y alcalinidad en agua de riego. Ha dirigido 50 tesis de licenciatura, 10 de maestría y 3 de doctorado. Es autor de 70 artículos científicos, con más de 30 ponencias en congresos, y 5 capítulos de libros científicos; además ha impartido 10 conferencias por invitación y ha dirigido 5 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y Fundación Produce Chihuahua, es editor adjunto de Revista Chapingo serie Horticultura y Terra Latinoamericana, así como miembro del Comité de Revisores de la revistas Scientific Pages of Botany y Cogent.

**JOEL PINEDA PINEDA.** Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos con Maestría y Doctorado en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). De 1989 a la fecha se desempeña como Profesor de tiempo completo en el Departamento de Suelos de la UACH. Ha impartido más de 100 cursos curriculares: Edafología, Fertilidad de Suelos, Fisiología Vegetal, Nutrición Vegetal, Sistemas Hidropónicos y Fertirrigación, en las carreras de Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos, Agronomía en Horticultura Protegida, Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia, Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola. En el Posgrado en Horticultura imparte el curso Nutrición de Plantas Hortícolas. Desarrolla las líneas de investigación en Diagnóstico Nutrimental de Cultivos, Sustratos para Cultivo sin Suelo, Dinámica Nutrimental en Sistemas Acuapónicos. Ha dirigido o asesorado alrededor de 100 tesis (licenciatura y posgrado). Es autor o coautor de 30 artículos publicados en revistas científicas indexadas. Autor o coautor en más de 35 trabajos publicados en memorias de diversos congresos nacionales e internacionales en el área de Ciencia Agronómicas. Obtuvo mención honorífica en exámenes de grado de Maestría y Doctorado en Ciencias. A partir de 2011 es integrante del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I (CONACYT). De 2002 a 2004 es editor adjunto del Comité Editorial de la revista TERRA Latinoamericana. Es árbitro de varias revistas científicas: Revista Chapingo Serie Horticultura, Revista TERRA Latinoamericana, Agrociencia, Fitotecnia Mexicana, Revista de Ciencias Agrícolas y Bio ciencias.

# Autoeficacia en niños de educación primaria y preferencia por un rol de profesor

Children self-efficacy of primary school and preference for a teacher role

MA. CONCEPCIÓN RODRÍGUEZ-NIETO<sup>1,2</sup>, JOEL GARCÍA-GARCÍA<sup>1</sup>, JOSÉ ARMANDO PEÑA-MORENO<sup>1</sup> Y MARTHA PATRICIA SÁNCHEZ-MIRANDA<sup>1</sup>

Recibido: Junio 16, 2016

Aceptado: Agosto 3, 2016

## Resumen

Para mejorar el aprendizaje del estudiante, la política educativa actual propone el rol del profesor facilitador, y la autoeficacia esta consistentemente relacionada con su logro. De estos planteamientos surgen las preguntas ¿con cuál rol de profesor creen los niños escolares que aprenden mejor?, ¿cuáles son las relaciones del rol del profesor con la autoeficacia? El objetivo de este estudio fue explorar las relaciones entre estas variables. El diseño es descriptivo y correlacional con una muestra de no probabilística de 423 alumnos de 5° y 6° año de escuelas primarias. Para identificar la preferencia de los niños por un rol de profesor para aprender matemáticas se usaron caricaturas y se aplicó una adaptación al español mexicano de la Escala Multidimensional de Autoeficacia Percibida en Niños (Pastorelli *et al.*, 2001). Los resultados muestran que el 47% de los niños prefieren al profesor transmisor de información, el 50% al facilitador del aprendizaje y el 3% no respondieron o la respuesta fue sin clasificación. Aproximadamente la mitad (46-53%) de los niños presentaron alto nivel de autoeficacia general y de sus componentes de autoeficacia: académica, de autorregulación y social y del 43 al 54% un nivel bajo. El profesor transmisor de información y la autoeficacia general correlacionaron positivamente de manera baja con evidente la tendencia a la asociación entre estas variables.

**Palabras clave:** profesor facilitador del aprendizaje, profesor transmisor de la información, percepción de los niños, autoeficacia, aprendizaje.

## Abstract

Current mexican educational policy proposes that teachers take the role of facilitators of student learning. Self-efficacy has been consistently related to learning achievement. From these approaches arise the questions: Which role of teacher do the school children believe that they learn best? What are the relationships of the teacher's role with self-efficacy? The objective of this study was to explore the relationships between these variables. The design is descriptive and correlational with a non-probabilistic sample of 423 students in grades 5th and 6th of primary schools. To identify the preference of children for a role of teacher to learn mathematics, cartoons were used and it was applied an adaptation to Mexican Spanish of the Multidimensional Scale of Perceived Self-Efficacy in Children (Pastorelli *et al.*, 2001). The results show that 47% of children prefer the teacher to transmit information; 50%, the learning facilitator, and 3% did not respond or their answers could not be classified. Approximately half (46-53%) of the children presented a high level of general self-efficacy and its components of self-efficacy: academic, self-regulation and social. The rest (43-54%) presented a low level of the same variables. The teacher transmitting information and the general self-efficacy correlated positively in a low way with an evident tendency to the association between these variables.

**Keywords:** Teacher facilitator of learning, teacher transmitter of information, perception of children, self-efficacy, learning

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Psicología. Ave. Dr. Carlos Canseco 110 y Ave. Dr. E. Aguirre Pequeño, Col. Mitras Centro, C.P. 64460. Monterrey, N. L. México. Tel. (81) 8348-3781, extensión 203.

<sup>2</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: lic\_cony@yahoo.com.

## Introducción

La calidad del aprendizaje y enseñanza en educación es un tema global asociado con el incremento en las demandas para mejores resultados de aprendizaje (Goodyear y Hativa, 2002). En México, la Secretaría de Educación Pública (2011) ha desarrollado una política orientada a elevar la calidad educativa que solicita a los profesores que sean facilitadores del aprendizaje más que transmisores de información.

La UNESCO (1994), en la Declaración de Salamanca plantea el tránsito de la educación a una focalización en el estudiante, donde los profesores sean facilitadores de la construcción del conocimiento de matemáticas. A partir de la ratificación de la Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos del Niño de 1989 se deja de considerar a los niños como receptores pasivos para percibirlos como participantes activos en su aprendizaje.

Desde la ciencia, Bandura (2002) arguye que los sistemas educativos deben cambiar su énfasis de impartición de conocimientos a enseñar al estudiante a ser autodirigido porque es agente de su aprendizaje y no solo receptor de información. Las creencias de autoeficacia son centrales a este propósito, ya que contribuyen a la determinación de metas, esfuerzo, perseverancia ante dificultades y resistencia al fracaso (Bandura, 1994), aspectos consistentemente relacionados con el logro académico (Bandura, 2002; Pampaka *et al.*, 2011).

La política educativa plantea al profesor facilitador del aprendizaje como factor relevante para la mejora de la calidad educativa pero, ¿qué piensan los niños escolares al respecto? En pocas ocasiones se toman en cuenta las creencias de los niños de educación primaria sobre sus experiencias de enseñanza (Lang, 2010). Asimismo, las creencias de autoeficacia han mostrado consistentemente su relación con el logro académico, sin embargo, el estudio de su relación con el rol del profesor está prácticamente ausente. La investigación que involucre estas variables es escasa y menor cuando implica las creencias de los niños acerca del rol del profesor con el que piensan, aprenden mejor las matemáticas.

Un estudio con dichas variables permite retroalimentar la política educativa con la perspectiva del niño, quien es un actor clave en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y relacionarlos con datos empíricos enmarcados en una postura teórica. Además, es una oportunidad para que los profesores, en caso necesario, reenfoquen su atención en los alumnos y en cómo aprenden mejor (Flutter, 2007), transformen la interacción con ellos y optimicen su práctica docente (Hopkins, 2008). El objetivo de este estudio es explorar las relaciones entre las preferencias de niños de educación primaria por un rol de profesor para el aprendizaje de las matemáticas y la autoeficacia.

Para muchos niños el aprendizaje de matemáticas es muy dependiente de la percepción del rol que atribuyen a su profesor (Taylor, Hawera y Young, 2005). La mayoría asignan al profesor un rol de transmisión y recepción de la información (Civil y Planas, 2004; Kinchin, 2004), ya que creen que si escuchan con atención lo que les imparte, aprenderán (Campbell *et al.*, 2001). El niño adopta un papel pasivo depositando mucho de la responsabilidad de su aprendizaje en el profesor, porque es él quien tiene las estrategias y soluciones a los contenidos de enseñanza y hace todas las preguntas (Taylor *et al.*, 2005). Los alumnos desean más un profesor como líder que los dirija que está asociado a la transmisión de la información más que otro tipo de profesor (Sexton, 2010). Otros niños creen que el proceso de enseñanza es una manera de ayudarlos a aprender y desarrollar un pensamiento de orden superior (Campbell *et al.*, 2001).

En la literatura revisada, el rol del profesor como facilitador del aprendizaje donde el estudiante es activo en aprendizaje (Civil y Planas, 2004) es poco descrita.

Las creencias de los estudiantes pueden ser accedidas a través de caricaturas (Kabapinar, 2005; Dabell 2008). En educación, son representaciones gráficas de situaciones familiares a los estudiantes, con diálogos mínimos escritos, creíbles y pertinentes a la idea central a explorar que es seleccionada con base en la comprensión del aprendiz (Keogh, Naylor y Wilson, 1998). El diálogo entre los personajes permite al alumno hacer juicios de acuerdo o desacuerdo con un punto de vista sin sentirse amenazado por la expresión de su opinión que de otra forma tendría dificultad para formular (Kinchin, 2004; Dabell, 2008).

Las personas están más influenciadas por la forma en que interpretan su experiencia que por sus logros en sí mismos. La autoeficacia en el ámbito escolar es la capacidad percibida de un estudiante de su dominio de materias, de aprendizaje y para cumplir con expectativas académicas (Carroll *et al.*, 2009). Es esencial para la obtención de resultados positivos de aprendizaje (Zimmerman, 2008), para evaluar el progreso académico (de Bruin, Thiede y Camp, 2011) e implica que el estudiante es agente de su aprendizaje, no solo receptor de información (Bandura, 2002).

Bandura (1977, 1994) establece fuentes de autoeficacia entre las que se encuentran los logros basados en experiencias de dominio real que son la fuente más poderosa de estas creencias (Usher y Pajares, 2009; Loo y Choy, 2013) porque prueban al estudiante su capacidad para el éxito (Palmer, 2006); la observación del éxito y del fracaso de otros porque crea la expectativa de poder lograr resultados similares si se realiza la misma conducta (Schunk, Pintrich y Meece, 2008). El profesor modela cuando da explicaciones y demostraciones concretas a los estudiantes acerca cómo usar una nueva habilidad (Schunk y Zimmerman, 2007). El modelaje y ejemplos de los compañeros

pueden ser mejores para elevar la autoeficacia que los del profesor (Schunk, 1987) y la persuasión social, que son los comentarios y juicios de otros sobre ejecución de una tarea (Usher y Pajares, 2006). A través de los comentarios del profesor y compañeros, los estudiantes determinan cómo están realizando sus actividades escolares; si juzgan que las están llevando a cabo bien su autoeficacia será mayor (Schunk, 1991). La retroalimentación precisa del profesor proporciona al alumno elementos para juicios que relacionen su rendimiento actual y pasado (Linnenbrink y Pintrich, 2003) y se considera más fiable cuando es realista (Bong y Skaalvik, 2003).

Los niveles de autoeficacia se han relacionado con el logro académico. Un alto nivel de percepción de autoeficacia contribuye a un elevado rendimiento académico (Buchman y Selmon, 2008), se asocia con terminar la tarea (Cartagena, 2008), con el uso de más estrategias metacognitivas (Aurah *et al.*, 2014). La autopercepción y expectativas de alto dominio específico, de éxito académico y valor de materias predicen resultados como la ejecución, persistencia y elección de las actividades a realizar y de continuar o no en ellas (Eccles y Roeser, 2009).

No obstante, si un estudiante no tiene las habilidades requeridas, las creencias de autoeficacia no necesariamente dirigen a una ejecución competente (Schunk, 1991). La baja autoeficacia conduce a decisiones negativas relacionadas con el dominio de una materia (Valentine, Dubois y Cooper, 2004) pues lo estudiantes creen que no tienen capacidad para el éxito y no harán el esfuerzo para lograrlo (Margolis y McCabe, 2003).

## Materiales y métodos

El diseño del estudio es descriptivo y correlacional con una muestra no probabilística de 423 alumnos ( $n = 222$  mujeres y  $n = 201$  hombres) de 5° ( $n = 227$  estudiantes), y 6° año ( $n = 196$  estudiantes) de escuelas de educación primaria públicas.

La preferencia de los niños por un rol de profesor fue obtenida de representaciones visuales con caricaturas diseñadas ex profeso para este estudio, con base en criterios de Keogh, Naylor y Wilson (1998) y Kinchin (2004). Las caricaturas presentan un profesor, una niña y un niño en sus pupitres en un salón de clases representativo de nuestro medio sociocultural; expresiones verbales del profesor con ideas relevantes asociadas al rol de transmisor de información y al de facilitador del aprendizaje en un lenguaje usado en la cotidianidad en las escuelas participantes, y a la derecha de las representaciones está un recuadro con la expresión «yo elijo este dibujo porque». Los datos de esta justificación no se incluyen en este documento.

La Escala Multidimensional de Autoeficacia Percibida en Niños (Pastorelli *et al.*, 2001) es tipo Likert con un recorrido de cinco opciones, que tiene la versión al castellano adaptada en España por Carrasco y del Barrio (2002). Ambas versiones son derivadas de condiciones de otros países, por lo que se decidió realizar una adaptación al español mexicano y a nuestro medio sociocultural que fue la aplicada en este estudio.

Para esta adaptación, se solicitaron por correo electrónico los permisos necesarios a integrantes de cada equipo de trabajo de las versiones previamente referidas y la respuesta fue positiva. La versión italiana de la Escala se tradujo al español, después al inglés para verificar el nivel de coincidencia con el original y nuevamente al español. Posteriormente, dos expertos en educación y un profesor de educación primaria analizaron los contenidos y la redacción de los ítems, así como de la versión castellano para sugerir mejoras. La Escala producto de esta adaptación tiene 36 ítems organizados en las mismas tres subescalas de dichas versiones: autoeficacia académica con 18 ítems, autoeficacia social con 13 ítems y autoeficacia de autorregulación con cinco ítems.

A continuación, se solicitó y obtuvo el permiso para su aplicación a las autoridades de las escuelas y la autorización por escrito de los padres de los alumnos participantes en este estudio. Además, se llevó a cabo una reunión con los profesores de los grupos escolares para explicar la importancia de la investigación, el procedimiento de aplicación e informar acerca de la privacidad de los datos.

La versión mexicana de la Escala fue sometida a un estudio piloto para conocer la pertinencia de la estructura lingüística y ajustes educativos desde la perspectiva de los niños. La muestra fue no probabilística de 30 niños, 15 de 5° y 15 de 6° año de educación primaria. Los resultados indicaron la conveniencia de modificar la redacción de un ítem.

Para un primer acercamiento a la confiabilidad de la Escala se efectuó otro estudio con una muestra no probabilística de 100 niños, 33 de 5° y 67 de 6° año de educación primaria. El índice de confiabilidad de la Escala fue de Alfa de Cronbach ( $\alpha$ ) .92, en la subescala de autoeficacia académica,  $\alpha$  .89, en la subescala de autoeficacia social de  $\alpha$  .62 y en la subescala de autoeficacia regulatoria de  $\alpha$  .70. Estos datos se consideraron indicadores de adecuación de la Escala.

La aplicación de la Escala Multidimensional de Autoeficacia Percibida en Niños en su versión mexicana a la muestra del estudio propiamente dicho mantiene el formato Likert con cinco opciones de respuesta (1 = «muy mal», 2 = «mal», 3 = «regular», 4 = «bien» y 5 = «muy bien») y 36 ítems distribuidos en las mismas tres subescalas de las versiones italiana y en castellano: autoeficacia académica, autoeficacia social y autoeficacia de autorregulación. Los índices de confiabilidad aceptables, pero bajos en la autoeficacia social. La comparación con las versiones italiana y en castellano de la Escala indica un mayor índice de confiabilidad en la autoeficacia regulatoria en la muestra mexicana (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Índice de confiabilidad de la escala de autoeficacia.

| Subescala                | Versión italiana<br>(Italia, Hungría y<br>Polonia) | Versión en<br>castellano<br>(España) | Versión en español<br>(México, Monterrey,<br>N. L.) |
|--------------------------|--|--------------------------------------|---|
|                          | Alfa de Cronbach                                   |                                      |   |
| Escala completa*         |  |                                      | .91   |
| Autoeficacia académica   | .86 a .89  | .90                                  | .89   |
| Autoeficacia social      | .72 a .86  | .80                                  | .62   |
| Autoeficacia regulatoria | .57 a .78  | .57                                  | .88   |

\* En lo sucesivo es denominada Autoeficacia General. Decisión de equipo de investigación para facilitar su diferenciación con las subescalas que componen la Escala.

Ambos instrumentos fueron aplicados grupalmente en una sola sesión. Antes de su entrega a los alumnos, en cada grupo el aplicador conversó con ellos acerca de la importancia de su participación en la investigación, del uso y privacidad de los datos, el anonimato y ausencia de consecuencias por las opiniones expresadas.

La elección de preferencia por un rol de profesor de matemáticas se trabajó con frecuencias y porcentajes. Los datos de la Escala Multidimensional de Autoeficacia Percibida en Niños se procesaron estadísticamente, se obtuvo la fiabilidad y se establecieron dos niveles de autoeficacia dividiendo el puntaje máximo a lograr en la Escala (180). En el nivel alto se ubicaron los puntajes a partir de 91 y en el bajo 90 y menos. A cada participante se le situó en uno de ellos. Posteriormente se correlacionaron estas variables.

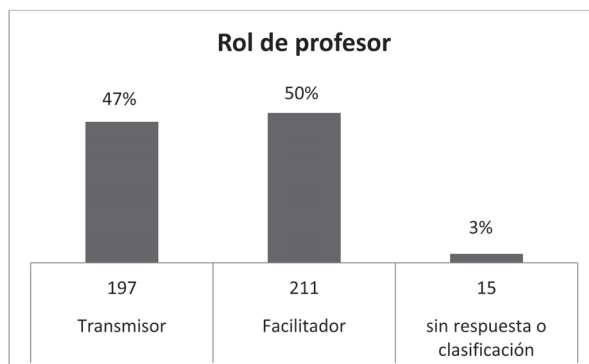
## Resultados y discusión

En la preferencia de los niños por un rol de profesor de matemáticas es similar (Figura 1).

Si se acepta que creencias de los niños impactan su tipo de participación en clase y formas específicas de aprender (Taylor *et al.*, 2005), la distribución semejante en las preferencias del niño sugiere una profunda reflexión sobre la pertinencia para nuestro medio sociocultural del énfasis en un rol del profesor facilitador del aprendizaje en la enseñanza de las matemáticas (UNESCO, 1994; SEP, 2011).

Además, este dato difiere de resultados previos de una preferencia de los niños por un rol de profesor transmisor de información que los dirija (Campbell *et al.*, 2001; Sexton, 2010).

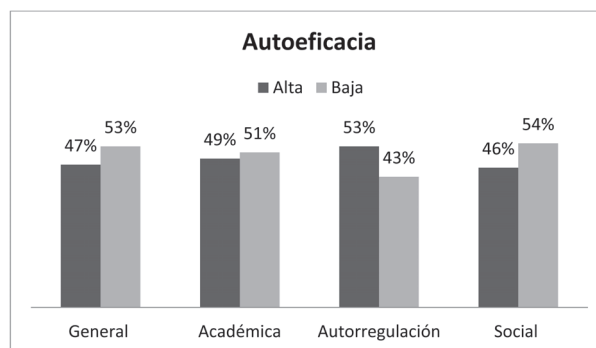
**Figura 1.** Preferencia por un rol de profesor.



\*Fuente: Datos de este estudio.

Los niveles alto y bajo de autoeficacia general y sus componentes muestran similitud en el porcentaje de niños que se ubicaron en cada uno de ellos. Una interpretación de este resultado es que las experiencias de dominio real de una actividad están relacionadas con la demostración y explicación (Schunk *et al.*, 2008) del profesor transmisor de información. Sin embargo, la experiencia de dominio y autoeficacia también puede lograrse con los comentarios y juicios precisos del profesor que proporcionan al estudiante elementos de reflexión sobre la forma de solución de un problema matemático (Usher y Pajares, 2006) que están más asociados a un profesor facilitador del aprendizaje (Figura 2).

**Figura 2.** Niveles de Autoeficacia y sus componentes.



\*Fuente: Datos de este estudio.



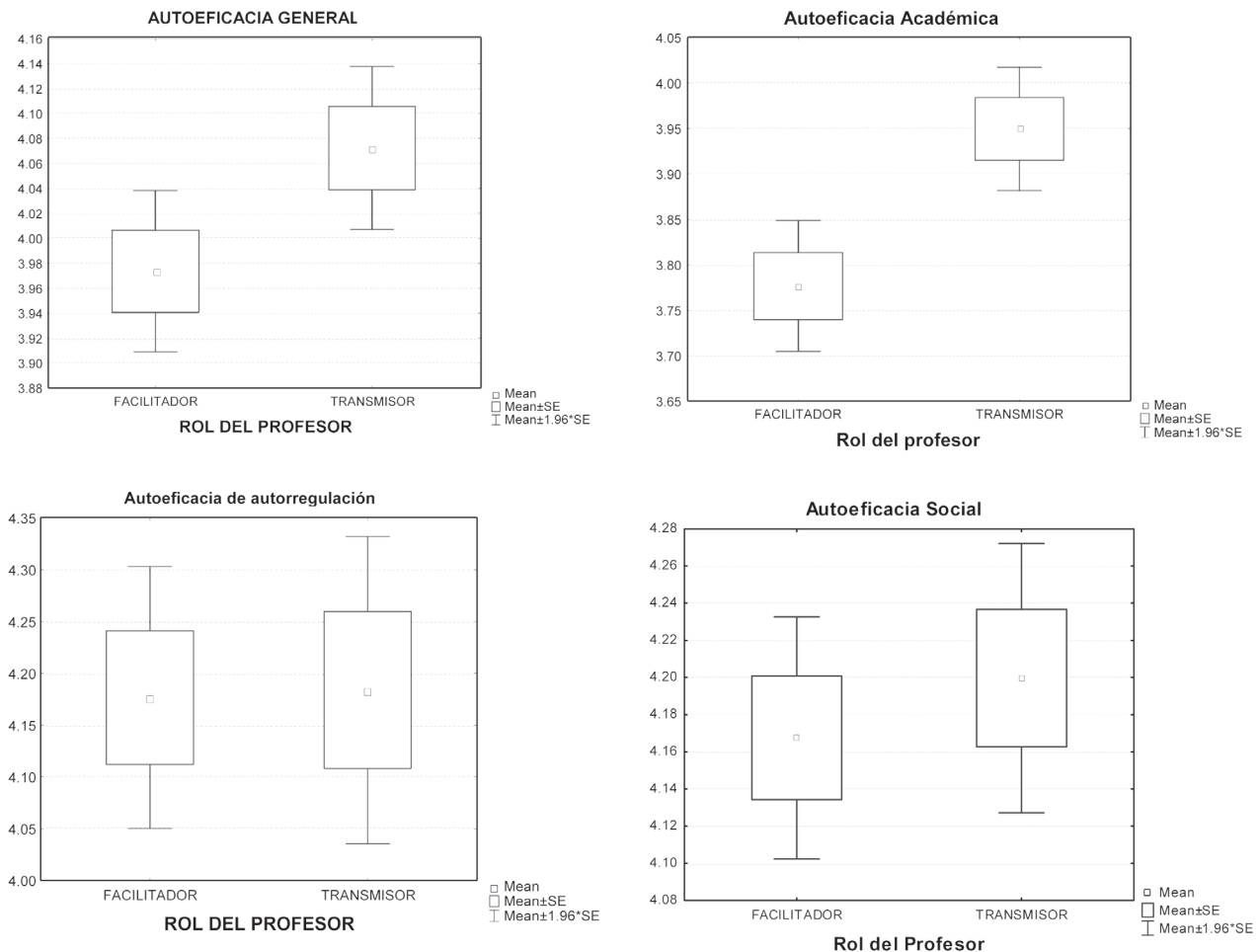
Los porcentajes de niños con nivel alto y con nivel bajo de autoeficacia general y sus componentes comparados con la preferencia por el rol de profesor transmisor de información y el rol de profesor facilitador del aprendizaje tampoco muestran diferencias notables (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Roles de profesor y niveles de autoeficacia.

| Rol del profesor            | Autoeficacia |      |           |      |                 |      |        |      |
|-----------------------------|--------------|------|-----------|------|-----------------|------|--------|------|
|                             | General      |      | Académica |      | Autorregulación |      | Social |      |
|                             | Baja         | Alta | Baja      | Alta | Baja            | Alta | Baja   | Alta |
|                             | Porcentaje   |      |           |      |                 |      |        |      |
| Transmisor de información   | 50.9         | 49.1 | 54        | 46.0 | 44.2            | 55.8 | 47.8   | 45.8 |
| Facilitador del aprendizaje | 47.0         | 53.0 | 50.1      | 49.9 | 48.7            | 51.3 | 52.2   | 54.2 |

Las reducidas diferencias entre los niveles de autoeficacia y las preferencias por un rol de profesor para el aprendizaje de las matemáticas pueden relacionarse con las fuentes de autoeficacia. Loo y Chooes (2013) y Usher y Pajares (2009) declaran que la fuente más poderosa de estas creencias son experiencias de dominio de una tarea, puede ser consecuencia de la observación del modelaje del profesor, de demostraciones concretas de cómo realizarla (Schunk, 1987) y, aunque el niño es pasivo, aumenta la autoeficacia por lograr la solución exitosa de un problema matemático. Las características previamente referidas corresponden a un profesor transmisor de información.

**Figura 3.** Tendencias de relaciones entre la autoeficacia y rol del profesor.



Por otra parte, la persuasión social que son los comentarios y juicios, por ejemplo, del profesor (Usher y Pajares, 2006), que se reflejan en una retroalimentación precisa y realista (Bong y Skaavilk, 2003) permiten al niño usar estrategias metacognitivas para compararla con su forma de solución de un problema matemático y reafirmarla o modificarla para una respuesta correcta, por lo que se incrementa la autoeficacia. Los comentarios de los compañeros sobre una ejecución específica pueden ser una muestra de interacciones positivas que también contribuyen a su incremento (Schunk y Mecci, 2005). Estas particularidades están asociadas a un profesor facilitador del aprendizaje. Por tanto, existen varias formas de lograr una alta autoeficacia, y también preferencias por una forma de aprender y por un rol del profesor.

Únicamente se encontró una correlación significativa positiva pero muy baja ( $r = .108$ ) entre autoeficacia general y el rol del profesor transmisor de información, y otra negativa también baja ( $r = -.102$ ) relacionada con el rol del profesor facilitador del aprendizaje. Sin embargo, se detectaron tendencias, siendo las mayores en la asociación entre el rol de profesor transmisor de la información y la autoeficacia general y académica (Figura 3).

La correlación positiva, aunque muy baja, entre la preferencia por un profesor transmisor de información y la autoeficacia general, así como la tendencia a la asociación de este rol de profesor con la autoeficacia general, académica y social, fortalece la idea de su interrelación, de que el profesor transmisor de información en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en niños de educación primaria puede también coadyuvar a la mejora educativa. La importancia de estos dos roles en el aprendizaje se refleja en la percepción de un niño participante en este estudio que comentó que su profesor usaba estrategias de enseñanza inscritas en ambos roles y él aprendía con ambas.

En la literatura consultada no se encontraron estudios que aborden la relación entre la autoeficacia y rol del profesor. Dos aspectos influyeron en la decisión de explorar estas relaciones. Una es la propuesta de un profesor facilitador del aprendizaje como rector del proceso de enseñanza aprendizaje para mejores logros académicos en el estudiante, avalada por la política educativa (UNESCO, 1994; SEP 2011). La otra, son los datos consistentes de investigaciones que relacionan la alta autoeficacia con un buen rendimiento académico (Carrasco y del Barrio, 2002; Buchanan y Selmon, 2008; Usher y Pajares, 2008). En este contexto, una alta autoeficacia debería estar relacionada positivamente con un profesor facilitador. Los hallazgos de esta investigación no apoyaron este supuesto, por lo que se sugieren nuevos estudios para confirmar o modificar estos datos encontrados.

## Conclusiones

Cantidades similares de niños prefieren el rol de profesor transmisor de información y el de facilitador del aprendizaje. La tendencia de los estudiantes con más alta autoeficacia general, académica, de autorregulación y social es a preferir más un profesor transmisor de información. Los datos de este estudio plantean reflexionar sobre la política educativa del énfasis en un profesor facilitador del aprendizaje como más apropiado para la mejora del logro académico del estudiante y, pensar y repensar el valor del rol de transmisión de la información en la enseñanza-aprendizaje en función del tipo de contenidos particulares de un curso, de estilos de aprendizaje del estudiantes y características del grupo y del profesor, particularmente en matemáticas en niños de educación primaria.


Desde otro ángulo de análisis, la transmisión de información generalmente se asocia a un alumno que memoriza, es pasivo, dependiente y reproductor del conocimiento presentado por el profesor, lo que limita que sea constructor de su propio aprendizaje, la comprensión de los contenidos de estudio, la

confianza en su autoeficacia para dominar las materias que cursa, que sea autodirigido, con capacidades de autoaprendizaje y autorregulación para educarse a sí mismo a lo largo de la vida. Sin embargo, en culturas orientales como la china la memorización no es yuxtapuesta a la comprensión, ambos son procesos que interactúan y pueden mejorar la efectividad del otro. La memorización puede ocurrir en conjunción con la intención de comprender y descubrir nuevos significados en un tema o puede presentarse con el fin de una reproducción sin entendimiento. Esta conceptualización señala la necesidad de conocer los patrones de aprendizaje del estudiante, del significado otorgado a sus componentes y es un área de investigación futura para un mejor entendimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los resultados de este estudio indican la necesidad de más investigaciones acerca de la preferencia de los niños de un rol de profesor con el que aprenden mejor y de su relación con la autoeficacia para confirmarlos o modificarlos. Las representaciones visuales con caricaturas son una herramienta adecuada para la expresión del niño de sus creencias acerca de su preferencia por un rol de profesor de matemáticas.

## Literatura Citada

- AURAH, C. M., Cassady, J. C., & McConnell, T. J. 2014. Predicting problem solving from metacognition and self-efficacy beliefs on a cross validated. *British Journal of Education*, 2(1):49-72.
- BANDURA, A. 1977. Autoeficacia: hacia una teoría unificada del cambio conceptual. *Revista de Psicología*, 84:191-215.
- BANDURA, A. 1994. Self-efficacy. In V. S. Ramachandran (Ed.), *Encyclopedia of human behavior*, Vol. 4, (pp. 71-81). New York: Academic Press.
- BANDURA, A. 2002. *The growing primacy of perceived efficacy in human self-development, adaptation and change*. Texto original del profesor Albert Bandura con motivo de su investidura como Doctor Honoris Causa en la Universitat Jaume I. Recuperado de: <https://www.uky.edu/~eushe2/Bandura/Bandura2002NH.pdf>.
- BONG, M. & Skaalvik, E. M. 2003. Self-concept and self-efficacy revisited: a few notable differences and important similarities. In H. W. Marsh, R. G. Craven, & D. M. McInerney (Eds.), *International advances in self-research* (pp. 67-89). Greenwich, Connecticut: Information Age Publishing.
- BUCHANAN, T. & Selmon, N. 2008. Race and gender differences in self-efficacy: Assessing the role of gender role attitudes and family background. *Sex Roles*, 58:822-836.
- CAMPBELL, J., Smith, D., Boulton-Lewis, G., Brownlee, J., Burnett, P., Carrington, S., & Purdie, N. 2001. Students' perceptions of teaching and learning: the influence of students approaches to learning and teachers' approaches to teaching. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 7(2):173-187.
- CARRASCO, M. & Del Barrio, M. 2002. Evaluación de la autoeficacia en niños y adolescentes. *Psicothema*, 14(2):323-332.
- CARROLL, A., Houghton, S., Wood, R., Unsworth, K., Hattie, J., Bower, J. & Gordon, L. 2009. Self-efficacy and academic achievement in Australian high students: The mediating effects of academic aspirations and delinquency. *Journal of Adolescence*, 32(4):797-817.
- CARTAGENA, M. 2008. Relación entre la autoeficacia y el rendimiento escolar y los hábitos de estudio en alumnos de secundaria. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 6(3):59-99.
- CIVIL, M. & Planas, N. 2004. Participation in the mathematics classroom: Does every student have a voice? *For the learning of mathematics*, 24(1):8-14.
- DABELL, J. 2008. Using concept cartoons. *Mathematics Teaching Incorporating Micromath*, 209:34-36.
- DE BRUIN, A.B., Thiede, K.W., & Camp, G. 2001. Generating keywords improves metacomprehension and self-regulation in elementary and middle school children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109(3):294-310.
- ECCLES, J. S., & Roeser, R. W. 2009. Schools, Academic Motivation and Stage-Environment Fit. In Richard, M. Lerner & Laurence Steinberg (Eds.), *Handbook of Adolescent Psychology*. 3ª Ed. Vol. 1. Individual bases of adolescent development (pp. 404-433). Jhon Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- FLUTTER, J. 2007. Teacher development and pupil voice. *The Curriculum Journal*, 18(3):343-354.
- GOODYEAR, P., & Hativa, N. 2002. Research on teacher thinking, beliefs and knowledge in higher education. In Hativa, N. & Goodyear, P. (Eds.) *Teacher Thinking, Beliefs and Knowledge in Higher Education* (pp. 1-13). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- HOPKINS, E. 2008. Classroom conditions to secure enjoyment and achievement: the pupils' voice. Listening to the voice of every child matters. *Education 3-13*, 36(4):393-401.
- KABAPINAR, F. 2005. Effectiveness of teaching concept cartoons from the point of view of constructivist approach. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 135-146.
- KEOGH, B., Naylor, S., & Wilson, C. 1998. Concept cartoons; a new perspective on physics education. *Physics Education*, 33(4):291-294.
- KINCHIN, I. M. 2004. Investigating students' beliefs about their preferred role as learners. *Educational Research*, 46(3):301-312.
- LANG, T. 2010. «Tell them we like to decide for ourselves» –Children's agency in mathematics education. In V. Durand-Guerrier, S. Sour-Lavergne & Fernandino Arzarello (Eds.) *Proceedings of the Sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 2587- 2596). Lyon, France, INRP, Institut National De Recherche Pédagogique.
- LINNENBRINK, E. A., & Pintrich, P. R. 2003. The role of self-efficacy beliefs in student engagement and learning in the classroom. *Reading and Writing Quarterly*, 19:119-137.
- LOO, C. W. & Choy J. L. F. 2013. Sources of Self-efficacy influencing academic performance of engineering students. *American Journal of Educational Research*, 1(3):86-92.
- MARGOLIS, H., & McCabe, P.P. 2003. Self-efficacy: A key to improving the motivation of struggling learners. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 47(4):162-169.
- PALMER, D. H. 2006. Sources of self-efficacy in a science methods course for primary teacher education students. *Research in Science Education*, 36:337-353.
- PAMPAKA, M., Kleanthous, I., Hutcheson, G. D., & Wake, G. 2011. Measuring mathematics self-efficacy as a learning outcome. *Research in Mathematics Education*, 13(2):169-190.
- PASTORELLI, C., Caprara, G.V., Barbaranelli, C., Rola, J., Rozsa, S., & Bandura, A. 2001. The structure of children's perceived self-efficacy: A cross-national study. *European Journal of Psychological Assessment*, 17(2):87.
- SCHUNK, D. H. 1987. Peer models and Children's Behavior Change. *Review of Educational Research*, 5(2):149-174.
- SCHUNK, D.H. 1991. Self-efficacy and academic motivation [Electronic version]. *Educational Psychologist*, 26(3 & 4):207-231.
- SCHUNK, D. H., & Meece, J. L. 2005. Self-efficacy beliefs of adolescents. In F. Pajores & T. Urdan (Eds.), *Self-efficacy beliefs of adolescents* (pp. 71-96). Retrieved from [http://www.rti.org/pubs/rtipress/rosen/Chapter5\\_Self-Efficacy.pdf](http://www.rti.org/pubs/rtipress/rosen/Chapter5_Self-Efficacy.pdf)

- SCHUNK, D. H., Pintrich, P. R., & Meece, J. L. 2008. *Motivation in education* (3er. Ed.) Upper Saddle River, NJ: Pearson Merrill Prentice Hall.
- SCHUNK, D. H. & Zimmerman, B. 2007. Influencing children's self-efficacy and self-regulation of reading and writing through modeling. *Reading & Writing Quarterly*, 23(1):7-25.
- SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA (SEP). 2011. *Libro del maestro*. Recuperado de: <http://basica.sep.gob.mx/reformaintegral/sitio/pdf/secundaria/plan/PlanEstudios11.pdf>
- SEXTON, M. 2010. Using concepts cartoon's to access student beliefs about preferred approaches to mathematics learning and teaching. L. Sparrow, B. Kissane, & C. Hurst (Eds.), *Shaping the future of mathematics education: Proceedings of the 33rd annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia*, pp. 515- 522. Fremantle: MERGA.
- TAYLOR, M., Hawera, N., & Young-Loveridge, J. 2005. *Children's views of their teacher's role in helping them learn mathematics*. In P. Clarkson, A. Downton, D. Gronn, M. Horne, A. McDonough, R. Pierce, & A. Roche (Eds.), *Building connections: Theory, research and practices*. Proceedings of the 28th Annual conference of the mathematics in Education research Group of Australasia, Vol. 1. (pp. 728-734). Melbourne, Australia.
- UNITED NATIONS, 1989. *United Nations convention on the rights of the child (UNCROC)*. Recuperado de: <http://www.crin.org/docs/resources/treaties/uncrc.asp>.
- UNESCO, 1994. The Salamanca Statement and framework for action on special needs education. Recuperado de: [http://www.unesco.org/education/information/infunesco/pdf/SALAMNCA\\_E.PDF](http://www.unesco.org/education/information/infunesco/pdf/SALAMNCA_E.PDF).
- USHER, E. L. & Pajares, F. 2009. Sources of self-efficacy in mathematics: A validation study. *Contemporary Education Psychology*, 34:89-101.
- USHER, E. L. & Pajares, F. 2006. Sources of academic and self-regulatory efficacy beliefs of entering middle school students. *Contemporary Educational Psychology*, 31(2):125-141.
- USHER, E. L., & Pajares, F. 2008. Self-efficacy for self-regulated learning: A validation study. *Educational and Psychological Measurement*, 68:443-463.
- VALENTINE, J. C., DuBois, D. L., & Cooper, H. 2004. The relations between self-beliefs and academic achievement: A systematic review. *Educational Psychologist*, 39:111-133.
- ZIMMERMAN, B. J. 2008. Investigating self-regulation and motivation: Historical background, methodological developments, and future prospects. *American Educational Research Journal*, 45(1):166-183. 

Este artículo es citado así:

Rodríguez-Nieto, M. C., J. García-García, J. A. Peña-Moreno y M. P. Sánchez-Miranda. 2016. Autoeficacia en niños de educación primaria y preferencia por un rol de profesor. *TECNOCENCIA Chihuahua* 10(2):72-80.

## Resumen curricular del autor y coautores

**MA. CONCEPCIÓN RODRÍGUEZ NIETO.** Obtuvo el título de Licenciado en Psicología en 1979 otorgado por la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Tiene la Especialidad en Docencia (2001) por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Maestría en Ciencias en Educación Superior (1992) por la Universidad Regiomontana y el grado de Doctor en Educación Internacional (2004) por la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Labora en la Facultad de Psicología de la UANL desde 1977 donde es profesor de tiempo completo. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1 desde 2007. Sus áreas de interés en investigación son los procesos cognitivos, emocionales y de aprendizaje en procesos educativos y el impacto de la tecnología en los procesos educativos y psicológicos. Ha participado como ponente en más de 80 congresos en el país y el extranjero, como autora en más de 30 artículos científicos, más de 20 capítulos de libros y cuatro libros. Ha dirigido y concluido más de 20 tesis de maestría y doctorado.

**JOEL GARCÍA GARCÍA.** Terminó su licenciatura en el año 2000, con el título de Licenciatura en Educación Primaria por la Escuela Normal "Ing. Miguel F. Martínez" de Monterrey, N. L. Realizó estudios de posgrado en esa misma ciudad donde obtuvo el grado de Master en Ciencias con orientación en Cognición y Educación por la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Nuevo León en 2014; actualmente realiza el Doctorado en Filosofía con orientación en Psicología en esa misma institución. Desde el año 2000 labora como profesor frente a grupo en instituciones de educación primaria y secundaria. Se especializa en el área educativa y sus temas de interés son los procesos de enseñanza y aprendizaje, específicamente concepciones involucradas en dichos procesos desde la perspectiva del estudiante y la autoeficacia. Ha participado en congresos y coloquios de investigación y realizado publicaciones en memorias de congresos y en una revista.

**JOSÉ ARMANDO PEÑA MORENO.** Obtuvo el título de Licenciado en Psicología en 1984, en 2001 el de Maestría en Psicología Laboral en 2001 en la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y el de Doctor en Educación en 2012 por la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Desde 1985 labora en la Facultad de Psicología de la UANL donde es profesor de tiempo completo. Ha sido distinguido con el perfil deseable desde el 2007. Sus temas de interés son las concepciones de enseñanza y de aprendizaje en las diferentes modalidades educativas y los procesos cognitivos en educación. Es autor de 14 libros, la mayoría de ellos en editoriales comerciales, de más de 25 ponencias en congresos y de 10 artículos científicos en revistas nacionales y de otros países. Ha dirigido más de 20 tesis de maestría y recibido diversos reconocimientos como la Excelencia Profesional en 2010 otorgado por el Colegio de Psicólogos de Monterrey, A.C.

**MARTHA PATRICIA SÁNCHEZ MIRANDA.** Estudió la licenciatura en Psicología obteniendo su título en el año 1992. Obtuvo el grado de maestría en Ciencias con opción en Cognición y Educación en el 2006, y el Doctorado en Filosofía con especialidad en Psicología en el año 2010. Todos los títulos expedido por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Tiene experiencia laboral en la psicología educativa en instituciones públicas DIF Nuevo León (1990-1994), así como en instituciones privadas (1994- 2004). Inicia su carrera dentro de la docencia en el año 1997 en la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Nuevo León en la cual actualmente tiene la categoría de profesor de tiempo completo. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1 (2015 al 2017). Su línea de investigación es en la Psicología ambiental y conservacionista desde una perspectiva cognitiva. Tiene 17 artículos publicados en revistas internacionales y nacionales, dos capítulos de libros. Ha participado en 10 congresos nacionales e internacionales y como conferencista en seis diferentes eventos académicos. Ha dirigido 3 tesis de maestría. Ha dirigido dos proyectos de investigación financiados por Secretaría de Educación. Es árbitro de una revista científica de circulación internacional.

# Análisis de la pesquería artesanal de sardina (*Sardinella aurita*) en Venezuela

## Analysis of the artisanal sardine (*Sardinella aurita*) fishery in Venezuela

LEO WALTER GONZÁLEZ<sup>1,2</sup>, NORA ESLAVA<sup>1</sup>, LUIS TROCCOLI<sup>1</sup> Y FRANCISCO GUEVARA<sup>1</sup>

Recibido: Abril 7, 2016

Aceptado: Junio 13, 2016

### Resumen

La sardina (*Sardinella aurita*) es una especie que se explota artesanalmente desde hace 74 años en zonas cercanas a las costas de los estados Sucre y Nueva Esparta, Venezuela, donde la productividad biológica es generalmente alta debido a eventos de surgencia. Como todos los recursos pelágicos costeros, la sardina presenta fluctuaciones estacionales en su biomasa por efectos de las condiciones biológicas y ambientales relacionadas con los reclutamientos, y la actividad pesquera artesanal. En los últimos años la pesca ha experimentado una fuerte disminución de las capturas y su efecto ha provocado impactos desfavorables en los subsectores de extracción y procesamiento, donde la oferta y la demanda del recurso dominan el escenario socio-económico, con el consecuente aumento en el esfuerzo y los riesgos para el recurso. En tal sentido, se consideró conveniente analizar la pesquería basado en un modelo holístico e información técnica y científica, a través de dos enfoques en el contexto biológico-tecnológico y socio-económico, con el fin de explorar posibles soluciones en la evaluación y toma de decisiones en la gestión pesquera. Se demostró que la pesquería podría colapsar por la competencia del recurso, desconocimiento de la biomasa pescable e insuficientes medidas de gestión, por lo que se hace necesario investigar la pesquería de sardina con enfoque ecosistémico y ampliar las medidas de regulación, aplicando cuotas de captura a fin de mantener una biomasa saludable a través de un efectivo manejo precautorio.

**Palabras clave:** *Sardinella aurita*, modelo holístico, pesquería artesanal, Venezuela.

### Abstract

The sardine (*Sardinella aurita*) is a species that has been exploited artisanally for 74 years in areas near the coasts of the states of Sucre and Nueva Esparta, Venezuela, where biological productivity is generally high due to upwelling events. Like all coastal pelagic resources, sardines present seasonal fluctuations in its biomass, due to biological and environmental conditions related to recruitments and artisanal fishery activity. In recent years, fishery has experienced a sharp decrease in catches and its effect has led to unfavorable impacts in the extraction and processing subsectors, where offer and demand of the resource dominate the socio-economic scenario. Consequently, fishing effort may increase, as well as other risks to the resource. In this sense, it was considered convenient to analyze the fishery based on a holistic model and technical and scientific information by using two approaches, within in the biological-technological and socio-economic context, in order to explore possible solutions in the evaluation and decision-making in fishery management. It was demonstrated that the fishery could collapse due to competition for this resource, lack of information about fishing biomass, and insufficient management measures. Thus, it is necessary to investigate the sardine fishery with an ecosystem approach and to extend the regulatory measures, by applying capture quotas, in order to maintain a healthy biomass through effective precautionary management.

**Keywords:** *Sardinella aurita*, holistic model, artisanal fishery, Venezuela.

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Científicas, Universidad de Oriente Núcleo Nueva Esparta, Boca del Río, isla de Margarita, Venezuela.

<sup>2</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: lwgc25@gmail.com.

## Introducción

**L**a sardina (*Sardinella aurita*) es una especie pelágica costanera perteneciente a la familia Clupeidae que se distribuye desde Estados Unidos hasta Brasil; reportándose también en el Mar Mediterráneo y en el Pacífico oeste (Fischer, 1977). En Venezuela se localiza principalmente en la región oriental, en zonas muy cercanas a la costa, donde el evento de surgencia producido por los vientos locales es más intenso, lo cual determina una alta productividad biológica (Alvera-Azcárate *et al.*, 2009a, 2009b). Es uno de los recursos pesqueros más importantes para Venezuela, debido a los grandes volúmenes de captura y a las numerosas fuentes de trabajo que se generan por su extracción, procesamiento y comercialización. Sin embargo, el aparente crecimiento sostenido de la pesquería se ha visto afectado con la drástica disminución de las capturas.

La producción nacional pesquera en el 2004 fue de 587,148 t y de sardina 202,232 t; mientras en el 2014 el rendimiento total fue de 252,342 t y de sardina 50,185 t, percibiéndose una disminución del 57% del total nacional y aproximadamente un 75% de sardina. Esta situación evidencia un serio deterioro de la fracción explotada del stock de sardina, que ha mostrado una correlación importante con la disminución de la densidad de fitoplancton y el aumento de la temperatura superficial (Taylor *et al.*, 2012), además de la explotación del recurso a tasas superiores a las recomendadas por la investigación pesquera. Esta situación podría conducir a una frágil condición del stock por sobrepesca, por la tendencia creciente del esfuerzo que no logra ser compensado por la productividad del mismo. En este sentido, se amerita el manejo de información periódica sobre los parámetros biológicos indispensables en la evaluación de la población, así como de las variables de desempeño de la pesquería para manejar adecuadamente el recurso. A fin de contribuir con el conocimiento del comportamiento ecosistémico de la sardina, se realizó la caracterización de la pesquería, a través de un modelo holístico con dos enfoques en el contexto biológico-tecnológico y socio-económico e información técnica y científica que nos permita entender su problemática y sugerir posibles soluciones en la evaluación y toma de decisiones en la administración pesquera.

## Materiales y métodos

El área de estudio se encuentra en una zona que cubre aproximadamente 240 millas en el eje este-oeste, alcanzando 60 millas en el eje norte-sur en su parte más ancha de la plataforma continental del nororiente de Venezuela, la cual está orientada en sentido este-oeste a lo largo del margen suroriental del Mar Caribe (Figura 1). El análisis de la pesquería de sardina se basó en el modelo holístico conceptual y dinámico de la pesquería de sardina desarrollado por González (2006), en el que se hizo énfasis en los contextos biológico-tecnológicos y socio-económicos (Figura 2), aún reconociendo que los modelos son representaciones simplificadas de la realidad, pero resultan útiles como herramientas que permiten realizar análisis de sensibilidad. Además se revisó la información científica más relevante del recurso y su pesquería; así como las estadísticas oficiales del Instituto Socialista de Pesca y Acuicultura (INSOPESCA).

## Resultados y discusión

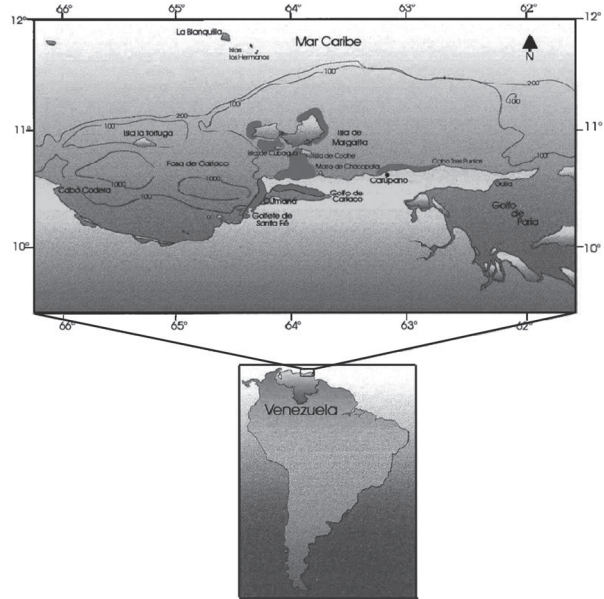
### 1. Contexto biológico-tecnológico

#### 1.1 Reproducción y crecimiento

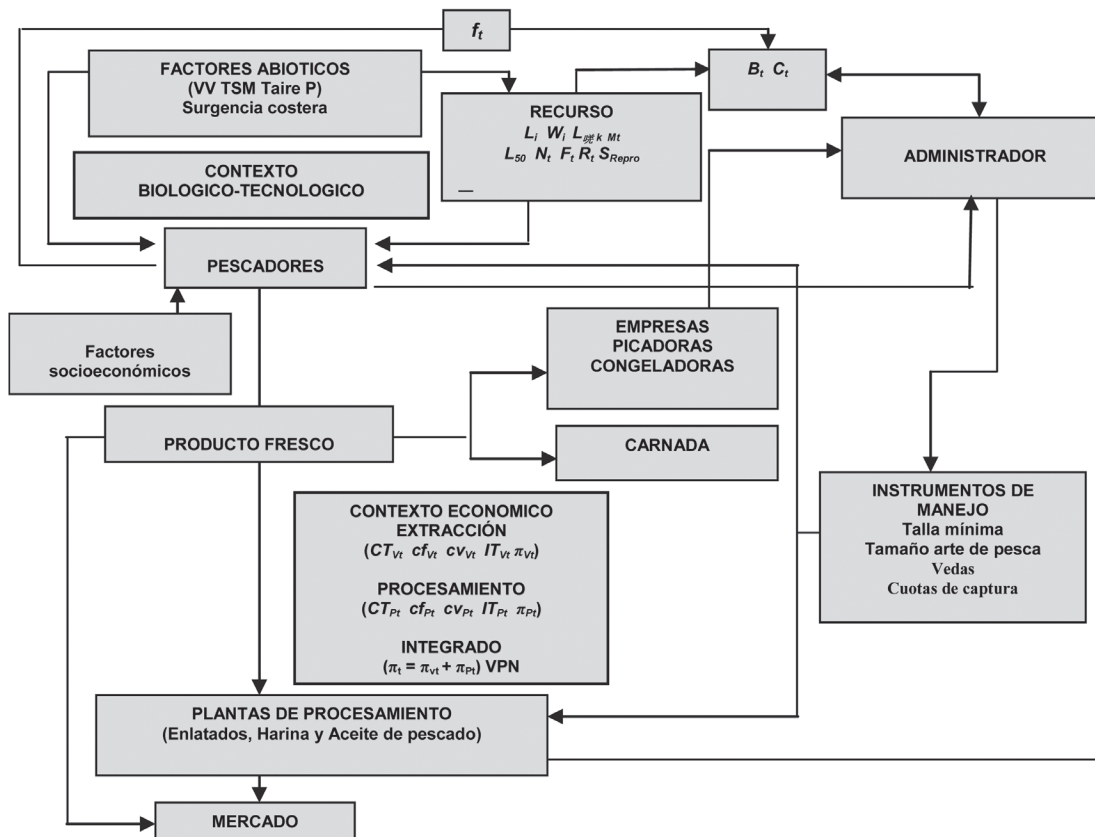
Según Etchevers (1974) la sardina en fase prerecluta y postrecluta se presenta en todos los sectores de la región nororiental de Venezuela y a medida que crece en tamaño se desplaza gradualmente hacia el este, donde

posteriormente participa en el proceso reproductivo y, finalmente, al alcanzar la talla de 20 cm aumenta la mortalidad natural y cambia de hábitat, haciéndose inaccesible a los artes de pesca (Figura 3). La maduración es continua con desoves fraccionados durante todo el año, capaz de adecuar la reproducción con eventos ambientales. Este recurso se caracteriza por presentar dos periodos de relativa intensidad reproductiva, uno de mayor actividad que ocurre de febrero a abril con un pulso máximo en marzo, y otro de menor magnitud de octubre a diciembre, con un pico máximo en el mes de noviembre (Gassman *et al.*, 2012). Los mayores valores del índice de gónadas se observan entre enero y marzo (máximo desove), lo que determinaría un reclutamiento intenso en el segundo trimestre.

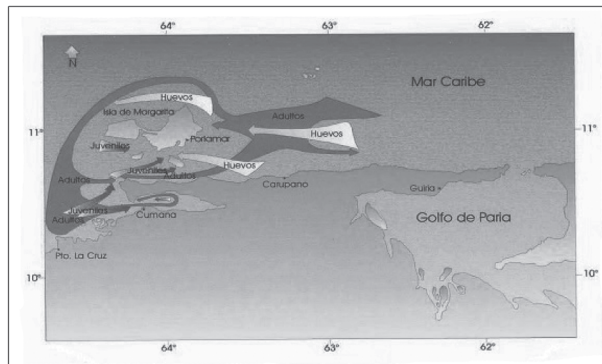
**Figura 1.** Área de estudio de la sardina (*Sardinella aurita*) en la región nororiental de Venezuela. Las áreas sombreadas de rojo muestran la distribución del stock de la fracción explotada.



**Figura 2.** Modelo conceptual y dinámico de la pesquería de sardina en la región nororiental de Venezuela (González, 2006).



**Figura 3.** Movimientos de la sardina en la región nororiental de Venezuela (Etchevers, 1974).



La talla de primera madurez ( $L_{50}$ ) oscila entre 18.5 a 20 cm (Mendialdúa, 2004; Gassman *et al.*, 2008; Tagliafico *et al.*, 2008). La fecundidad absoluta oscila desde 10,530 hasta 83,779 óvulos por hembra y varía considerablemente, incluso entre ejemplares de talla y peso similares; además, muestra proporcionalidad de manera consistente con el tamaño y peso corporal. La presencia de óvulos de diferente tamaño en los ovarios maduros, evidencia el carácter parcial y continuo del desove de *S. aurita* al no madurar los óvulos al mismo tiempo, por lo que se supone que la fecundidad está subestimada; sin embargo, la relación con la talla no es de tipo potencial, como es característico en la mayoría de los peces, sino de forma lineal, lo cual debe ser producto de la alta variabilidad del número de ovocitos maduros de individuos de longitud similar (Gassman *et al.*, 2008), lo cual explica las dificultades para poner en evidencia cambios en las tasas de producción de huevos. Por otro lado, González (2006) señala que el ingreso de nuevos reclutas al área de pesca ocurre durante los dos primeros trimestres del año, pero con mayor grado en el segundo trimestre, correspondiente al lapso abril-junio que coincide con la época de desoves intensos y de vientos fuertes responsables de la surgencia costera, registrándose reclutamientos superiores a los 3,300 millones de individuos.

La sardina es de vida corta ( $A_{0.95} = 3.3$  años) y alcanza longitudes máximas ( $L_{\infty}$ ) desde 24.4

cm hasta 28.45 cm con un coeficiente de curvatura ( $k$ ) de 0.83/año a 1.26/año, lo que demuestra que es una especie de crecimiento rápido, posiblemente, debido a la fuerte presión depredadora ocasionada por pequeños escómbridos y carángidos que le ha permitido desarrollar una estrategia vital de incremento en longitud y peso para llegar pronto a la madurez sexual y poder reproducirse (Frèon *et al.*, 1997). Los índices de crecimiento *phi prima* obtenidos en diferentes zonas de la región nororiental de Venezuela alcanzaron un promedio de  $\bar{\phi}' = 2.84$  con un coeficiente de variación  $CV = 3\%$ , lo que indica un mismo patrón de crecimiento. Esto conlleva a plantear que esta regularidad en el crecimiento es el resultado de una estrategia adaptativa de la sardina al sistema de surgencia costera estacional, que consistiría en aprovechar la época de afloramiento para crecer (González *et al.*, 2007a).

### 1.2 Relación recurso-ambiente

Es importante acotar que el enfoque ecosistémico aplicado a una pesquería considera los factores ambientales y el impacto de la pesca sobre los diferentes componentes del ecosistema, así como las interacciones de las especies. Para lograr esto es necesario conocer la relación predador-presa, las áreas de distribución y la densidad de predadores, entre otras variables. En este caso, existe una alta correspondencia entre la presencia de la sardina y el fenómeno de surgencia costera, generador de productividad biológica, que ocurre en la estación seca (noviembre-abril) cuando aumenta la intensidad del viento y disminuye la temperatura (Muller-Karger *et al.*, 2001). Asimismo, el aporte terrígeno en periodo de lluvias (mayo-octubre), permite que las larvas y juveniles acudan cuando el alimento sea abundante (Figura 4).

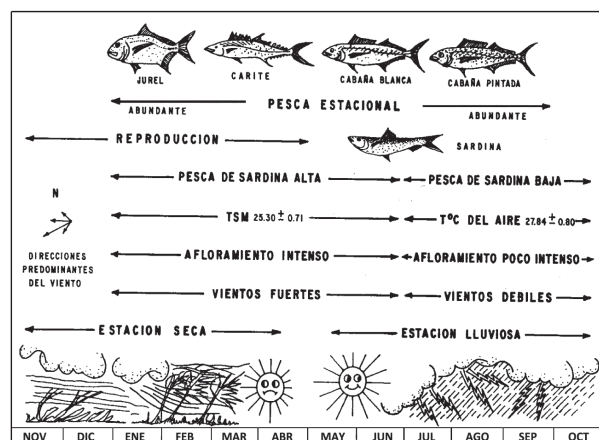
### 1.3 Sistema de pesca

En Venezuela, la pesca de la sardina es de acceso abierto, y la nueva Ley de Pesca y Acuicultura promulgada el 13 de noviembre de 2001 en su Artículo 21, considera a este recurso



pesquero de interés estratégico alimentario del país y reserva su explotación en los caladeros de pesca en exclusividad a los pescadores artesanales tradicionales. La Resolución DM/ N° 143-2013 M, publicado el 04.12.13 en la Gaceta Oficial Ordinaria N° 40,308, establece en el Artículo 4 un periodo de veda en todo el territorio nacional durante los meses de enero, febrero y marzo de cada año, quedando exceptuado el periodo de veda la captura de sardina para carnada, y en el Artículo 6 solo se permite la captura o pesca, intercambio, distribución, procesamiento y comercialización de aquellos ejemplares que poseen una talla mínima de 19 cm de longitud total. Se prohíbe el uso de redes con malla cuya abertura sea menor de 2.5 cm entre nudos intermedios; así mismo, se regula las dimensiones del chinchorro o tren sardinero (1,500 m de longitud máxima y una altura máxima de 35 m), y el cerco o máquina de argolla sardinero (400 m de longitud máxima y 40 m de altura máxima).

**Figura 4.** Relación recurso-ambiente de la sardina en la región nororiental de Venezuela (*Ineditus*).



Es primordial discutir, desde el punto de vista histórico, el uso de la máquina de argolla (bolinche), que empezó a utilizarse en 1941 para la pesca de la sardina en la bahía de Pampatar, traído de Francia por las Pesquerías Vascas del Caribe. En cada lance se lograba recuperar el 35% de sardina, el resto se moría y se estropeaba

fácilmente, ante el comportamiento agresivo del arte de pesca se dejó de usar. Actualmente, la pesca de sardina se realiza con chinchorro o tren sardinero en el estado Nueva Esparta (Figura 5); mientras que en el estado Sucre se utiliza el cerco o tren de argolla (Figura 6) a pesar de su efecto negativo sobre el stock explotado (González *et al.*, 2006). En Sucre operan aproximadamente 90 trenes de argolla con permiso, sin contabilizar los que operan ilegalmente, que pueden alcanzar 130. También se presentan conflictos de interferencia entre estos dos artes de pesca por espacio y recurso. En tal sentido, se debe evaluar el poder de captura de los artes, sobre todo de los cercos de argolla sardineros (permisos, turnos, áreas de pesca, cuotas de captura) e investigar el impacto que ocasiona al stock y al frágil ecosistema costero, además de que incumple con las normas del código de pesca responsable.

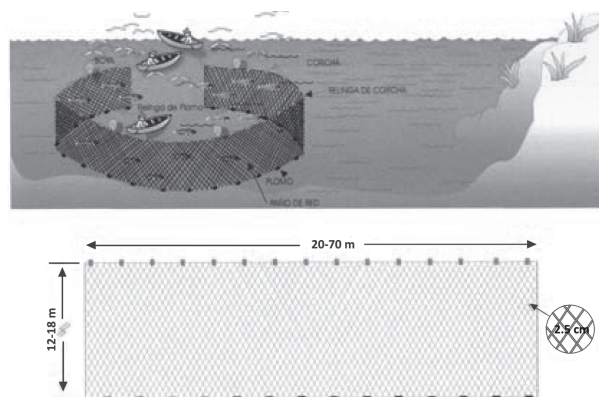
La pesca de sardina se realiza en áreas muy costeras (menor a 3 millas), dada la naturaleza de las unidades de producción, condicionando el esfuerzo a la disponibilidad y tamaño del cardumen a ser capturado total o parcialmente (Frèon *et al.*, 2003). Esta característica de la población depende de factores biológico-ambientales, tales como las migraciones tróficas-reproductivas en sentido norte-sur y este-oeste, cuyos detalles y determinismo no son suficientemente conocidos (Mendoza, 1996), y ausencia de una relación entre el tamaño en peso del cardumen y la abundancia (Frèon *et al.*, 2003). Las variables que influyen significativamente sobre la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) son la temperatura y el esfuerzo de pesca, esta última determinada por la velocidad del viento (Eslava *et al.*, 2009); de tal manera que su disponibilidad y accesibilidad está sujeta a la variabilidad natural (González *et al.*, 2007b).

#### 1.4 Biomasa

Cárdenas y Archuri (2000), en la región nororiental de Venezuela, estimaron a través de ocho prospecciones acústicas, entre septiembre de 1995 y marzo de 1998; la biomasa total de sardina fue alrededor de 850,000 t, y señalaron

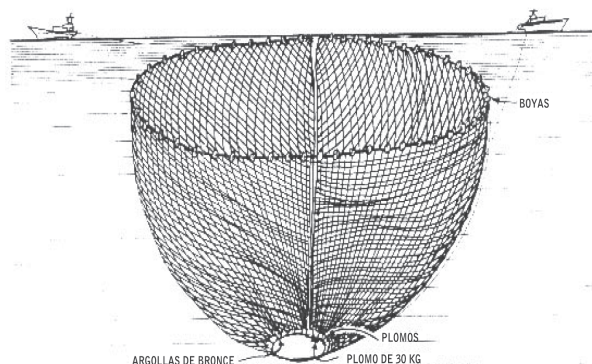
a la temperatura como indicador rector que condiciona de manera importante las demás variables ambientales y los focos de surgencia. Sin embargo, las capturas de la fracción explotada en el periodo 1995-2001 fluctuaron desde 95,097 hasta 101,000 t, alcanzando el valor más alto en 1996 con 139,352 t. En el 2002 González *et al.* (2007a) estimaron la tasa de explotación (E), que alcanzó un valor superior a 0.5, indicando una sobreexplotación con una captura de 115,081 t. Lamentablemente, no se tomaron a tiempo las medidas necesarias de ordenación, lo cual fue un error, porque se continuó ejerciendo una fuerte presión de pesca sobre el recurso, que alcanzó un máximo de 200,232 t en el 2004 para disminuir drásticamente en el 2005 a 108.570 t  $\approx$  el 50% del año anterior. La serie histórica de las capturas demostró una disminución drástica en el periodo 2005-2008 y una estabilización de 2009 a 2014, con rendimientos similares a las décadas de los años sesenta y setenta (Figura 7). Posiblemente, el incremento del esfuerzo de pesca originó una disminución en el tamaño del stock desovante y efectos de sobreexplotación por reclutamiento que se manifestó con la merma de las capturas a partir del 2005; así mismo, las anomalías meteorológicas delimitaron la pesca como consecuencia de la teleconexión de alta frecuencia de los eventos ENOS y La Niña, desfasados entre el Caribe y el Pacífico tropical (Hastenrath, 1984), ocasionando cambios de distribución y alteración de los niveles de abundancia (González *et al.*, 2007b).

Figura 5. Chinchorro o tren sardinero.



(Tomado de González *et al.*, 2006).

Figura 6. Cerco o máquina de argolla sardinero.



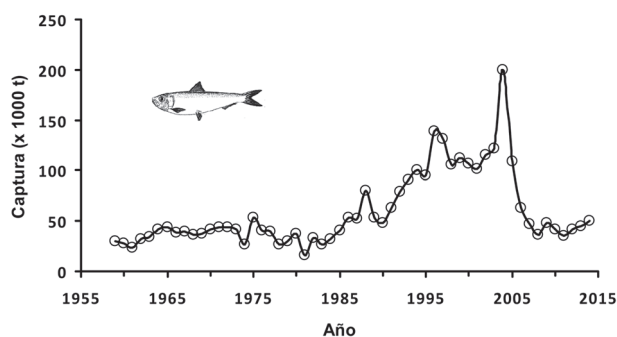
(Tomado de González *et al.*, 2006).

Investigaciones de sardina y anchoveta en la zona centro-sur de Chile han mostrado asociaciones entre la variabilidad del reclutamiento y factores ambientales, que podrían afectar la disponibilidad de alimento (Gatica *et al.* 2007), e.g. la intensidad de la surgencia (Bakun, 2001), condiciones cálidas del mar por El Niño (Yáñez *et al.*, 1995), cambios en la abundancia y composición de las comunidades zooplanctónicas (Verheye *et al.*, 1998; Verheye y Richardson, 1998). Herrera y Febres (1995) establecieron que la surgencia costera del oriente de Venezuela es el resultado de la entrada de nutrientes, debido a un posible efecto potencial de la velocidad del viento que caracteriza al ecosistema costero de esta zona del Caribe, siendo la temperatura un indicador indirecto del mismo. Resultados similares encontraron González *et al.* (2007b) para la sardina del sureste de Margarita, señalando que la captura de esta especie está asociada con la intensidad de vientos y la temperatura.

Por otro lado, los pelágicos menores costeros, como la sardina, se caracterizan por presentar fuertes fluctuaciones espacio-temporales de abundancia, producidos por el comportamiento de concentraciones en cardúmenes (De Anda *et al.*, 1994) que de algún modo los hace vulnerables a la modalidad de pesca artesanal (cercano a la costa), incluso, es posible que la dinámica de los cardúmenes

ejerza un rol fundamental en la predominancia alternada de sardina y otros clupeidos (Cury *et al.*, 2000). Por lo que se presume que esta condición origina incertidumbre en sus niveles de abundancia en el tiempo (Sharp y Csirke, 1983; Mbaye *et al.*, 2015).

**Figura 7.** Evolución histórica de la captura de sardina 1959-2014. Fuente: INSOPESCA.



## 2. Contexto socio-económico

La pesquería tiene particular relevancia en la socioeconomía de la región nororiental del país por el número de empleos durante las fases de captura, procesamiento y comercialización. Es importante señalar que la sardina también se consume en fresco y se utiliza como carnada en la pesca de especies de alto valor comercial como pargos *Lutjanus* spp., meros *Epinephelus* spp., carites *Scomberomorus* spp. y atunes *Thunnus* spp. (González y Eslava, 2000).

Los subsectores de extracción y procesamiento no están integrados como ocurre con otras pesquerías, donde la industria procesadora tiene sus propias unidades de pesca para abastecerse de la materia prima. El subsector extractivo está conformado por empresarios «pescadores-dueños» de las unidades de pesca (redes, embarcaciones y equipos accesorios) organizados en asociaciones civiles, interesados, principalmente, por el precio de venta de la sardina, que operan como empleadores y obtienen los mayores beneficios, sin cubrir los costos que implica el disponer de trabajadores formales (empleadores a destajo) y el cumplimiento de deberes formales

que establece el marco jurídico vigente. Con respecto a la distribución del trabajo, los pescadores están organizados según el rol de la faena (remendón, vigía, buzo, motorista, marino). El subsector de procesamiento está conformado por empresarios enlatadores, dueños de las plantas altamente industrializadas, quienes mantienen una estrecha relación de compra-venta con los «pescadores-dueños» (González *et al.*, 2005).

En el ámbito social, la estructura poblacional está constituida principalmente por personas jóvenes, con un 61% de pescadores entre 15 y 35 años de edad, esto evidencia que existe una generación de relevo interesada en la pesquería de sardina como actividad económica estable. Este indicador socio-económico podría deberse a varios factores, entre ellos la asistencia que les brinda el «pescador-dueño» con préstamos de dinero y garantía de trabajo durante todo el año (González *et al.*, 2005). Este perfil es poco común en las pesquerías artesanales que son vistas como símbolo de pobreza y retraso tecnológico (Smith y Panayotou, 1984); no obstante, carecen de protección social y el patrón de repartición de las ganancias no son consonas con el trabajo realizado, debido a la distribución heterogénea de la riqueza establecido por el sistema de partes.

## Conclusiones

Las actuales medidas de regulación de la sardina son insuficientes para la sustentabilidad de esta pesquería de alta variabilidad. En tal sentido, se sugiere ampliar las medidas de regulación, aplicando cuotas de captura a fin de mantener una biomasa saludable a través de un efectivo manejo precautorio, considerando las experiencias negativas de otras pesquerías mundiales de pelágicos menores que se han visto colapsadas por sobrexplotación. Así mismo, se deben mantener las actuales medidas dirigidas a la protección del recurso y por ningún motivo modificarlas o eliminarlas, mientras no se tenga información científica producto del monitoreo biológico constante de

la biomasa pescable, durante las épocas de veda y pesca. Es importante la puesta en práctica el enfoque ecosistémico a la pesquería de sardina, incorporando índices de los forzantes físicos que las afectan. Así mismo, es necesario el proceso consultivo y participativo que incluya a científicos y administradores, además del fomento y apoyo del trabajo conjunto universidad-estado-pescadores-empresa privada.

## Agradecimientos

A Raimundo Amilibia † y a Eduardo Pérez por su orientación sobre la pesquería de sardina en Venezuela. A Luis Gerardo González, Nerio José Salazar, Gabriel Rodríguez y Orangel Antón por el respaldo incondicional con la logística en la obtención de datos. Al Instituto Socialista de Pesca y Acuicultura por las estadísticas oficiales de la producción de sardina. A Clark Casler por la revisión y sugerencias al manuscrito. A los árbitros de la revista por sus comentarios.

## Literatura Citada

- ALVERA-AZCÁRATE, A., A. Barth y R. Weisberg. 2009a. The surface circulation of the Caribbean Sea and the Gulf of Mexico as inferred from satellite altimetry. *Journal of Physical Oceanography* 39:640-657.
- ALVERA-AZCÁRATE, A., A. Barth y R. Weisberg. 2009b. Anested model of the Cariaco basin (Venezuela): description of the basin's interior hydrography and interactions with the open ocean. *Ocean Dynamics* DOI 10.1007/s10236-008-0169.
- BAKUN, A. 2001. 'School-mix feedback': a different way to think about low frequency variability in large mobile fish populations. *Progress in Oceanography*, 49:485-511.
- CÁRDENAS, J. y A. Archury. 2000. Acústica pesquera de los recursos Marinos del nororiente de Venezuela: evaluación y seguimiento espacio-temporal del stock de sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847). *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, 154:39-54.
- CURY, P., A. Bakun, R. Crawford, A. Jarre, R. Quiñones, L. Shannon y H. Verheye. 2000. Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in «wasp-waist» ecosystems. *ICES Journal Marine Science*, 57:603-618.
- DE ANDA, M. J. A., J. C. Seijo y S. Martínez. 1994. Reclutamiento y variabilidad ambiental en la pesquería de sardina Monterrey (*Sardinops sagax*) del Golfo de California, México. *Investigación Pesquera*, 38:23-36.
- ESLAVA, N., L. W. González y L. Suarez-Villasmil. 2009. Análisis de ruta en la pesquería de sardina (*Sardinella aurita*) del oriente de Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 43(3):355-365.
- ETCHEVERS, S. 1974. Variaciones morfológico-merísticas, biología y tamaño mínimo del stock de sardina en el nororiente de Venezuela. *Boletín Científico y Técnico, Serie de Recursos Marinos*, 1 (3):70-82.
- FISCHER, W. (ed). 1977. Species identification sheets for fishery purposes western central Atlantic. *Marine Resources Service*. FAO. Vol. II. Roma, Italia.
- FRÉON, P., M. El Khattabi, J. Mendoza y R. Guzmán. 1997. Unexpected reproductive strategy of *Sardinella aurita* of the coast of Venezuela. *Marine Biology*, 128:363-372.
- FRÉON, P., R. Guzmán y R. Aparicio. 2003. Relaciones entre capturas, esfuerzo pesquero y surgencia costera en la pesquería de sardina del oriente de Venezuela. p: 451-471. *En: Fréon P. y J. Mendoza (eds). La sardina (Sardinella aurita), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela*. IRD Éditions, Collection Colloques et Séminaires, Paris, Francia.
- GASSMAN, J., N. Eslava y L. W. González. 2008. Reproducción de la sardina, *Sardinella aurita* (Cupleiformes: Clupeidae) del sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 56(4):1813-1824.
- GASSMAN, J., N. Eslava, L. W. González y N. Aguado. 2012. Indicadores reproductivos de la sardina *Sardinella aurita* (Clupeiformes: Clupeidae) del sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 46(2):121-136.
- GATICA, C., M. Arteaga, J. Giacaman y P. Ruiz. 2007. Tendencias en la biomasa de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona centro-sur de Chile, entre 1991 y 2005. *Investigaciones Marinas*, 35(1):13-24.
- GONZÁLEZ, L. W. y N. Eslava. 2000. Crecimiento y mortalidad natural de la sardina, *Sardinella aurita* (Teleostei: Clupeidae) del Estado Nueva Esparta, Venezuela. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 35(1):83-91.
- GONZÁLEZ, L. W., S. Salas y N. Eslava. 2005. Caracterización socio-económica de la pesquería artesanal de la sardina (*Sardinella aurita*) en el sureste de la isla de Margarita, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 39(3):197-216.
- GONZÁLEZ, L. W. 2006. Análisis de la pesquería artesanal de la sardina (*Sardinella aurita*) del estado Nueva Esparta, Venezuela: un enfoque bioeconómico precuratorio. Tesis de Doctorado, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, Mérida, México.
- GONZÁLEZ, L. W., Eslava, N. y F. Guevara. 2006. Catálogo de la pesca artesanal del estado Nueva Esparta, Venezuela. Dirección de Publicaciones Rectorado, Universidad de Oriente. Editoriales Radoca, C.A, Cumaná. 222 p.
- GONZÁLEZ, L. W., N. Eslava y E. Gómez. 2007a. Parámetros poblacionales de la sardina (*Sardinella aurita*) del sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 41(4):457-470.
- GONZÁLEZ, L. W., J. Euán, N. Eslava y J. Suniaga. 2007b. La pesca de sardina, *Sardinella aurita* (Teleostei: Clupeidae) asociada a la variabilidad ambiental del ecosistema de surgencia costera de Nueva Esparta, Venezuela. *Revista Biología Tropical*, 55(1):279-286.
- HASTENRATH, S. 1984. Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the Tropical Atlantic sector. *Mon. Weather Rev.* 112:1097-1107.
- HERRERA, L. Y G. Febres. 1995. Procesos de surgencia y renovación de aguas en la fosa de Cariaco, Mar Caribe. *Boletín Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 14:31-44.
- MBAYE, B. C., T. Brochier, V. Echevin, A. Lazar, M. Lévy, E. Mason, A. T. Gaye y E. Machu. 2015. Do *Sardinella aurita* spawning seasons match local retention patterns in the Senegalese-Mauritanian upwelling region? *Fisheries Oceanography*, 24(1):69-89.
- MENDIALDÚA, J. C. 2004. Aspectos reproductivos de la sardina (*Sardinella aurita*) del sureste de la Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta, Venezuela. Tesis de Licenciatura en Biología Marina, Universidad de Oriente, Boca del Río, Venezuela.

- MENDOZA, J. 1996. Interacciones tróficas, dinámica poblacional y socio-economía de la explotación de la sardina (*Sardinella aurita*) en el oriente de Venezuela. Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente, Cumaná. 126 p.
- MÜLLER-KARGER, F., R. Varela, R. Thunell, M. Scranton, R. Bohrer, G. Taylor, J. Capelo, Y. Astor, E. Tappa, Y. Ho y J. Walsh. 2001. Annual cycle of primary productivity in the Cariaco Basin: response to upwelling and implications for vertical export. *Journal of Geophysical Research*, 106:4527-4542.
- SHARP, G. D. y J. Csirke. 1983. Proceeding of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition in neritic fish resources, San José, Costa Rica, 18–29 April 1983. FAO Fisheries Report 291, FAO, Rome: 1–3.
- SMITH, I. y T. Panayotou. 1984. Derechos de uso territorial y eficiencia económica: el caso de las concesiones pesqueras en Filipinas. FAO Documento Técnico de Pesca 245, FAO, Roma. 18 p.
- TAGLIAFICO, A., L. W. González y N. Eslava. 2008. Estimación de los parámetros de crecimiento y reproducción de la sardina (*Sardinella aurita*), del sureste de la isla de Margarita, Venezuela. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 37(2):45-54.
- TAYLOR, G., F. Muller-Karger, R. Thunell, M. Scranton, Y. Astor, R. Varela, L. Troccoli-Ghinaglia, L. Lorenzoni, K. Fanning, S. Hameed y O. Doherty. 2012. Ecosystem responses in the southern Caribbean Sea to global climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109:19315-19320.
- VERHEYE, H. y A. Richardson. 1998. Long-term increase in crustacean zooplankton abundance in southern Benguela upwelling region (1951–1996): bottom-up or top-down control? *ICES. Journal Marine Science*, 55:803–807.
- VERHEYE, H., A. Richardson, L. Hutchings, G. Marska y D. Gianakouras. 1998. Long-term trends in the abundance and community structure of coastal zooplankton in the southern Benguela system, 1951–1996 *South African Journal Marine Science*, 19:317–332.
- YÁÑEZ, E., A. González y M. A. Barbieri. 1995. Estructura térmica del mar, asociado a la distribución espacio-temporal de sardina y anchoveta en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. *Investigaciones Marinas*, 23:123–147.

Este artículo es citado así:

González, L. W., N. Eslava, L. Troccoli y F. Guevara. 2016. Análisis de la pesquería artesanal de sardina (*Sardinella aurita*) en Venezuela. *TECNOCENCIA Chihuahua* 10(2):81-89.

## Resumen curricular del autor y coautores

**LEO WALTER GONZÁLEZ CABELLOS.** Biólogo Pesquero egresado de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Maestría en Ciencias Marinas mención Biología Pesquera del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Doctor en Ciencias Marinas del CINVESTAV-IPN, México. Profesor Titular e Investigador Nivel V del Instituto de Investigaciones Científicas, Universidad de Oriente desde 1981. Profesor del postgrado en Ciencias Marinas del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Ha publicado 2 libros y 47 Artículos científicos arbitrados, ponencias en congresos nacionales (14) e internacionales (24). Asesor de 27 tesis de Licenciatura en Biología Marina, 2 de Maestría y 1 de doctorado. Ha participado en 12 proyectos de investigación en las áreas de biología pesquera y evaluación de pesquerías. Reconocido como Investigador Nivel B por el Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Miembro Ordinario del Colectivo Internacional de Apoyo al Pescador Artesanal (CIAPA/ICSF) desde 2010. Especialista en socio economía de pesquerías artesanales.

**NORA ELIZABETH ESLAVA VARGAS.** Bióloga Pesquera egresada de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Maestría en Ciencias Marinas mención Biología Pesquera del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Doctora en Ciencias mención Ecología de la Universidad Central de Venezuela. Cursos de capacitación y adiestramiento en Evaluación de Recursos Pesqueros en la Universidad Autónoma de Campeche-EPOMEX, México, Instituto del Mar del Perú, Instituto Oceanográfico de Venezuela y Centro de Investigaciones Pesqueras de Cuba. Profesora Titular e Investigadora Nivel IV del Instituto de Investigaciones Científicas de la Universidad de Oriente desde 1993. Profesor del postgrado en Ciencias Marinas del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Ha publicado 3 libros y 35 Artículos científicos arbitrados, 51 ponencias en Congresos Nacionales e Internacionales. Asesora de 15 tesis de Licenciatura en Biología Marina. Ha participado en 10 proyectos de investigación en el área de evaluación de recursos pesqueros. Reconocida como Investigadora Nivel B por el Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Especialista en Dinámica de Poblaciones y Evaluación de Recursos Pesqueros.

**LUIS ERNESTO TROCCOLI GHINAGLIA.** Concluyó su licenciatura en 1981, año en que le fue otorgado el título de Licenciado en Biología Marina por la Universidad de Oriente (UDO). Realizó su postgrado en Venezuela, donde obtuvo el grado de Magister Scientiarum en Ciencias Marinas mención Biología Marina en 1989 por la Universidad de Oriente (UDO) y en México donde adquirió el grado de doctor en Ciencias en la especialidad de Ciencias Marinas en 2001 por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Profesor Titular e Investigador Nivel V del Instituto de Investigaciones Científicas, Universidad de Oriente desde 1981 y Profesor del postgrado en Ciencias Marinas del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Es miembro del sistema de Promoción al Investigador del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Nivel B 2011 y 2013. Su área de especialización es taxonomía y ecología del fitoplancton. Es autor de 60 artículos científicos y 3 capítulos de libros. Ha dirigido 35 tesis de Licenciatura en Biología Marina, 5 de maestría y 1 de doctorado. Ha participado en 10 proyectos de investigación en el área de ecología del fitoplancton, evaluación de impacto ambiental, proliferaciones masivas de fitoplancton y cambios climáticos. Actualmente jubilado y en estancia de investigación en el Instituto Nacional de la Pesca de Ecuador (Proyecto Prometeo).

**FRANCISCO JAVIER GUEVARA MERCHÁN.** Técnico Agropecuario Mención Zootecnia Marina, título obtenido en 1988 en La Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Venezuela. Desde año 2003 se desempeña como Asistente de Campo en el Área de Biología y Recursos Pesqueros del Instituto de Investigaciones Científicas de la Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta. Ha participado en proyectos de Investigación pesquera enmarcados en convenios de la Universidad de Oriente con instituciones nacionales y extranjeras. Es coautor de 1 libro sobre pesca artesanal y 10 artículos científicos en revistas indexadas de divulgación internacional. Ha participado en 8 proyectos de investigación en el área de biología pesquera. Reconocido como Investigador Nivel A1 por el Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación desde el 2011 hasta la fecha.

# Germinación y evaluación de *Sporobolus airoides* para la fitorremediación de aguas residuales con altas concentraciones de NaCl

Germination and evaluation of *Sporobolus airoides* for the phytoremediation of wastewater with high concentration of NaCl

KARINA IVETTE GUZMÁN-MUÑOZ<sup>1</sup>, EDITH FLORES-TAVIZÓN<sup>1,3</sup>  
Y GERMÁN CUEVAS-RODRÍGUEZ<sup>2</sup>

Recibido: Diciembre 7, 2015

Aceptado: Febrero 29, 2016

## Resumen

Las aguas residuales de la industria de tenería, láctea y farmacológica (heparina sódica) contienen altas concentraciones de NaCl, por lo que resulta costoso su tratamiento mediante las técnicas convencionales. Es por ello que en esta investigación se propone una alternativa para la remoción de sales mediante el proceso de fitorremediación. El objetivo de este trabajo fue evaluar la germinación y el comportamiento de la especie vegetal *Sporobolus airoides* (SAI) como fitorremediadora para la remoción de NaCl mediante experimentos a nivel laboratorio. En la etapa I del experimento se determinó el método de germinación más eficiente, utilizando solución nutritiva Hoagland (SNH) y cuatro métodos de germinación. En la etapa II, las plantas fueron trasplantadas en tres medios de soporte (perlita agrícola, espuma oasis y pellets) con las soluciones problema de NaCl a diferentes concentraciones (0.034, 0.342, 0.686 y 1.028 M) y el blanco. En esta etapa, los parámetros evaluados al inicio y a los 15 días de contacto fueron: porcentaje de germinación, número de hojas, elongación radicular, potencial hídrico y conductividad eléctrica (CE) en las soluciones problema. En cada experimento y en cada réplica se utilizaron 10 plantas de la especie SAI. El resultado más eficiente fue el método de germinación 4 (ver en apartado de metodología). El porcentaje de remoción que se logró disminuir en las soluciones problema fue el 20% de NaCl. La especie *Sporobolus airoides* fue capaz de sobrevivir en ambientes salinos de 1.028 M de NaCl durante 15 días, lo cual la hace una especie potente para la fitorremediación de efluentes contaminados con altas concentraciones de este compuesto.

**Palabras clave:** *Sporobolus airoides*, cloruro de sodio, estrés, fitorremediación, halófilas, salinidad.

## Abstract

Wastewater from industries as tannery, dairy products and pharmacology (sodium heparine), have high concentrations of NaCl, consequently, it represents high cost of treatment by a traditional technique. Thus this research proposes an alternative way to remove salts, through phytoremediation process. The aim of this research was to evaluate germination and behavior of the plant species *Sporobolus airoides* (SAI) as phytoremediation agent for NaCl removal by laboratory experiments. In stage I of the experiment, the most effective germination method using Hoagland Nutrient Solution (HNS) and four methods of germination. In stage II, the plants were transplanted into three support media (agricultural perlite, oasis sponge and pellets) and stock solutions concentration of NaCl 0.034, 0.342, 0.686 y 1.028 M, and control. At this stage, the parameters as germination percentage, number of leaves, root elongation, hydric potential, electrical conductivity (EC) had been measured and evaluated at the beginning and after 15 days of contact with 10 plants of SAI. The most efficient result was the germination method 4 (see methods and materials). The remotion percentage reached by this specie was 20% of NaCl. The species *Sporobolus airoides* was able to survive in saline environments of 1.028 M of NaCl during 15 days, which makes it a potent species for the phytoremediation of polluted effluents with high concentrations of NaCl.

**Keywords:** *Sporobolus airoides*, sodium chloride, halophytes, stress phytoremediation, salinity.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Avenida del Charro s/n, Colonia Universidad, Ciudad Juárez, Chih., México. CP 32000. Tel: (656) 688-4846, Fax: (656) 688-4846.

<sup>2</sup> Universidad de Guanajuato. Departamento de Ingeniería Civil División de Ingenierías, Campus Guanajuato. Avenida Juárez, Colonia Centro. CP 36000. Tel: (473) 102-0100, ext. 2292, Fax: (473) 102-0100, ext. 2230.

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: ledflores@uacj.mx.

## Introducción

La salinidad es uno de los problemas de contaminación que se presenta en el agua en diversas regiones del país debido a descarga de efluentes con muy altas concentraciones de sales provenientes de industrias como por ejemplo, tenerías, productoras de lácteos y farmacológica, en las cuales prevalece la presencia del compuesto cloruro de sodio (NaCl). En el centro de la República Mexicana, en especial el municipio de León, Gto., la producción de piel representa el 67% a nivel regional (INEGI, 2007). Esta región ocupa el tercer lugar a nivel nacional en la elaboración de productos lácteos de origen caprino y el sexto en productos de origen bovino, con una producción total entre 24 y 675 millones de litros, respectivamente (OEIDRUS, 2010).

La caracterización de efluentes de aguas residuales provenientes de tenerías, productos lácteos y así como la producción del anticoagulante denominado heparina sódica, medicamento utilizado ampliamente en el tratamiento de enfermedades como la trombosis o tromboembolismo pulmonar, entre otros (Arias *et al.*, 2004), muestran concentraciones de NaCl entre 15,000 y 30,000 mg/L (0.514 y 1.028 M respectivamente) y algunas veces hasta 40,000 mg/L (Vidal, *et al.*, 2003; Lofrano *et al.*, 2013). Las altas concentraciones de NaCl en efluentes de aguas residuales crudas pueden ocasionar problemas a la infraestructura de los sistemas de tratamiento, así como a los cuerpos receptores; por lo que es importante proponer tecnologías alternativas de bajo costo, como la fitorremediación, para la remoción del NaCl presente en estos efluentes industriales. Esta tecnología se basa en el uso de plantas para la remoción de un contaminante, ya sea en suelo o en agua.

Este proceso se ha llevado a cabo desde tiempos muy remotos de forma natural, en los pantanos y humedales, sin embargo, diversos trabajos de investigación como los de Khan y Weber (2008), Marcum (1999) y Qadir *et al.* (2005), muestran que la especie vegetal *Sporobolus airoides* (SAI), es altamente tolerante a la salinidad (por encima de 0.034 M de NaCl), y también se ubica por encima del rango de tolerancia a la salinidad, por lo que ha sido evaluada para remediar suelos deteriorados por el exceso de sales.

Una de las principales características de la especie SAI es que crece en lugares temporalmente inundados y con altas concentraciones de sales en regiones desérticas del norte de la República Mexicana (Royo y Melgoza, 2001). El rango de temperaturas en las que se desarrolla se encuentra entre 12 °C mínima y de 32 °C máxima. Su extensión territorial comprende desde el oeste de Estados Unidos hasta el centro de México (Rzedowski, 2001).

La especie SAI forma parte del grupo de las halófilas, plantas que crecen en suelos salinos. En investigaciones realizadas por Khand y Gul (2008) demostraron que este tipo de plantas lograban germinar y crecer en 1.7 M de NaCl, distribuyendo el sodio por toda su estructura y soportando una cantidad elevada de sales en su organismo.

Debido a la gran capacidad de adaptación que presentan este tipo de plantas halófilas frente a cambios hiperosmóticos en su ambiente de crecimiento, son unas fuertes candidatas para la fitorremediación del compuesto NaCl (Flowers *et al.*, 2010), así como también para forraje y mejoradoras de suelo, ya que requieren de poca irrigación para su crecimiento (Flowers *et al.*, 2010, Bressan *et al.*, 2013; Cheeseman, 2013).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la germinación y el comportamiento de la especie *Sporobolus airoides*, cultivada en el desierto de Chihuahua, Chih., como especie fitorremediadora para la remoción de NaCl presente en aguas residuales.

## Materiales y métodos

### Obtención de semillas

Las semillas de la especie *Sporobolus airoides* fueron donadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

### Germinación

La germinación se llevó a cabo en una solución nutritiva Hoagland (SNH). La composición se muestra en el Cuadro 1. La determinación del porcentaje de germinación se calculó con la ecuación 1.

$$\% \text{ Germinación} = \frac{\text{semillas germinadas}}{\text{total de semillas}} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

**Cuadro 1.** Componentes en 0.5 L de la Solución Nutritiva Hoagland (Pedroza, 2010).

| Compuesto   | Notas  | g        |
|---|--|----------|
| Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O |  | 4.2172   |
| CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O                 |  | 15.7146  |
| MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O                 |  | 188.9900 |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                       |  | 6.5929   |
| KNO <sub>3</sub>                                      |  | 1.2925   |
| H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                        | Preparados en el mismo recipiente                            | 0.0714   |
| MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O                 |  | 0.0390   |
| MoO <sub>3</sub>                                      |  | 0.0008   |
| CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O                 |  | 0.0054   |
| Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> · 9H <sub>2</sub> O | Almacenado en un recipiente ámbar para evitar su degradación | 0.2040   |
| Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O |  | 0.0056   |

Los métodos de germinación que a continuación se describen fueron seleccionados para asemejar el ambiente en el cual la especie SAI se desarrolla en su hábitat natural, así como también experimentar si lograba crecer en ambientes de temperatura y humedad diferentes a su medio natural.

**Método de germinación 1.** Las semillas de la especie SAI se colocaron en cajas petri con 5 mL de SNH (0.065g/placa). Posteriormente, se introdujeron en una incubadora (Marca Binder) a 22 °C durante 7 días. En este periodo de tiempo, se le agregó SNH a las cajas petri cada 24 h.

**Método de germinación 2.** Se colocaron dos lotes de 0.065 g de semillas SAI sobre dos trozos de papel de celulosa de 30 cm de largo por 20 cm de ancho, humedecidos con SNH. Posteriormente, se enrollaron los trozos de papel, se doblaron de uno de los extremos y se colocaron dentro de una gaveta del laboratorio a condiciones ambientales (25 °C) y sin luz. Se agregó 5 mL de SNH cada 24 h, durante 7 días (Gardea-Torresdey *et al.*, 2003; Sangabriel *et al.*, 2006).

**Método de germinación 3.** Se colocaron dos lotes de 0.065 g de semillas SAI sobre dos trozos de papel de celulosa de 30 cm de largo por 20 cm de ancho, humedecidos con SNH. Se enrollaron los trozos de papel, se doblaron de uno de los extremos y se colocaron dentro de una gaveta del laboratorio a condiciones ambientales (25 °C) con 8 horas luz y 12 horas sin luz, se agregó 5 mL de SNH cada 24 h durante 7 días (Ostler *et al.*, 2002; Sangabriel *et al.*, 2006).

**Método de germinación 4.** Se ajustó el pH de la SNH a tres unidades distintas (5.5, 6.0, 6.5) con HCl 0.05 N o NaOH 0.1 N según fue el caso. Se pesó aproximadamente 0.1 g de SAI y se colocaron en cajas petri. Se realizaron cinco réplicas por cada unidad de pH, a 20 °C por la noche y 35 °C en el día. Se monitoreó diariamente durante 15 días y se agregó 5 mL de SNH a cada caja petri (Sangabriel *et al.*, 2006).

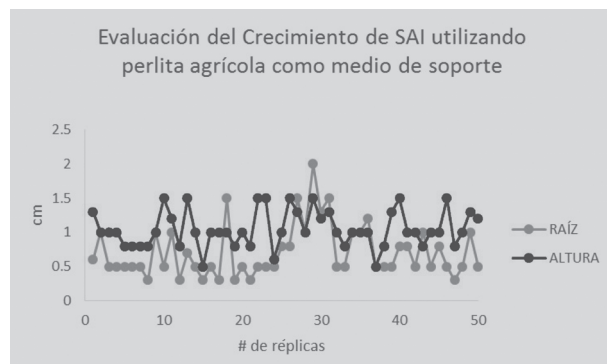
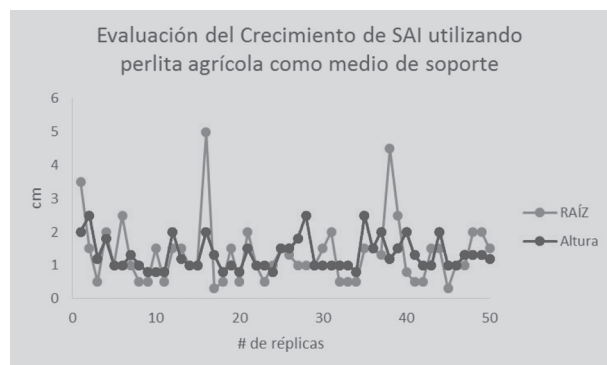
### Crecimiento

A partir de las cuatro semanas de crecimiento de las plántulas, se probaron tres medios de soporte perlita, espuma floral Marca Oasis® y pellets (pastillas de peatmoss). Se utilizaron cuatro concentraciones de NaCl (0.034, 0.342, 0.686 y 1.028 M) (Vidal, *et al.*, 2003; Lofrano *et al.*, 2013) y un blanco como



control. Se observó y registró la elongación radicular y foliar de las plantas (Figura 1) y para el medio de soporte con pellets (Figura 10). Se determinó el potencial hídrico, conductividad eléctrica al inicio y a los 15 días de contacto entre las plantas con las soluciones salinas en los tres medios de soporte.

**Figura 1.** Evaluación del comportamiento de SAI en perlita agrícola (arriba) y en espuma oasis (abajo).



El potencial hídrico ( $\psi$ ) se determinó a través del método gravimétrico, se registró el peso antes y después de un periodo de contacto, con 5 mL de solución salina y tres plantas de SAI por réplica (fueron tres réplicas) y por cada concentración. Se eliminó el exceso de humedad de las plantas con papel traza y se procedió a pesarlas. Pasada 1 h de contacto se retiraron las plantas, se volvió a eliminar el exceso de humedad y se registró el peso final; por diferencia de los pesos se realizó el análisis de resultados mediante una gráfica de pérdida o ganancia de peso con respecto a la concentración del NaCl. La conductividad eléctrica se midió en las soluciones antes de ser vertidas

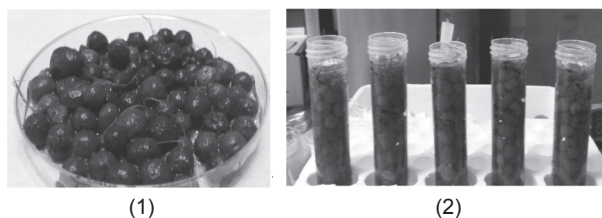
en los medios de soporte utilizando un electrodo Thermo Scientific, calibrado con el estándar de 12.9 mS/cm, de la Marca Orion.

#### Características del medio de soporte.

##### Perlita

Se utilizaron 35 g de perlita agrícola, con un tamaño promedio de 0.01 m de diámetro, se colocaron en cajas Petri y en tubos falcon de 50 mL como se observa en la Figura 2-1 y Figura 2-2 respectivamente.

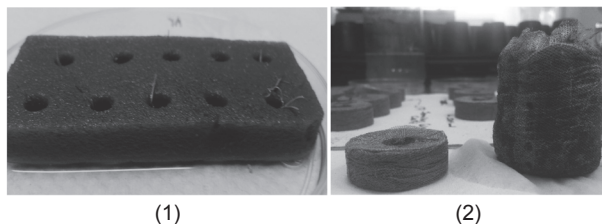
**Figura 2.** Perlita agrícola utilizada como medio de soporte en caja Petri (1) y en tubos de centrifuga (2).



##### Espuma floral

El crecimiento de las plántulas se realizó en espuma floral marca Oasis®. En la Figura 3-1 se observan las 10 plantas de SAI, las cuales se colocaron en un trozo de espuma floral de 7.5 cm largo x 3.5 cm de ancho x 1 cm alto; y se agregaron 30 mL de cada una de las soluciones problema de NaCl.

**Figura 3.** Espuma floral utilizada como medio de soporte (1). Peatmoss en forma de pellets antes y después de la hidratación con SNH (2).



##### Pellets

Se utilizaron pellets elaborados a base de comprimidos de peatmoss, de 0.015 m de alto y 0.05 m de diámetro, que al hidratarse con 25 mL de SNH aumentaron hasta 0.07 m de alto (Figura 3-2).

### Análisis de resultados

El análisis de los resultados se llevó a cabo mediante la determinación de medias y gráfica de histogramas con curvas de distribución normales, las cuales se realizaron con el paquete estadístico Minitab versión 17 (Núñez, et al., 2007).

### Resultados y discusión

Los resultados obtenidos del método 1 de germinación se observan en la figura 4-1. En esta figura se puede ver que las semillas de SAI generaron raíz y presentaron poca actividad fotosintética, lo cual se asocia la pérdida de color de la parte foliar. Los resultados de los métodos 2 y 3 de germinación se muestran en las figuras 4-2 y 4-3, en estas figuras se puede observar que las semillas presentaron el mismo aspecto después de los 7 días de germinación. Las semillas que germinaron mediante estos dos métodos desarrollaron hojas y raíz, otras se observaron de color negro y con aspecto quemado, sin embargo, no se ven turgentes para ser utilizadas en la etapa II.

Los resultados obtenidos del método 4 de germinación se muestran en la figura 5-1, 5-2 y 5-3. En estas figuras se observa las semillas de las SAI que fueron colocadas para su germinación a un pH del medio de 5.5, 6.0 y 6.5. Estas

muestras fueron realizadas por quintuplicado. En la figura 5-4, 5-5, y 5-6 se muestran las réplicas 1 de cada uno de los pH mencionados anteriormente. Se observó que modificando el pH se obtiene un mayor crecimiento de la especie SAI.

En el método 1 solo se desarrolló la raíz y las hojas no fueron turgentes ni abundantes como en el método 4. Mediante el método 4 se obtuvo un porcentaje de germinación del 70%, porcentaje aceptable según el criterio Knipe, 1967; sin embargo, en el método en el cual el porcentaje de germinación del 70%, solo se mejoró la apariencia como se observa en las figuras 5-4, 5-5 y 5-6.

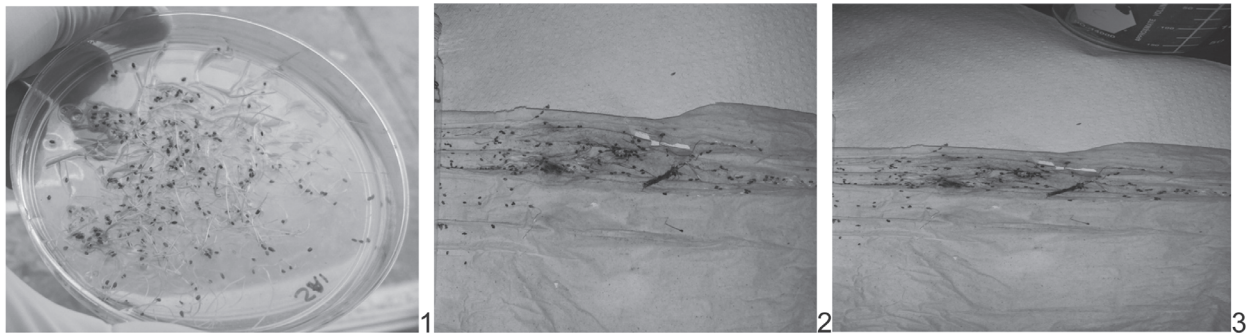
En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos a partir del desarrollo de la estadística descriptiva, para el procesamiento de los datos, con lo que se observa que la cantidad de semillas germinadas en la que se obtuvo un mayor número fue a los 38 días de edad. Sin embargo, la mayor longitud de la raíz fue a los 31 días de edad.

Basados en los resultados que se muestran en el Cuadro 2, la variable N difiere debido a que algunas semillas se encontraban en fase de letargo, bajo las mismas condiciones ambientales (22 °C, 30% de humedad) por lo que no se obtuvo un 30% como mínimo para cumplir el criterio establecido por Knipe (1967).

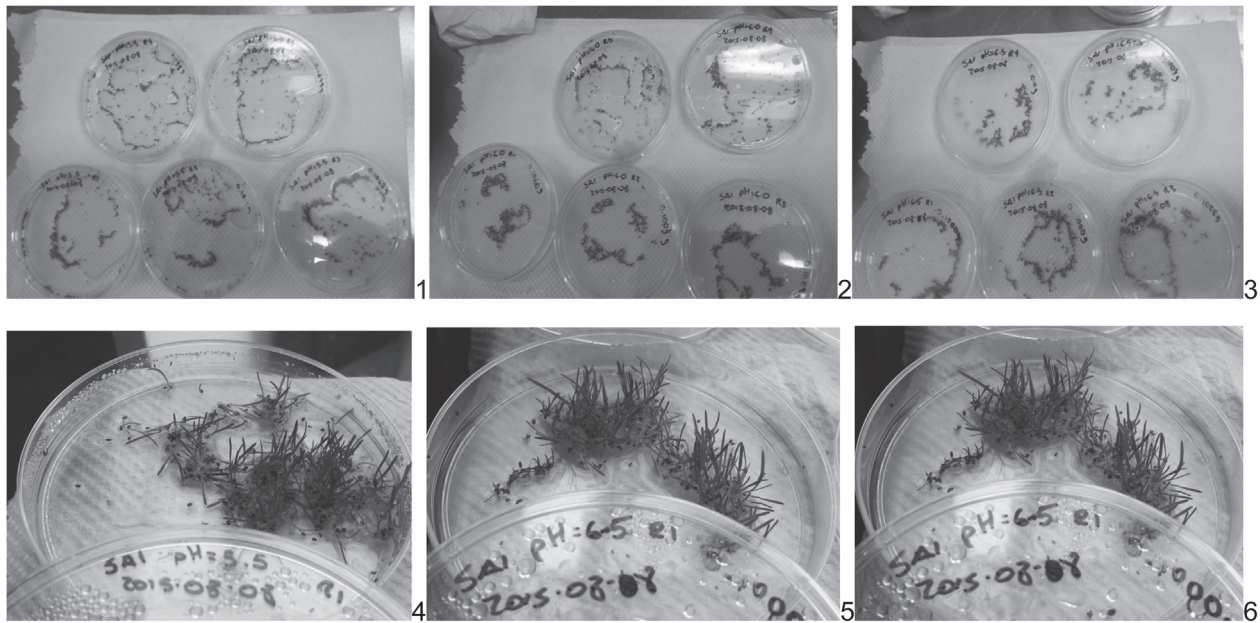
**Cuadro 2.** Estadística descriptiva del número de hojas y elongación de la raíz (cm) a los 31, 35, 38 y 39 días de edad de la especie vegetal *Sporobolus airoides*.

| Estadísticos descriptivos | Edad de la planta (días) |                       |           |                       |           |                       |           |                       |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|
|                           | 31                       |                       | 35        |                       | 38        |                       | 39        |                       |
|                           | No. hojas                | Longitud de raíz (cm) | No. hojas | Longitud de raíz (cm) | No. hojas | Longitud de raíz (cm) | No. hojas | Longitud de raíz (cm) |
| N (semillas)              | 94                       | 94                    | 25        | 25                    | 113       | 113                   | 41        | 41                    |
| Media                     | 2.383                    | 2.769                 | 2.16      | 1.128                 | 2.0088    | 0.9071                | 1.976     | 2.541                 |
| Mínimo                    | 1                        | 0.5                   | 1         | 0.1                   | 1         | 0.1                   | 1         | 0.1                   |
| Máximo                    | 4                        | 9                     | 4         | 3                     | 4         | 4                     | 4         | 5                     |

**Figura 4.** Imagen del método de germinación 1 a los 7 días de incubación (1), imagen del método de germinación 2 (2) y la imagen del método de germinación 3 (3).



**Figura 5.** Imagen del método 4 de germinación en donde 1, 2 y 3 corresponden a las cinco réplicas de cada pH utilizado; 4, 5, y 6 a la réplica 1 de cada unidad de pH.



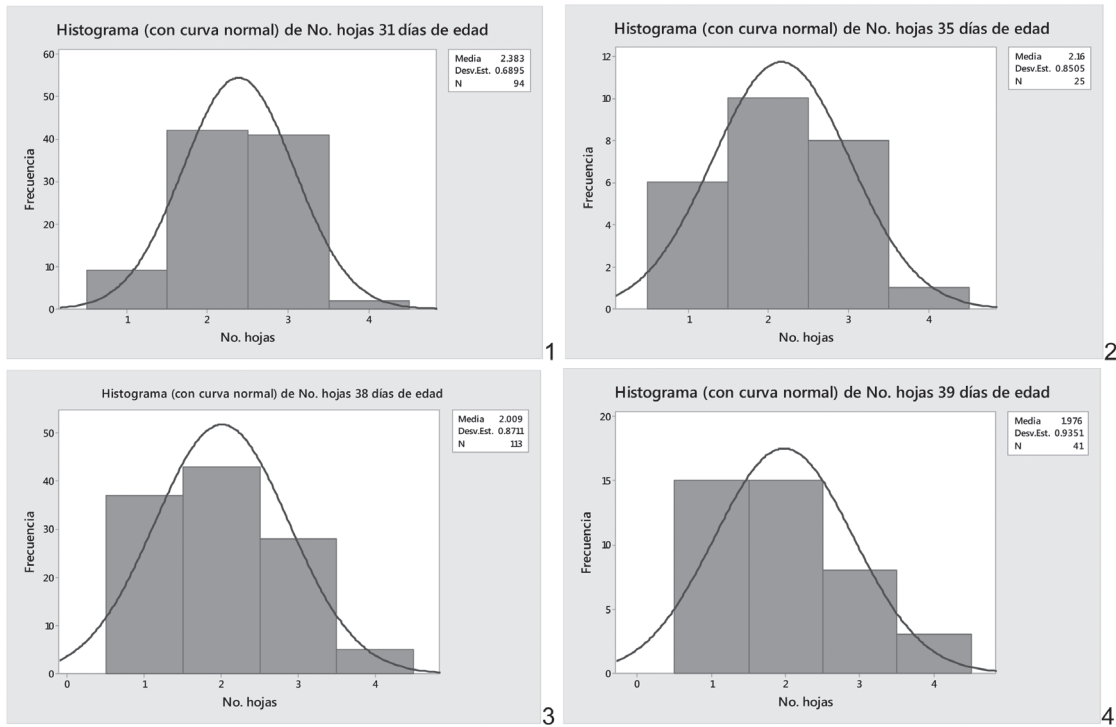
#### Etapa de crecimiento

El monitoreo del crecimiento de las plantas de la especie SAI a los 31, 35, 38 y 39 días de edad, mostraron que no hubo un aumento significativo en el tamaño de las hojas y en la elongación de las raíces, al haber regado las plantas con SNH. En las Figuras 6 y 7 se muestran las curvas normales del crecimiento del número de hojas y la elongación de la raíz de la especie vegetal SAI.

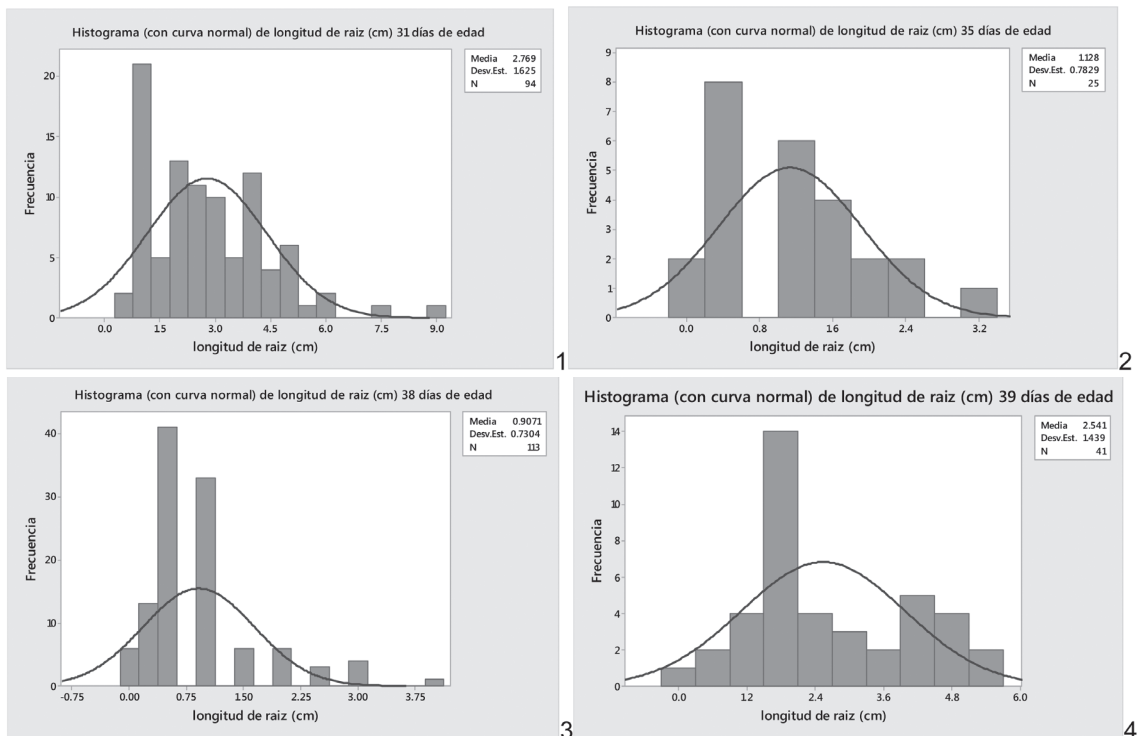
El efecto del crecimiento de SAI con respecto

al número de hojas evaluadas a cuatro edades diferentes, mostraron un comportamiento normal como se observa en las gráficas 1, 2, 3, 4, de la Figura 6. Se observa que el número promedio de hojas que se desarrollaron por planta fueron en promedio 2 y 3 hojas a los 31 y 35 días de edad respectivamente; mientras que a los 38 y 39 días de edad fueron en promedio 1 y 2 hojas, lo cual demostró en este experimento que la edad de la planta fue independiente al número de hojas desarrolladas durante la etapa de germinación.

**Figura 6.** Histograma con curva normal del número de hojas (1, 2, 3, 4) de *Sporobolus airoides* a los 31, 35, 38 y 39 días de edad, respectivamente.



**Figura 7.** Histograma con curva normal de la longitud de la raíz (1, 2, 3, 4) de *Sporobolus airoides* a los 31, 35, 38 y 39 días de edad, respectivamente.



Según Lane *et al.*, 2014, las plantas halófilas monocotiledóneas como *Sporobolus airoides* completan su ciclo de vida a 0.05-0.10 M de NaCl, sin embargo, durante el presente estudio la concentración utilizada sobrepasó lo reportado por el autor antes mencionado, y a pesar de ello las plantas lograron crecer y presentar una apariencia turgente, a concentraciones mayores de 0.10 M de NaCl.

Se observó también que a concentraciones de 0.80 M de NaCl, las condiciones fisiológicas cambian a tal grado que el Na<sup>+</sup> disminuye su concentración en las raíces y aumenta en las hojas por lo que se forman cristales como se observa en la Figura 9-4, donde el cloruro de sodio había sido secretado por las plantas. Este comportamiento también fue observado por De Araujo *et al.* (2006).

En las primeras cuatro semanas de crecimiento de *Sporobolus airoides*, la raíz de la planta logró desarrollarse, sin embargo, llegó a un punto en el que su desarrollo se detuvo, y esto se debe a la necesidad de nutrientes en las distintas etapas de crecimiento de las especies vegetales (Azcón-Bieto y Talón, 2000) como se observa en la Figura 7. La longitud media de la raíz que predominó fue 2.7 cm a los 31 días.

Analizando ambos comportamientos del número de hojas en la Figura 6 y la elongación de las raíces en la Figura 7, no se observó relación con respecto a la edad de las plantas, ya que a partir de los 31 días de edad las plantas no crecían, por lo tanto el número de hojas de las cuales solo algunas plantas desarrollaron 4 hojas, la media fue 2 hojas; y la longitud de las raíces 9 cm, mientras que la media fue 3 cm de largo.

Una de las razones de inhibición en el desarrollo de las hojas se debe a que el Na<sup>+</sup> se acumula en las mismas plantas. Shelef *et al.*, (2012) reportaron una acumulación del 80% del Na<sup>+</sup> en las hojas, por lo tanto, si SAI al pertenecer a las mismas condiciones climáticas tiende a utilizar este tipo de mecanismo como una adaptación natural y de sobrevivencia, con estrés ocasionado por Na<sup>+</sup> tolerándolo y sin detener su crecimiento.

### Potencial hídrico

Los resultados obtenidos de la determinación del potencial hídrico se observan en el Cuadro 3. Se observa que las plantas mostraron un comportamiento descendiente en la diferencia de peso conforme aumentaba la concentración de NaCl y el potencial hídrico se hacía más negativo. Esto quiere decir que al ir aumentando las concentraciones de NaCl, le costaba más trabajo a la planta suministrar una unidad de masa de agua ligada a los tejidos de la misma y transformarla en agua libre para que sea absorbida y transportada a la parte aérea (Azcón-Bieto y Talón, 2000). En la Figura 8 se puede observar el comportamiento de las plantas de SAI con respecto a la concentración de NaCl y el promedio del cambio de peso en las plantas.

**Cuadro 3.** Resultados del potencial hídrico mediante método gravimétrico reportando el cambio de peso en las tres réplicas.

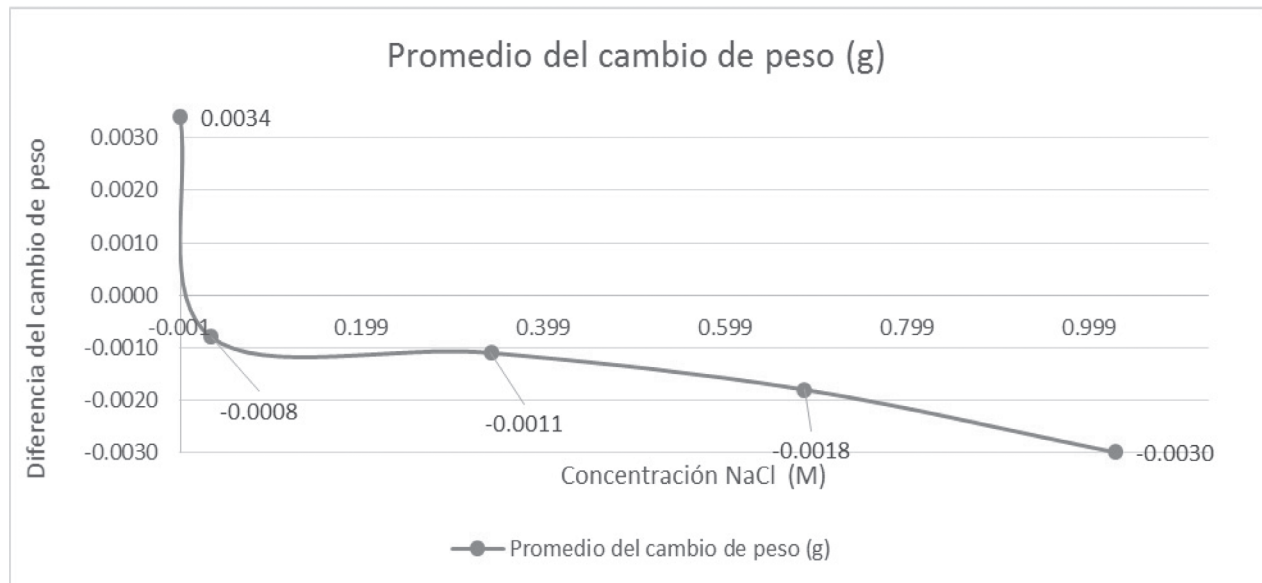
| (Réplica 1)               |              |            |                 |
|---------------------------|--------------|------------|-----------------|
| Concentración de NaCl (M) | Peso Inicial | Peso Final | Peso F - Peso I |
| Blanco (SNH)              | 0.0026       | 0.0110     | 0.0084          |
| 0.034                     | 0.0057       | 0.0037     | -0.0020         |
| 0.342                     | 0.0054       | 0.0023     | -0.0031         |
| 0.686                     | 0.0068       | 0.0036     | -0.0032         |
| 1.028                     | 0.0096       | 0.0025     | -0.0071         |
| (Réplica 2)               |              |            |                 |
| Blanco (SNH)              | 0.0050       | 0.0057     | 0.0007          |
| 0.034                     | 0.0040       | 0.0019     | -0.0021         |
| 0.342                     | 0.0053       | 0.0043     | -0.0010         |
| 0.686                     | 0.0036       | 0.0020     | -0.0016         |
| 1.028                     | 0.0054       | 0.0040     | -0.0014         |
| (Réplica 3)               |              |            |                 |
| Blanco (SNH)              | 0.0030       | 0.0041     | 0.0011          |
| 0.034                     | 0.0061       | 0.0037     | -0.0024         |
| 0.342                     | 0.0022       | 0.0030     | 0.0008          |
| 0.686                     | 0.0027       | 0.0021     | -0.0006         |
| 1.028                     | 0.0037       | 0.0031     | -0.0006         |

La evaluación de los medios de soporte y el comportamiento de las plantas por estrés salino, fue que en la espuma floral hubo formación de hongos en las concentraciones 0.034 M (1000 mg/L) de NaCl y el blanco (Figura 9-1). Por otro lado, en las concentraciones 0.342 y 0.686 M (10000 y 20000 mg/L respectivamente) de NaCl no presentaron formación de hongos (Figura 9-2). En la perlita se observó que en el blanco se formaron algas (Figura 9-3), mientras que en las concentraciones 0.034,

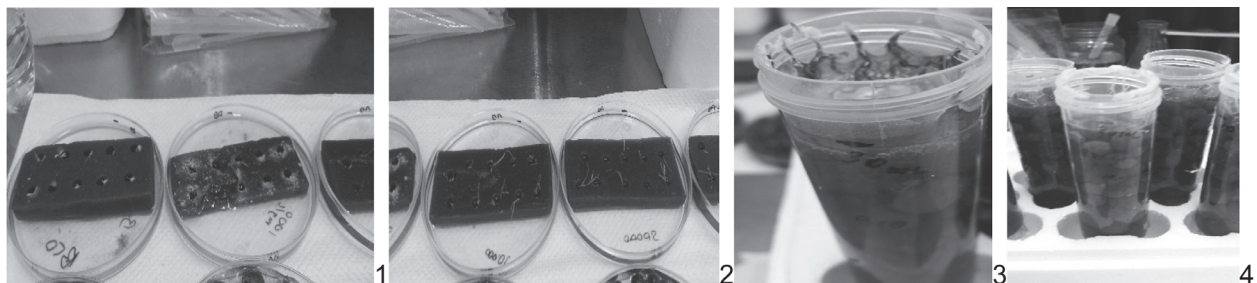
0.342, 0.686 y 1.028 M de NaCl no hubo formación de las mismas (Figura 9-4).

En los pellets se observó un mejor tamaño y turgencia en comparación con los otros dos medios de soporte posterior a los 31 días de crecimiento; sin embargo, con este medio de soporte se complicó medir el cambio en la concentración del NaCl en las soluciones problema. En la Figura 10 se observa la apariencia de las plantas en los pellets.

**Figura 8.** Promedio del cambio de peso en la determinación del potencial hídrico mediante el método gravimétrico.



**Figura 9.** Esponja oasis (1, blanco y 0.034 M), sin desarrollo de organismos (2, 0.342 y 0.686 M de NaCl), crecimiento de algas en el blanco (3), sin formación de algas a partir de 0.034 M de NaCl (4).



Los resultados obtenidos de las mediciones de conductividad eléctrica (CE) mostraron que a los 15 días de haber estado en contacto las plantas con las soluciones problema de NaCl a diferentes concentraciones, disminuyó la conductividad eléctrica en las réplicas 1 y 3 en promedio, 10.92 y 0.716 mS/cm respectivamente; mientras que en la réplica 2 aumentó en promedio 3.57 mS/cm, en la que su equivalencia en molaridad de NaCl fue 0.210, 0.014 y 0.068 M respectivamente.

**Figura 10.** Pellets de peatmoss con plantas de *Sporobolus* después de los 31 días de evaluación.



## Conclusiones


*Sporobolus airoides* logró germinar con mayor eficiencia con el método 4, en el cual se obtuvo un 70% de germinación. En la etapa de germinación, la edad no se relacionó con el número de hojas desarrolladas ni tampoco con la elongación de la raíz. Esta planta fue capaz de disminuir una concentración de NaCl de 0.210 M (6000 mg/L) en promedio como máximo, durante los 15 días de contacto planta-soluciones problema y desarrolló en promedio dos hojas por planta con un largo de raíz máximo de hasta 9 cm.

## Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez por haberme recibido dentro de su programa de Maestría en Ingeniería Ambiental, así como también a la Universidad de Guanajuato, por su apoyo en el desarrollo de esta investigación y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)

## Literatura citada

- AZCÓN-BIETO, J. y Talón, M. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal, Editorial Mc Graw Hill Interamericana, Edicions Universitat de Barcelona, Capítulo 4 Transporte de Agua y Balance Hídrico en la Planta, pp. 45-64.
- BAJJI, M., Kinet, J.M., Lutts, S. 1998. Salt stress effects on roots and leaves of *Atriplex halimus* L. and their corresponding callus cultures. *Plant Science*, 137:131-142.
- BRESSAN, R.A., Park, H.C., Orsini, F., Oh, D., Dassanayake, M., Inan, G., Yun, D.-J., Bohnert, H.J., Maggio, A., 2013. Biotechnology for mechanisms that counteract salt stress in extremophile species: a genome-based view. *Plant Biotechnol.*, 7:27-37.
- CHEESEMAN, J.M., 2013. The integration of activity in saline environments: problems and perspectives. *Funct. Plant Biol.*, 40:759-774.
- DE ARAÚJO, S.A.M., Silveira, J.A.G., Almeida, T.D.A., Rocha, I.M.A., Morais, D.L., Viegas, R.A. 2006. Salinity tolerance of halophyte *Atriplex nummularia* L. Grown under increasing NaCl levels. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 10:848-854.
- FLOWERS, T.J., Galal, H.K., Bromham, L., 2010. Evolution of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plants. *Funct. Plant Biol.* 37:604-612.
- INEGI. 2007. [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados\\_Agricola/](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/), 20/06/2015.
- GARDEA, J.L., Peralta, J.R., Montes, M., De la Rosa, G., Corral, B. 2003. Bioaccumulation of Cadmium, Chromium and Copper by *Convolvulus arvensis* L.: Impact on Plant Growth and Uptake of Nutritional Element. *Bioresource Technology*, 92:229-235.
- KHAND, M.A. y Gul, B. 2008. Halophyte Seed Germination, Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants, Springer Science, Department of Botany, University of Karachi, Pakistan, pp.11-30.
- KHAN, M.A. and Weber, D.J. 2008. Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants, Chapter 2 Halophyte Seed Germination, Chapter 11 Saline Tolerance Physiology in Grasses, Editorial Springer, pp. 16, 71, 98, 158-159.
- LOFRANO, G., Meriç, S., Zengin, G.E., Orhon, D. 2013. Chemical and Biological Treatment Technologies for Leather Tannery Chemicals and Wastewaters: A review. *Science of the Total Environment*, (461-462):265-281.
- MARCUM, K.B., and Pessaraki, M. 2006. Relative Salinity Tolerance and Salt Gland Excretion Efficiency of Bermuda Grass Turf Cultivars. *Crop Science* 46: 2571-2574.
- OFICINA ESTATAL DE INFORMACIÓN OEIDRUS GUANAJUATO, Con bases de información de la delegación estatal SAGARPA, SIAP e INEGI. Febrero 16 de 2010.
- OSTLER, W.K., Anderson, D.C., Hansen, D.J., Hall, D.B. 2002. Pre-treating Seed to Enhance Germination of Desert Shrubs. Strategic Environmental and Development Program, DOE/NV/11718-715.
- PEDROZA, S.A. 2010. Identificación y Caracterización de una Especie Vegetal Nativa de Ciudad Juárez, Chih., con Potencial Fitorremediador de Arsénico del Agua, Tesis de Maestría, México, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Campus Instituto de Ingeniería y Tecnología.
- QADIR, M., Noble, A.D., Oster, J.D., Schubert, S., Ghafoor, A. 2005. Driving forces for sodium removal during phytoremediation of calcareous sodic soils. *Soil Use Management* 21:173-180.

- RZEDOWSKI, G.C. y J. Rzedowski. 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- ROYO-MÁRQUEZ, M.H. y Melgoza, A. 2001. Listado Florístico del Campo Experimental La Campana y Usos de Flora. Técnica Pecuaria, México, Volumen 39, pp. 105-126.
- SANGABRIEL, W., Ferrerira, C.R., Trejo, A.D., Mendoza, L.M., Cruz, S.S., López, O.C., Delgadillo, M.J., Alarcon, A. 2006. Tolerancia y Capacidad de Fitorremediación de Combustóleo en el Suelo por Seis Especies Vegetales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 2:63-73.
- SHELEF, O., Gross, A., Rachmilevitch, S. 2012. The use of *Bassia indica* for salt phytoremediation in constructed wetlands. *Water Research*, 46:3967-3976.
- VIDAL, G., Nieto, J., Márquez, F., Mansilla, H., Bornhardt, C. 2003. Combinación de Procesos Biológicos y de Oxidación Avanzada para el Tratamiento de una Corriente de Proceso de la Industria de Curtiembre, *Agua Latinoamérica*, pp. 10-13. 

---

Este artículo es citado así:

Guzmán-Muñoz, K. I., E. Flores-Tavizón y G. Cuevas-Rodríguez. 2016. Germinación y evaluación de *Sporobolus airoides* para la fitoremediación de aguas residuales con altas concentraciones de NaCl. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 10(2):90-100.

## Resumen curricular del autor y coautores

**KARINA IVETTE GUZMÁN MUÑOZ.** Terminó su licenciatura en 2012, año en que le fue otorgado el título de Licenciada en Química por el Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Realizó su posgrado en Ciudad Juárez, Chih., donde obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería Ambiental en 2016 por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Desde 2013 labora en el Laboratorio de Calidad del Agua para la Junta Municipal de Aguas y Saneamiento de Ciudad Juárez y posee la categoría de Químico A. En el 2016 regresó a la misma empresa ocupando el cargo de Coordinador de Aseguramiento de Calidad en el mismo laboratorio. Ha sido acreditada en la determinación de metales pesados por técnicas espectrofotométricas. Su área de especialización es tratamiento y caracterización de agua potable, residual y residual tratada. Es autora de 1 artículo científico, dos memorias de investigación, 5 ponencias en congresos nacionales e internacionales, con dos premios en la categoría de cartel en la ciudad de Chihuahua; además ha impartido 1 conferencia en materia de calidad del agua por invitación.

**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. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), Nivel 1 y cuenta con el perfil PRODEP. Tiene el título 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, Dgo. 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 relacionadas a 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.

**GERMÁN CUEVAS RODRÍGUEZ.** Profesor-Titular C, Tiempo Completo en la Universidad de Guanajuato. Participa como profesor en los programas de Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Maestría en Ciencias del Agua y Doctorado en Ciencia y Tecnología del Agua en la División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato. Actualmente funge como Coordinador del Doctorado en Ciencia y Tecnología del Agua. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), Nivel 1 y cuenta con el perfil PRODEP. Tiene el título de Doctor en Ingeniería Ambiental, por la Universidad de Cantabria, España, la Maestría en Ingeniería Ambiental en la DEPI-UNAM en México e Ingeniero Bioquímico con especialidad en Alimentos por el Tecnológico de Culiacán, Sinaloa. Además tiene una estancia Posdoctoral en el Departamento de Biotecnología e Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica de Creta, Grecia. Sus líneas de investigación principales son el tratamiento y reúso de aguas residuales aplicando procesos biológicos, la aplicación de simbiosis y ecología industrial y en los últimos años ha incursionado en el desarrollo de la nanotecnología y el medio ambiente. Es miembro de la Internacional Water Federation (IWA) desde el 2002. Ha impartido alrededor de 100 conferencias en temas relacionados al medio ambiente y ha desarrollado proyectos de ciencia básica, innovación y algunos con industrias del sector agroindustrial, principalmente. Tiene una patente de invención relacionada con tecnología de reactores biológicos con membranas, utilizados para el tratamiento de aguas residuales.



# Múltiples formas de aprovechar los beneficios de moringa (*Moringa oleifera* Lam.)

## Multiple ways to take advantage of the benefits of moringa (*Moringa oleifera* Lam.)

OLIVIA ESTRADA-HERNÁNDEZ<sup>1</sup>, OFELIA ADRIANA HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ<sup>1,2</sup>  
Y VÍCTOR MANUEL GUERRERO-PRIETO<sup>1</sup>

Recibido: Junio 16, 2015

Aceptado: Marzo 2, 2016

### Resumen

Moringa (*Moringa oleifera* Lam.), valorada por sus propiedades nutritivas y medicinales, es una planta cultivada en varias regiones tropicales del mundo. Cada parte de la planta es utilizada para diversos usos: sus hojas poseen proteínas, vitaminas y minerales, por lo que son consumidas por el ser humano como un complemento alimenticio, por el ganado vacuno para aumentar la producción de leche, por el ganado ovino para mejorar su rendimiento, y por peces, conejos y gallinas como complemento alimenticio, además de ser utilizada en enfermedades oculares en medicina alternativa. Las flores son usadas para aumentar la producción de esperma en los hombres. La cáscara de la semilla es utilizada para eliminar la turbidez del agua y como fertilizante orgánico. Las semillas contienen hasta un 40% de aceite en su almendra, sobresaliendo el ácido oleico, aceite que puede ser utilizado para consumo humano y para la producción de biodiesel. Además, la goma del tallo puede ser utilizada como un excipiente farmacéutico. Por todo lo antes mencionado, se tiene como objetivo dar a conocer los múltiples usos y beneficios de moringa para su aprovechamiento.

**Palabras clave:** complemento alimenticio, cultivo, fertilizante orgánico, medicina empírica.

### Abstract

Moringa (*Moringa oleifera* Lam.), valued for its nutritional and medicinal properties, is a plant cultivated in many tropical regions of the world. Each part of the plant is utilized for various uses: its leaves have proteins, vitamins and minerals, so they are consumed by humans as a food supplement, by cattle to increase milk production, by sheep to improve their performance, and fish, rabbits and chickens as a food supplement, in addition to being used in eye diseases in alternative medicine. The flowers are used to increase sperm production in men. The seed husk is used to remove water turbidity and organic fertilizer. The seed contains up to 40% oil in its almond, the protruding oleic acid oil which can be used for human consumption and for the production of biodiesel. In addition, the stem gum can be used as a pharmaceutical excipient, for all the above mentioned it aims to make known the multiple uses and benefits of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) for their use.

**Keywords:** nutritional supplement, crop, organic fertilizer, empirical medicine.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Ciudad Universitaria Campus I s/n. Chihuahua, Chih., C.P. 31350. Tel. (614) 439-1844 Ext. 3127.

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

## Introducción

Las plantas han sido utilizadas como alimento, medicina, ofrecen abrigo directa e indirectamente a todos los seres vivos y sus múltiples usos son aprovechados por el ser humano, además de contribuir en la formación del suelo. Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) es una planta que ha adquirido gran importancia en los últimos años, debido a la gran diversidad de usos que se le ha dado; moringa es un arbusto o árbol pequeño perenne, de rápido crecimiento perteneciente a la familia Moringaceae y es una de las 13 especies del género Moringa (Adedapo *et al.*, 2009; Liñán, 2012).

Originaria de la India, moringa llega a México en los años veinte como planta de ornato y para cercas vivas. Se le encuentra cultivada principalmente en lugares con climas tropicales secos, en ubicación entre los trópicos de cáncer y capricornio. En algunos países es conocida como Marango, Maranga, Marengo, Moringuiera, Cedra, Ángela, Jacinto, Ben y árbol de banqueteta (Ndubuaku *et al.*, 2014). Dentro de sus usos, destaca como complemento alimenticio para humanos al ser consumida como verdura; como forraje para ganado vacuno, cerdos, cabras, peces y gallinas (Espinoza y López, 2011; Falasca y Bernabé, 2008), y las semillas poseen propiedades medicinales y pueden ser consideradas como una fuente alternativa de aceite vegetal (Rahman *et al.*, 2009; Latif *et al.*, 2011). El objetivo de esta revisión es dar a conocer los múltiples usos y beneficios de moringa (*Moringa oleifera*) para su aprovechamiento.

Moringa es cultivada principalmente en lugares con climas tropicales secos en varias regiones del mundo. Crece en altitudes que van desde 0 hasta los 1800 m, con precipitaciones de 500 a 1500 mm al año (Sanchez *et al.*, 2006). Se distribuye en países como Pakistán, Grecia, Egipto, China, Nigeria, Etiopía, Mozambique, Ghana, Argentina, Colombia, Venezuela, Cuba, Nicaragua, Guatemala y México, entre otros lugares con un clima tropical seco (Olson y Fahey, 2011), los cuales tienen la característica de coincidir con el registro de personas con mala nutrición (Figura 1), de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Dirección de Estadística (FAOSTAT, 2014).

Figura 1. Mapa que muestra la ubicación de población con mayor índice de personas con mala nutrición según lo reportado por FAOSTAT (2014).



En México, el cultivo de la planta se encuentra establecido en regiones con climas tropicales secos, que se encuentran desde el estado de Sonora hasta Chiapas, por toda la costa del Pacífico (Olson y Fahey, 2011). En el estado de Chihuahua, algunos municipios propicios para el cultivo son Guadalupe y Calvo, Batopilas, Morelos, Uruachi y Magurichi, ya que presentan las condiciones edafoclimáticas ideales para el establecimiento de la planta, por lo que representan un área potencial para su cultivo, correspondiendo además, a una región donde existe desnutrición entre los pobladores por consecuencia de la extrema pobreza (CONEVAL, 2012; CONAGUA, 2013) (Figura 2).

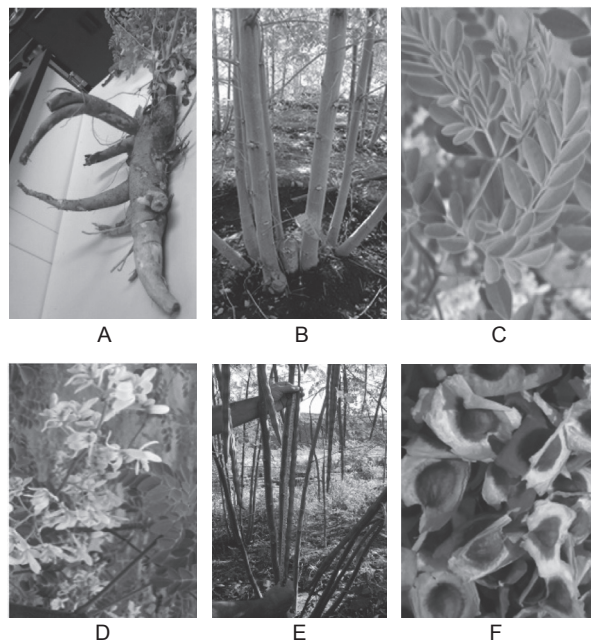
Las características botánicas de moringa la describen como una planta con raíces tuberosas cuando son jóvenes, las cuales se van convirtiendo en leñosas con la edad, su corteza es de color marrón claro, lisa o finamente rugosa con un sabor picante como

la del rábano (Olson y Fahey, 2011) (Figura 3A); la corteza del tallo es gruesa, corchosa de color gris blanquecino (Roloff *et al.*, 2009) (Figura 3B); las hojas son pinnadas compuestas por folíolos unidos al raquis; se caracterizan por el alto contenido de nutrientes, aminoácidos esenciales y aceite (Pérez *et al.*, 2010; Olson y Fahey, 2011) (Figura 3C). Las flores son bisexuales de color blanco de 2.5 cm de diámetro y 2 cm de largo con estambres de color amarillo (Falasca y Bernabé, 2008) (Figura 3D). El fruto es una vaina leñosa que puede medir de 20 a 45 cm de largo compuesta por tres valvas y un grosor de 1 a 2 cm, con 12 semillas por vaina en frutos pequeños a medianos (Ramos *et al.*, 2010), los cuales se caracterizan por su contenido en nutrientes (Olson y Fahey, 2011) (Figura 3E). Las semillas son de forma globular de color café oscuro con tres alas blanquecinas (Pérez *et al.*, 2010); son ricas en proteínas, lípidos, una gran cantidad de flavonoides y proantocianidinas (Compaore *et al.*, 2011) (Figura 3F).

**Figura 2.** Mapa que muestra los municipios del estado de Chihuahua, México, que presentan condiciones de latitud y altitud (INEGI, 2014) favorables para el cultivo de moringa.



**Figura 3.** Planta de moringa (*Moringa oleifera*) cultivada en Chihuahua, México: A) raíz, B) tallos, C) hojas, D) flores, E) fruto y F) semillas.



Dentro de los muchos beneficios que posee la planta de moringa se exponen los siguientes:

**Para consumo humano:** prácticamente todas las partes de la planta son comestibles; las vainas tiernas se usan en sopas, las hojas pueden ser consumidas en fresco, en sopas o ensaladas, las cuales contienen hasta un 30.3% de proteína cruda, 19 aminoácidos, y minerales como el calcio, fósforo, magnesio, potasio y sodio en un 3.65, 0.3, 0.5, 1.5 y 0.164%, respectivamente, y concentraciones de zinc ( $13.03 \text{ mg kg}^{-1}$ ), manganeso ( $86.8 \text{ mg kg}^{-1}$ ), selenio ( $363 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y hierro ( $490 \text{ mg kg}^{-1}$ ), además de vitamina A y C en mayor cantidad que la reportada en zanahoria y naranja (Moyo *et al.*, 2011). Heimler *et al.* (2005) indicaron que los vegetales pertenecientes a la familia *Brassicaceae* tienen un alto contenido en vitaminas y minerales, sin embargo, su contenido en proteína es bajo, entre 1.44 - 2.82 por cada 100 g, en comparación con la de moringa.

**Para consumo animal:** el cambio climático a través del tiempo ha influenciado en la manera de pensar y actuar del ser humano, buscando

cultivos alternativos por parte de los agricultores y alimentos para el ganado. Moringa, al cumplir con los requerimientos nutrimentales en proteína, vitaminas y minerales, pudiera tratarse de un alimento para el ganado bovino. Varias investigaciones han mostrado que la adición de moringa en la dieta del ganado mejoró el rendimiento del animal (Fayomi *et al.*, 2014). En Nigeria, alimentaron a 25 ovejas Yankasa con peso promedio de 23.1 kg, utilizando como primer dieta pasto barrera (*Brachiaria decumbens*) más el concentrado compuesto a base de cereales para animal como control, y cuatro diferentes dietas más, las cuales consistieron en el pasto más el concentrado y un 5, 7, 9 y 11%, respectivamente, del multinutricional compuesto por polvo de hoja de moringa, donde se determinó la ingesta de nutrientes, su digestibilidad, el balance de nitrógeno y parámetros hemato-lógicos. Los resultados mostraron un aumento en el consumo de materia seca, y en cuanto a la digestibilidad, el mejor resultado se obtuvo con la adición de polvo de moringa en un 11%, mientras que el mejor perfil en la sangre de los animales fue para la dieta con una adición de moringa en un 5%.

Rodríguez *et al.* (2012) investigaron con ganado vacuno lechero alimentándolo a base de tres diferentes dietas. El control consistió en forraje fresco del pasto *Pennisetum purpureum* cv. CT-115, adicionado con un concentrado comercial compuesto por pulido de arroz, sorgo, harina de soya, melaza, carbonato de calcio, harina de maní y cloruro de sodio. La segunda dieta consistió en forraje de moringa en fresco, compuesto por hojas y peciolo más 1 kg de melaza, y la tercera dieta fue ensilaje de moringa compuesto por fracciones finas, más 1 kg de melaza. Los resultados indicaron que en cuanto a la producción de leche, hubo una ligera disminución del 9% al consumir la tercera dieta en relación con los otros dos tratamientos, sin embargo, la producción y composición de la leche fue similar con las dos primeras dietas, resultados que indican una alternativa alimenticia de bajo costo.

En un estudio realizado en Nicaragua en el cual se compararon diferentes suplementos alimenticios en ganado vacuno previamente seleccionado al contar con cuatro semanas de lactancia y con un peso corporal de  $394 \pm 24$  kg, se probaron tres tratamientos, los cuales consistieron en dietas compuestas por *Brachiaria brizantha* más melaza de caña de azúcar; *B. brizantha* más 2 kg de materia seca de moringa más melaza de caña de azúcar y *B. brizantha* más 3 kg de materia seca de moringa más melaza de caña de azúcar, durante un periodo de tres semanas. Se determinó la producción y las características organolépticas de la leche, mostrando resultados favorables en la producción de leche de 1.80 a 1.97 kg día<sup>-1</sup> para las vacas que llevaron una dieta complementada con moringa, además de no verse afectadas significativamente las características organolépticas del producto entre los tratamientos (Reyes *et al.*, 2006).

Además, como alimento para peces juveniles tilapia cultivados en agua de mar, Rivas *et al.* (2012) mencionaron que la proteína de moringa fue digerible hasta en un 89% al ser incorporada en dietas balanceadas, sustituyendo un 20% de la proteína de harina de sardina, sin afectar el crecimiento de la tilapia; sin embargo, Richter *et al.* (2003) recomiendan la adición del 10% de harina de hojas de moringa a la dieta de los peces tilapia.

Estudios realizados simultáneamente con harina de hojas de *Leucaenaleucocephala* (HLL) y *Moringa oleifera* (HHMO) en la Universidad de Yucatán, México, en 36 gallinas Rhode Island Red de 36 semanas de edad, y con una tasa promedio de puesta de huevo del 60%, mismas que fueron separadas en cuatro grupos para ser alimentadas con cuatro diferentes dietas. Se evaluó el consumo de las dietas, producción y calidad del huevo. Las dietas, con un peso de 100 g cada una, contenían: sorgo, harina de frijol de soya, carbonato de calcio, harina de canola, aceite de soya, aminoácidos, vitaminas y minerales, y 0, 5, 10 y 15%, respectivamente, de HLL para el primer experimento; el mismo diseño fue utilizado al sustituir HLL por HHMO.

Respecto al consumo de ambas dietas no se reportó diferencia significativa con respecto al peso corporal de las aves al comparar las dietas con las del control. En cuanto a los porcentajes de albúmina encontrados en el huevo para las dietas del 10% en HLL fue de 60.64%, en cambio, para HHMO fue de 63.53%; a la vez que HHMO disminuyó las proporciones de yema en los huevos, lo que puede implicar tener menores concentraciones de colesterol (Abou-Elezz *et al.*, 2011).

*Medicina empírica y científica en humanos:* si bien son escasas las investigaciones científicas que comprueben la efectividad de moringa al ser suministrada en determinada dosis al ser humano para contrarrestar diversas enfermedades, se sigue investigando este tema, como es el caso de Arun *et al.*, (2011) quienes reportaron resultados que favorecen de  $210 \pm 48.83$  a  $150 \pm 21.10$  en la disminución de glucosa en sangre posprandial en el ser humano después de haberles suministrado tabletas elaboradas con hoja de moringa durante un periodo de tres meses, lo cual significa un pequeño avance a favor de enfermos con diabetes. En estudio etnobotánico de plantas utilizadas por indígenas en Kancheepuram, India, en donde la herbolaria forma parte de su vida social y cultural, de 85 plantas entre las que se encontró moringa, se observó que las hojas de esta planta, al ser consumidas como alimento, redujo el calor corporal, la indigestión y las enfermedades oculares, mientras que la ingesta de flores aumentaron la producción de esperma en los hombres (Muthu *et al.*, 2006). Por su parte, Anwar y Rashid (2007) mencionan que las hojas, flores y raíces de moringa son utilizadas para el tratamiento de ascitis, reumatismo, picaduras venenosas y para estimular la circulación sanguínea como remedios populares.

*Excipiente farmacéutico:* actualmente, la goma de tragacanto es utilizada como un excipiente farmacéutico, el cual contiene un pH de 5.4. Jarald *et al.* (2012) evaluaron en la goma del tallo de moringa varios parámetros como solubilidad, densidad aparente, índice de

compresibilidad, determinación de cenizas totales y determinación de viscosidad, resultados que demuestran ser similares al del tragacanto excepto en el pH, pues el de moringa es menos ácido, con 6.21, por lo que los autores antes mencionados sugieren que podría utilizarse en comprimidos no recubiertos por ser menos irritante para el tracto gastrointestinal.

*Medicina en animales:* en un estudio realizado en ratas albinas Wistar de la misma edad, con un peso corporal de 150 a 250 g, a las cuales se les inyectó estreptozotocina (STZ) para provocarles diabetes, después de tres días, cuando las ratas presentaron la enfermedad, fueron divididas en cuatro grupos: bajo, medio y severamente diabéticas, y las control. A los animales control les fue aplicada agua destilada, los otros tres grupos de ratas fueron tratados con dosis de 100, 200 y 300 mg kg<sup>-1</sup> de un extracto acuoso de hojas de moringa, el cual provocó una disminución de la glucosa en la sangre de las mismas. La dosis de 200 mg kg<sup>-1</sup> resultó ser la más efectiva, con una disminución del nivel de glucosa en la sangre de hasta el 29.9% en la prueba de glucosa en la sangre en ayunas. En la prueba de tolerancia oral a la glucosa en ratas diabéticas y ligeramente diabéticas se produjo una caída máxima de hasta el 32.8%. En ratas severamente diabéticas, los niveles de glucosa en la sangre disminuyó hasta un 69.2%, tanto en las pruebas de glucosa en la sangre en ayunas como en las pruebas de glucosa postprandial. Según los autores, el estudio validó científicamente el uso de moringa como etnomedicina para tratar la *Diabetes mellitus*, no obstante se están llevando a cabo estudios farmacológicos y bioquímicos para dilucidar el mecanismo hipo glucémico y antidiabético de las hojas de moringa (Jaiswal *et al.*, 2009).

Por otro lado, también a ratas albinas Wistar macho y hembra con un peso de 180 a 250 g les fueron provocadas úlceras gástricas con etanol, excepto en ratas control. De un total de cuatro tratamientos, a dos de ellos les fue aplicado un extracto de semilla de moringa en dosis de 150 y 200 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, y

a otro el tratamiento con omeprazol. El resultado obtenido al comparar los tratamientos fue que se registró una reducción significativa en el índice de úlceras. El tratamiento con omeprazol redujo la úlcera gástrica en un 77.44%, mientras que el extracto de semillas de moringa redujo un 62.02% en dosis de 150 y un 65.23% en la dosis de 200 mg kg<sup>-1</sup> (Kansara y Singhal, 2013).

En un estudio realizado en Nueva Zelanda en 24 conejos machos de cuatro a seis semanas de edad, con un peso de 600 a 800 g a quienes les fue suministrado diariamente vía oral agua potable con una dosis de 200 mg L<sup>-1</sup> de Fluoruro de sodio (NaF), en un periodo de 90 días, incorporándose en uno de los tratamientos un extracto acuoso de semillas de moringa de 50 mg kg<sup>-1</sup> de acuerdo al peso corporal del animal. Los resultados obtenidos después del análisis de sangre y medición del índice cortical en los huesos de la tibia y fémur de los conejos, mostraron una diferencia entre el testigo de 2.81 ± 0.44 mg L<sup>-1</sup> al tratamiento al que le fue adicionado extracto de semilla de moringa a 0.77 ± 0.04 mg L<sup>-1</sup> (Ranjan *et al.*, 2009).

*Aceite para consumo humano:* de acuerdo con el estudio realizado en árboles silvestres en Pakistán por Anwar y Rashid (2007) al analizar el aceite extraído de la semilla de moringa, se encontraron con los siguientes ácidos: hasta un 73.22% de oleico, el cual forma parte del grupo omega 9, palmítico (6.45%), esteárico (5.50%), benzoico (6.16%) y araquídico (4.08%) el cual forma parte del grupo de omega 6, resultados que resaltan los atributos de calidad del aceite, pudiendo ser empleado para consumo humano y en aplicaciones comerciales.

Además, un análisis realizado en la composición química y propiedades antioxidantes en semillas de moringa, éstas registraron concentraciones de 48.2 ± 0.2 g de potasio; 25.01 ± 0.01 g de sodio; 78 ± 1 g de calcio; 261 ± 1 g de magnesio; 95.4 ± 0.4 g de manganeso; 12.8 ± 0.04 g de hierro; 300.8 ± 0.07 g de zinc; 54.2 ± 0.2 g de cobre, 525 ± 2 g

de fósforo por cada 100 g de semillas molidas, además de una capacidad antioxidativa del 99.74 ± 0.01%, lo que lo valoriza para ser utilizadas para fortificar los alimentos básicos, especialmente para niños con bajos índices de nutrición (Compaoré *et al.*, 2011).

*Eliminar la turbidez del agua:* en nuestros tiempos cada vez contamos con menos agua para satisfacer nuestras necesidades básicas. Utilizar químicos como el sulfato de aluminio en el tratamiento de agua para uso doméstico está permitido por las normas de Estados Unidos, certificado por CERTIMEX (Certificación Mexicana, D.S.C.), según Romero *et al.* (2007) se requieren cantidades elevadas de estas sales, lo que produce alta concentración de aluminio en el agua clarificada y, al parecer, origina ciertos desórdenes neurológicos en el ser humano; es por ello que investigadores buscan alternativas de forma natural, como es el caso del uso de semillas de moringa que pueden servir de sustituto en el tratamiento de aguas residuales, ya que contienen agentes coagulantes activos que se caracterizan por ser proteínas catiónicas diméricas, con un peso molecular de 13 kDa y un punto isoeléctrico (pK<sub>a</sub>) entre 10 y 11; cuentan con una actividad antimicrobiana si son utilizadas para tratar aguas residuales y, al ser pulverizadas, son utilizadas como coagulante natural para la purificación de agua (Anwar y Rashid, 2007).

En un estudio realizado en la remoción de turbidez en agua bruta para potabilizar, fue comparada la eficiencia de dos coagulantes, el sulfato de aluminio y semillas de moringa; se observó que moringa puede ser un sustituto potencialmente viable al sulfato de aluminio, encontrándose que los mecanismos de coagulación predominantes en moringa son los de neutralización, adsorción de cargas y formación de puentes, por lo que estas semillas pueden ser utilizadas como un coagulante eficaz para la eliminación de una turbidez de baja concentración de partículas en el agua (Lédo *et al.*, 2009).

Molienda de semilla de moringa de 1, 2 y 3 g fueron utilizadas por investigadores brasileños en la eliminación de la turbidez de agua residual doméstica con un valor de 285.0 unidades nefelométrica de turbidez (UNT), residual porcina 106.0 UNT y agua para abastecimiento al público con un valor de 64.8 UNT; se realizó un extracto de la semilla diluida en 100 mL de agua destilada en soluciones de 10, 20 y 30 g L<sup>-1</sup> de semillas, registraron un 98% en la remoción de turbidez en una concentración de 0.4 g L<sup>-1</sup> en un tiempo de 2 horas, la sedimentación y eliminación media de la turbidez en aguas residuales domésticas fue de 22.3 y 35.3% en un tiempo de 2 y 24 h. La eliminación de coliformes fecales fue del 100% para el agua que se utiliza en consumo público (Monaco *et al.*, 2010).


**Fertilizante orgánico:** la utilización de fertilizantes sintéticos a través de los tiempos ha venido degradando la fertilidad de los suelos y contaminando acuíferos mediante lixiviaciones; la aplicación de extracto de semilla de moringa al suelo, previo análisis de micro y macronutrientes, carbono e hidrógeno, produjo una mejora significativa al incrementar los nutrientes en el suelo y a su vez un aumento en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz en comparación con el control (Emmanuel *et al.*, 2011).

## Conclusiones

La producción de moringa (*Moringa oleifera*) en el mundo ha sido altamente benéfica por sus múltiples usos. Nuestro grupo de investigación ha venido trabajando desde el año 2010 en el estudio de la adaptación del cultivo a los suelos y climas de la región, obteniendo resultado muy importantes en el conocimiento del desarrollo de la planta bajo estas condiciones, y encontrando niveles similares en el contenido de proteína y minerales a los de su lugar de origen, de acuerdo con lo reportado por otros investigadores. Los avances en el conocimiento del cultivo y su manejo, favorecerán el aprovechamiento de los usos y beneficios de moringa como una alternativa viable para la diversificación agrícola local. Sin embargo, es necesario ampliar estos hallazgos para fortalecer su manejo y aceptación en los diversos campos de utilización.

## Literatura citada

- ABOU-ELEZZ, F. M. K., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R., y Solorio-Sánchez, F. 2011. Efectos nutricionales de la inclusión dietética de harina de hojas de *Leucaenaleucocephala* y *Moringaoleifera* en el comportamiento de gallinas Rhode Island Red. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 45(2):163.
- ADEDAPU, A. A., Mogbojuri, O. M., y Emikpe, B. O. 2009. Safety evaluations of the aqueous extract of the leaves of *Moringa oleifera* in rats. *Journal of Medicinal Plants Research* 3(8):586-591.
- ANWAR, F., y Rashid, U. 2007. Physico-chemical characteristics of *Moringa oleifera* seeds and seed oil from a wild provenance of Pakistan. *Pak. J. Bot.* 39(5):1443-1453.
- COMPAORÉ, W.R., Nikiema, P.A., Bassolé, H.I.N., Savadogo, A., Mouecoucou, J., Hounhouigan, D.J., y Traoré, S. A. 2011. Chemical composition and antioxidative properties of seeds of *Moringa oleifera* and pulps of *Parkia biglobosa* and *Adansonia digitata* commonly used in food fortification in Burkina Faso. *Current Research Journals of Biological Sciences* 3(1):64-72.
- CONAGUA. 2013. Comisión Nacional del Agua. Consultado en Abril 12, 2016.
- CONEVAL. 2012. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Consultado en Abril 12, 2016.
- EMMANUEL, S. A., Zaku, S. G., Adedirin, S. O., Tafida, M., y Thomas, S. A. 2011. *Moringa oleifera* seed-cake, alternative biodegradable and biocompatibility organic fertilizer for modern farming. *Magnesium* 203:0-08.
- ESPIÑOZA, O. J. N., y López, J. C. M. 2011. Evaluación de la producción de forraje de *Cnidioscolusaconitifolium* (Mill) LM Johnston, *Moringa oleifera* (Lam) y *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit, para banco proteico en Pacora, San Francisco Libre, Nicaragua. *La Calera* 8(9):54-59.
- FAOSTAT. 2014. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Dirección de Estadística. Disponible en <http://faostat.fao.org/desktopdefault.aspx?pageid=563&lang=es>. Consultado en Abril 24, 2016.
- FALASCA, S., y Bernabé, M. A. 2008. Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de *Moringa oleifera* en Argentina. *Revista Virtual REDESMA*.
- FAYOMI, A., Ahmed, A., Musa, U., Salami-Shinaba, J. O., Ogedegbe, S. A., y Akanni, K. 2014. Moringa multi-nutrient blocks: formulation, production, and feeding trial under a tropical environment. *International Journal of Science, Environment and Technology* 3(1):67-84, 2278-3687 (O).
- HEIMLER, D., Vignolini, P., Dini, M. G., Vincieri, F. F., y Romani, A. 2006. Antiradical activity and polyphenol composition of local Brassicaceae edible varieties. *Food chemistry* 99(3):464-469.
- INEGI. 2014. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en [http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF\\_Docs/CHIH\\_ANUARIO\\_PDF.pdf](http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/CHIH_ANUARIO_PDF.pdf). Consultado en Junio 15, 2016.
- JARALD, E. E., Sharma, S., Sheeja, E., Ahmad, S., Patni, S., y Daud, A. 2012. Characterization of *Moringa oleifera* Lam. gum to establish it as a pharmaceutical excipient. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research* 46(3):211-216.
- JAISWAL, D., Kumar Rai, P., Kumar, A., Mehta, S., y Watal, G. 2009. Effect of *Moringa oleifera* Lam. leaves aqueous extract therapy on hyperglycemic rats. *Journal of ethnopharmacology* 123(3):392-396.
- KANSARA, S. S., y Singhal, M. 2013. Evaluation of antiulcer activity of *Moringa oleifera* seed extract. *J. Pharmaceut. Sci. Biosci. Res.* 3(1):20-25.
- LATIF, S., Anwar, F., Hussain, A. I., y Shahid, M. 2011. Aqueous enzymatic process for oil and protein extraction from *Moringa oleifera* seed. *European Journal of Lipid Science and Technology* 113(8):1012-1018.
- LÉDO, P. G., Lima, R. F., Paulo, J., y Duarte, M. A. 2009. Estudio comparativo de sulfato de aluminio y semillas de *Moringa oleifera* para la depuración de aguas con baja turbiedad. *Información tecnológica* 20(5):3-12.
- LIÑÁN, T. F. 2012. *Moringa oleifera* El árbol de la nutrición. *Ciencia y Salud Virtual* 2(1):130-138.
- MONACO, P. A. V. L., de Matos, A. T., y Andrade, I. C. 2010. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. *Revista Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 5(3).

- MOYO, B., Masilka, P. J., Hugo, A., y Muchenje, V. 2011. Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *African journal of Biotechnology* 10(60):12925-12933.
- MUTHU, C., Ayyanar, M., Raja, N., y Ignacimuthu, S. 2006. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2:43.
- NDUBUAKU, U. M., Ndubuaku, T. C. N., y Ndubuaku, N. E. 2014. Yield Characteristics of *Moringa oleifera* Across Different Ecologies in Nigeria as an Index of Its Adaptation to Climate Change. *Sustainable Agriculture Research* 3(1):95.
- OLSON, M. E., y Fahey, J. W. 2011. *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista mexicana de biodiversidad* 82(4):1071-1082.
- PÉREZ, Y., Valdés, L. R., y García, L. A. F. 2010. *Moringa oleifera*. Germinación y Crecimiento en Vivero. *Ciencia y Tecnología Ganadera* 4(1):43-45.
- RAHMAN, I. M., Barua, S., Nazimuddin, M., Begum, Z. A., Rahman, M. A., y Hasegawa, H. 2009. Physicochemical properties of *Moringa oleifera* Lam. seed oil of the indigenous cultivar of Bangladesh. *Journal of Food Lipids* 16(4):540-553.
- RANJAN, R., Swarup, D., Patra, R. C., y Chandra, V. 2009. Tamarindusindica L. and *Moringa oleifera* M. extract administration ameliorates fluoride toxicity in rabbits. *Indian journal of experimental biology* 47(11):900.
- RAMOS, L. M., Costa, R. S., Mõro, F. V., y Silva, R. C. 2010. Morfologia de frutos e sementes e morfofunção de plântulas de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). *Comunicata Scientiae* 1(2):156.
- REYES, S. N., Spörndly, E., y Ledin, I. 2006. Effect of feeding different levels of foliage of *Moringa oleifera* to creole dairy cows on intake, digestibility, milk production and composition. *Livestock Science* 101(1):24-31.
- RICHTER, N., Siddhuraju, P., y Becker, K. 2003. Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture* 217(1):599-611.
- RIVAS-VEGA, M. E., López-Pereira, J. L., Miranda-Baeza, A., y Idalia, M. 2012. Sustitución parcial de harina de sardina con *Moringa oleifera* en alimentos balanceados para juveniles tilapia (*Oreochromis mossambicus x oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. *Ciencias Biológicas y de la Salud* (2):3-10.
- RODRÍGUEZ, P. R., Reyes Sánchez, N., y Mendieta Araica, B. 2012. Comportamiento productivo de vacas lecheras alimentadas con *Moringa oleifera* fresco o ensilado: efecto sobre producción, composición y características organolépticas de leche y queso. *La Calera* 12(18):45-51.
- ROLOFF, A., Weisgerber, H., Lang, U., y Stimm, B. 2009. *Moringa oleifera* Lam., 1785. *Sea* 10(10).
- ROMERO, C., Solórzano, R., Abreu, O., Brizuela, L., y Pérez, Z. 2007. Síntesis de un polímero inorgánico de aluminio y su uso para clarificación de agua. *Revista Ingeniería UC* 14(3):16-23.
- SANCHEZ, N. R., Ledin, S., y Ledin, I. 2006. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua. *Agroforestry Systems* 66(3):231-242. 

Este artículo es citado así:

Estrada-Hernández, O., O. A. Hernández-Rodríguez y V. M. Guerrero-Prieto. 2016. Múltiples formas de aprovechar los beneficios de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). *TECNOCENCIA Chihuahua* 10(2):101-108.

## Resumen curricular del autor y coautores

**OLIVIA ESTRADA HERNÁNDEZ.** Terminó su licenciatura en 2012, 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 Chihuahua, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Ciencias de la Productividad Frutícola en 2015 por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Desde 2015 labora en el Instituto Educativo Cuauhtémoc A.C. (Preparatoria incorporada a la UACH) como docente en la materia de Métodos de Investigación. Su área de especialización es en el crecimiento y contenido nutricional de moringa. Es autora de 5 ponencias en congresos.

**OFELIA ADRIANA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ.** Terminó su licenciatura en 1981, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Fruticultor por la Escuela Superior de Fruticultura de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en la misma institución, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Ciencia de la Productividad Frutícola en 1994 y el grado de Doctor en Filosofía en el área de Recursos Naturales en 2008 por la Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH. Desde 1986 labora en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH y posee la categoría de Académico Titular C. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2015, Nivel 1. Su área de especialización es en nutrición vegetal, uso y conservación de suelos y abonos orgánicos. Ha dirigido 12 tesis de licenciatura, 8 de maestría y actualmente una de doctorado. Es autora de 30 artículos científicos y 8 capítulos de libros científicos; además ha impartido 3 conferencias por invitación y ha dirigido 2 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluadora de proyectos de investigación del CONACYT (Programa de Estímulos a la Innovación, PEI) y árbitro de revistas científicas de circulación nacional e internacional.

**VÍCTOR MANUEL GUERRERO PRIETO.** Terminó su licenciatura en 1975, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Fruticultor por la ahora Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH. Realizó su posgrado en la Oregon State University en Corvallis, OR, EUA, donde obtuvo el grado de Master of Science en Horticultura en 1984 y el grado de Doctor en Ciencias en Agronomía por la New Mexico State University en Las Cruces, N. M. 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 y Coordinador 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 ATC. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1986 a 1990 (Candidato a Investigador Nacional) y actualmente es Investigador Nacional Nivel I, desde el 2002. Su área de especialización es en 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 55 artículos científicos, más de 60 ponencias en congresos, 2 libros y 2 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.



# 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

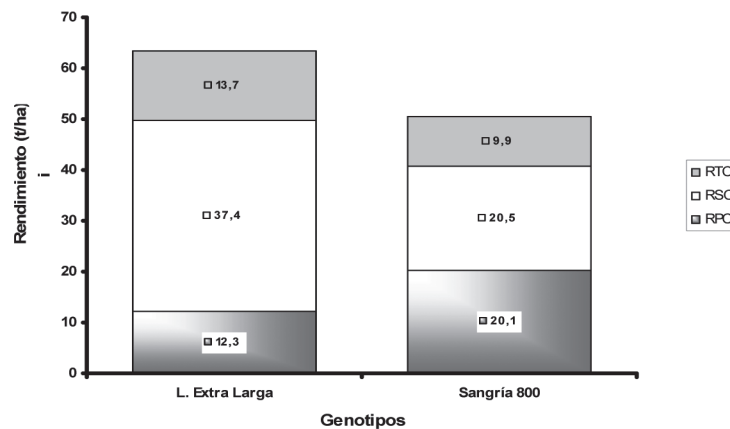
En las figuras no se debe duplicar la información presentada en los cuadros o viceversa. Se recomienda el uso de medidas de acuerdo al Sistema Métrico Decimal y las abreviaturas utilizadas deberán apearse a las recomendaciones que aparecen en la tabla que se anexa al presente documento.

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 *tifó.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 Delicius

| 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

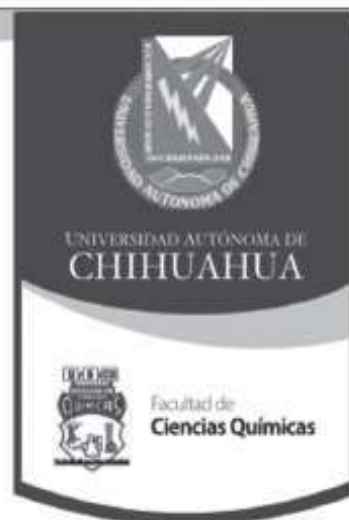
| Unidades         | Abreviatura                   | Unidades           | Abreviatura                         |
|------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| cal              | Caloría(s)                    | ml                 | Mililitro (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*. 

# Universidad Autónoma de Chihuahua Facultad de Ciencias Químicas



## Programas de Maestría en Ciencias

Reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad, CONACyT

## Biotecnología



## Ciencia y Tecnología de Alimentos



Nuevo Campus Universitario, Circuito Universitario, Chihuahua, Chih., México, C.P. 31125, Tel. (614)236-6000

Encuentra más información en:

[www.fcq.uach.mx](http://www.fcq.uach.mx)



**UACH**  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA

## LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Procesos de producción y representación en el arte contemporáneo.
- Estudios teatrales.
- Estudios multidisciplinares en musicología, creación y educación musical.



## MAESTRÍA EN ARTES

### PLAN DE ESTUDIOS

#### Módulo I

Modelos de creación artística  
Teorías del aprendizaje  
Seminario de investigación

#### Módulo II

Taller de producción I  
Actividades complementarias acreditables  
Seminario: Paradigmas del Arte

#### Módulo III

Taller de producción II  
Teorías contemporáneas de la educación artística  
Teorías de la interpretación

#### Módulo IV

Talles de producción del documento final  
Didáctica de las artes  
Talles de crítica



**UACH**  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA

## Informes



Facultad de  
**Artes**

Lic. Evelyn Rocío Girón Velázquez  
Coordinadora del Programa

Tel. (614) 238 2080  
Ext. 4428, 4448, 4434

fa.posgrado@uach.mx

[www.fa.uach.mx](http://www.fa.uach.mx)

### Dirección de Investigación y Posgrado

Circuito Universitario, Campus 1  
C.P. 31100, Chihuahua, Chih., México  
Tel. (614) 439 1822 Ext. 2200 y 2208

[posgrado@uach.mx](mailto:posgrado@uach.mx)

