



Incluye los Resúmenes del Congreso Nacional e Internacional AgrobioTecNM 2023: Agronegocios, innovación y tecnologías para el campo, evento organizado por el ITEL y el Colegio de Posgraduados, Campus San Luis Potosí.

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**  
INSTITUTO TECNOLÓGICO EL LLANO AGUASCALIENTES

# REVISTA

# AGROBIOTECNM

Revista: Año 1, Volumen 1.





AgrobioTecNN es una Revista Técnico-Científica de publicación anual, se autoriza su reproducción total o parcial. Año de inicio de publicación: Noviembre 2023.

## CONSEJO EDITORIAL

Presidente: MIQ. Lizeth Rodríguez Gómez

Secretario Técnico: Ing. Ana Miriam Martínez Navarro

Comunicación y Difusión: MMMD. Ana Sofía Ocampo Olivares y Lic. Erika Silva Campos (División de Estudios de Posgrado e Investigación)

### MIEMBROS DEL COMITE TECNICO-CIENTIFICO

#### Área I: Biotecnología animal

Leticia E. Medina Esparza, Mónica González Reyes  
Irene V. Vitela Mendoza, Carlos R. Cruz Vázquez  
Ignacio Mejía Haro

#### Área II: Biotecnología de plantas

Dr. Catarino Perales Segovia, Dra Silvia Flores Benítez  
Dr. Héctor Silos Espino, Dr. Luis L. Valera Montero

#### Área III: Biotecnología de alimentos

Juan Florencio Gómez Leyva, Irma G. López Muraira,  
Vania Sbeyde Farías Cervantes, Mayra I. Montero Cortés,  
Miguel Ángel Segura Castruita, .

#### Área IV: Tecnologías en agronegocios

Arturo Moisés Chávez Rodríguez, Issac Andrade González,  
Héctor Flores Martínez

Editor: Héctor Silos Espino.

## CONTENIDO

	Página
<b>SECCION ARTICULOS</b>	
Comportamiento fisicoquímico del aguamiel del maguey ( <i>Agave salmiana</i> ) sometido a un proceso de filtración. (H. Silos-Espino, L. Cerón-Carrillo, F. Guevara-Lara, C. L. Tovar-Robles, S. J. Méndez-Gallegos, A. Gómez-González, A. Amante-Orozco y D. Rossel-Kipping).	6
La sequía en México, seguridad alimentaria y alternativas para una mayor captación de agua (M.G. González-Maldonado, H. Silos-Espino).	13
Flúor en los sistemas agrícolas. (M.G. González-Maldonado, H. Silos-Espino).	22
Prototipo IoT de bajo consumo eléctrico y de largo alcance para el monitoreo de variables ambientales de una colmena de abejas ( <i>Apis mellifera</i> ) asociados a la presencia del parásito varroa ( <i>Varroa destructor</i> ) (J. de J. Campos-Torres, M. Ramos- Dávila, H. Silos- Espino e I. Mejía-Haro).	34
Sistema de monitoreo de variables ambientales aplicado a cultivos de nopal ( <i>Opuntia spp.</i> ) utilizando internet de las cosas (M. Ramos- Dávila' J. de J. Campos-Torres y H. Silos- Espino).	42
Experiencias sobre enfoques para atender la problemática de cochinilla silvestre en Tlalnepantla, Morelos. (L. Arechavala Vargas, N. Chévez Baños, R. Anaya Díaz)	47
<b>SECCION RESUMENES DEL CONGRESO AGROBIOTECNM 2023</b>	
Antecedentes y presentación de AgroBioTecNM 2023.	57
Instituciones participantes.	58
Revisores participantes.	59
Comité Organizador	62
Índice de Ponencias	63
Programa del evento AgrobiotecNM 2023	137
<b>SECCION COMPLEMENTARIA</b>	
Indicaciones para publicar en la revista AgroBioTecNM	141
Programas académicos del ITEL	144

SECCION: ARTICULOS



# COMPORTAMIENTO FISICOQUÍMICO DEL AGUAMIEL DEL MAGUEY (*Agave Salmiana*) SOMETIDO A UN PROCESO DE FILTRACIÓN

H. Silos-Espino<sup>1</sup>, L. Cerón-Carrillo<sup>2</sup>, F. Guevara-Lara<sup>3</sup>, C. L. Tovar-Robles<sup>4</sup>, S. J. Méndez-Gallegos<sup>\*4</sup>, A. Gómez-González<sup>4</sup>, A. Amante-Orozco<sup>4</sup> y D. Rossel-Kipping<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Laboratorio de Biotecnología Aplicada del Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km. 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330. <sup>2</sup>Instituto Tecnológico Agropecuario del Altiplano de Tlaxcala. Km. 7.5 carretera Federal San Martín Texmelucan-Puebla-Tlaxcala, México. C. P. 90122. <sup>3</sup>Laboratorio de Biotecnología y Funcionalidad de Alimentos. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad No. 940, Aguascalientes, Aguascalientes, México C. P. 20100. <sup>4</sup>Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales. Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. C. P. 78822.

\* Autor de correspondencia: jmendez@colpos.mx

## Resumen

Con la finalidad de conocer y aprovechar eficientemente el valor nutricional del aguamiel, se realizó un proceso de purificación constituido por filtro de sólidos, carbón activado y luz ultravioleta. Se analizaron los cambios fisicoquímicos (densidad óptica, azúcares disueltos, pH y contenido de minerales). Después de pasar el aguamiel por el sistema de purificación, la densidad óptica disminuyó (de 1.74 a 0.90nm), los azúcares disueltos disminuyeron (de 12.8 a 3.8%), el pH se incrementó de 5.81 a 6.12 con el filtro de luz ultravioleta. Se incrementó el nitrógeno (31.5%) y los metales Hierro, Cobre, Zinc y Selenio. Disminuyeron el Fósforo (70%) y el Boro (59%). No mostraron cambio el Calcio y el Magnesio. Con base en lo anterior, no se recomienda el sistema de purificación de aguamiel aquí utilizado. Para que el aguamiel no presente cambios en su composición, se sugiere una extracción continua del maguey y así evitar su fermentación. Es recomendable la filtración inmediata del aguamiel mediante tela de poro fino y esterilización, para su adecuada conservación y aprovechamiento.

**Palabras clave:** aguamiel, proceso de filtración, análisis fisicoquímico del aguamiel.

## Abstract

In order to know and efficiently take advantage of the nutritional value of sirup sap (aguamiel), a purification process consisting of a solids filter, activated charcoal and ultraviolet light was carried out. Physicochemical changes (optical density, dissolved sugars, pH and mineral content) were analyzed. After passing the aguamiel through the purification system, the optical density decreased (from 1.74 to 0.90 nm), the dissolved sugars decreased (from 12.8 to 3.8%), the pH increased from 5.81 to 6.12 with the ultraviolet light filter. Nitrogen (31.5 %) and the metals Iron, Copper, Zinc and Selenium increased. Phosphorus (70 %) and Boron (59 %) decreased. Calcium and Magnesium showed no change. Based on the above, the aguamiel purification system used here is not recommended. So that the aguamiel does not show changes in its composition, a continuous extraction of the maguey is suggested and thus avoid its fermentation. The immediate filtration of the aguamiel through a fine-pored cloth and sterilization is recommended, for its adequate conservation and use.

**Keywords:** aguamiel, filtration process, physicochemical analysis of aguamiel.

## Introducción

El aguamiel es un fluido producido por algunos tipos Agaves (Figura 1a). Esta savia está compuesta principalmente por una alta cantidad de azúcares fermentables y es particularmente utilizado para la elaboración artesanal del pulque, que es una bebida alcohólica de tradición milenaria en el país. Actualmente, el proceso de extracción del aguamiel se

realiza bajo procedimientos convencionales en comunidades rurales de México debido a que la explotación de este rico recurso alimenticio ha sido casi nulo, aunado a la poca distribución y al precio bajo de venta en el mercado.

El aguamiel o jugo de agave es la savia de color amarillento y de olor herbáceo que se obtiene al hacer la capación del maguey maduro, es decir, el corte de las hojas tiernas centrales antes del desarrollo del escapo central, posteriormente se raspa el centro del maguey, seguido del corte de las hojas para formar una cavidad de 20-30cm de profundidad la cual servirá para el almacenamiento de aproximadamente 1,500L de aguamiel durante un período de 3-6 meses que son exudados del tejido del tallo del maguey (Alanís y González, 2011; Tovar y col., 2008).

El aguamiel es rico en carbohidratos como sacarosa, fructosa, glucosa, por lo que puede ser usado para la obtención de polisacáridos, fructanos de agave o jarabes de alta fructosa. Estos últimos han ganado una particular atención como aditivos alimenticios debido a que proporcionan efectos benéficos a la salud, ya que estimulan la absorción de calcio en la postmenopausia de la mujer, incrementan la absorción de hierro en los niños, ayudan en la prevención del cáncer de colon y disminuyen el índice glucémico siempre y cuando se haga un consumo moderado de estos jarabes s (García y col., 2009; Willems y Low, 2012). Los agaves contienen en su composición fructanos de tipo inulina, los cuales son azúcares no tóxicos, de bajo valor calórico y que por lo tanto tienen potencial para utilizarse en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales (Muñiz-Márquez, 2013).

El aguamiel y el pulque tienen una vida de anaquel corta, debido a su riqueza microbiana. Se han estado explorando diferentes tecnologías para poder conservar estas bebidas y expandir su comercialización a otros mercados más allá de los meramente locales. En el presente trabajo se implementó un sistema de filtración empleando filtros más carbón activado con el objetivo de remover sólidos suspendidos y desechos celulares, adicionando un tratamiento con luz ultravioleta debido a sus propiedades de eliminación de microorganismos, frenando el proceso de fermentación y así tratar de conservar las características fisicoquímicas que presenta el aguamiel recién extraído, como lo marca la norma NMX-V-022-1972: el aguamiel se caracteriza por ser un líquido translúcido, de color amarillento y con un sabor característico, sobresaliendo el dulzor de éste, debido a la presencia de azúcares como fructosa, glucosa y sacarosa, incluyendo fructooligosacáridos, así como proteínas, gomas y sales minerales.

## Materiales y métodos

### Descripción del equipo de purificación

Se utilizó el sistema de purificación UV 007 pura UV20 (Canadá) (Figura 1b) con las siguientes características: en tamaño, altura de 64cm, amplitud 41cm, profundidad 14 cm, peso 13.2kg y caudal máximo de 8L/min. El sistema de filtración estuvo compuesto de tres elementos. Filtro de sólidos (5  $\mu$ m), filtro de carbón activado (10  $\mu$ m) y lámpara de luz ultravioleta (120 voltios, 60Hz) con una capacidad de 16.000 $\mu$ W-s/cm<sup>2</sup>. Los componentes del sistema de filtración fueron denominados como A, B y C respectivamente.

**Proceso de purificación.** Para conocer el efecto de cada componente del sistema de filtración sobre las propiedades fisicoquímicas del aguamiel, se realizaron pruebas de filtración de manera individual y combinada (A, B y C). Adicionalmente, al sistema de filtración se le implementó un depósito con capacidad de 12 L y una bomba de presión (20inHg) para facilitar la entrada del aguamiel. Durante el proceso de filtración del aguamiel se tomaron muestras de 250 mL, se colocaron en frascos previamente esterilizados y se mantuvieron a 4°C hasta su utilización para análisis posteriores.

**Análisis físico.** Se realizaron lecturas en muestras de aguamiel (2 mL) en un espectrofotómetro Beckman Du 530 a 540 nm, para determinar su densidad óptica.

**Análisis químico del aguamiel (pH, azúcares disueltos y contenido de minerales).** Se determinaron los azúcares disueltos del aguamiel de acuerdo al método AOAC, 932.12 (1990), colocando una gota en un refractómetro Erma, Tokio Jap. Se realizó la lectura a 24 °C y los datos se expresaron como grados Brix (<sup>o</sup>Bx). El pH se determinó con 100mL de la muestra con un potenciómetro Hanna Instrument Hi 255, tomando lectura a una temperatura ambiente entre 20 y 25 °C. El nitrógeno (como N-NO<sub>3</sub>) se determinó por medio del método de nitración del ácido salicílico, que se basa en la formación

de un complejo sobre condiciones altamente ácidas, el cual puede ser leído en espectrofotómetro a 410 nm en soluciones básicas (pH >12), siendo la absorbancia del material, directamente proporcional a la cantidad de nitrato presente, sin la ocurrencia de la interferencia de iones amonio, nitrito o cloro (Cataldo y col., 1975).

Los minerales magnesio, hierro, cobre, cinc, boro y selenio se determinaron por absorción atómica mediante el método de digestión húmeda (AOAC, 974.27). El calcio se determinó por medio de emisión atómica. En ambos casos, absorción atómica y emisión atómica, se utilizó un equipo Perking Elmer spectrophotometer 3110 Massachusetts, USA. Finalmente, el fósforo se determinó por el método colorimétrico de Sumner (1944), usando un espectrofotómetro Cintra 10e GBC de Scientific Equipment, Hampshire IL, USA.

## Resultados y discusión

### Implementación del sistema de purificación del aguamiel

Una muestra de aguamiel se sometió a filtración (Figura 1c) se observan dos frascos con aguamiel sin proceso de filtración: el de la izquierda contiene aguamiel esterilizado a 121 °C por 30 min y el de la derecha, aguamiel sin esterilización. En la base de ambos frascos se observó una acumulación de partículas orgánicas (tejido vegetal y microorganismos) que debería ser eliminada dando así una mejor apariencia para su presentación al público y su consumo. Fue notorio también el cambio de color del aguamiel al ser sometido al proceso de filtración.

### Propiedades físico-químicas de aguamiel filtrado

En el Cuadro 1 se muestran las características fisicoquímicas del aguamiel (densidad óptica, sólidos disueltos y pH) después de ser tratado por el sistema de purificación. La absorbancia del aguamiel disminuyó al ser filtrada por los diferentes componentes del sistema de purificación, tanto de manera individual, como en sus combinaciones. La menor absorbancia se presentó cuando el aguamiel fue filtrada por los componentes A+B+C (Figura 1d). Los sólidos disueltos disminuyeron en un 42.85 % al ser filtrada el aguamiel con los componentes A+B+C; mientras que con los componentes A+B la disminución de los mismos fue solamente del 21.85%. En relación al pH, se observó un incremento desde 3.6, correspondiente al aguamiel sin filtrar, hasta 5.6 cuando pasó a través de los filtros de sólidos más carbón activado (A+B).

Como en la prueba anterior se observaron cambios muy marcados cuando pasó el aguamiel por los tres componentes del sistema de purificación, se realizó otra prueba de purificación con aguamiel de reciente extracción y así conocer de manera más precisa los cambios fisicoquímicos cuando se usara el carbón activado (componente B) y la luz ultravioleta (componente C) (Cuadro 2). Se observó una disminución marcada de azúcares disueltos cuando se emplearon los tres componentes de filtración, pasando de 12.8°Bx a 3.8°Bx. Respecto a la densidad óptica también se observó una disminución importante al pasar de 1.74 a 0.90nm con los tres filtros. En el valor de pH se observó un incremento al pasar de 5.81 sin filtración a 6.12 con el filtro C de manera independiente, lo cual indicó que el filtro de luz ultravioleta y la luz misma pueden tener gran importancia en cuanto a la disminución de la acidez del aguamiel. Por lo tanto, para obtener un aguamiel con propiedades lo más parecidas a las que presenta cuando recién se extrajo del maguey, deberá tomarse en consideración el sistema de filtración a utilizar. Durante el proceso de filtración por los diferentes componentes, el aguamiel mostró diferente color: con el filtro de sólidos (A) el aguamiel mostró color claro, con el componente de carbón activado el aguamiel se mostró de color oscuro, es decir, el aguamiel arrastró partículas de carbón activado. El color oscuro del aguamiel disminuyó de intensidad cuando ésta fue tratada con la luz ultravioleta. Desafortunadamente, el proceso de carbón activado hizo poco factible la utilización del sistema de filtración para la purificación del aguamiel. En la Figura 1e se muestra las levaduras presentes en aguamiel

### Contenido de nitrógeno

El nitrógeno disminuyó 31.5% (de 47.6 a 32.6%) cuando el aguamiel fue tratada con los componentes A+B+C. Sin embargo, cuando pasó por el componente de carbón activado (B) y de luz ultravioleta (C), se incrementó el nitrógeno de manera notable.

### Comportamiento del contenido de minerales en el aguamiel

El fósforo disminuyó aproximadamente EL 70% (de 311 a 92.6ppm). El calcio y el magnesio se mantuvieron sin cambios. El hierro, cobre y zinc mostraron incrementos, aun cuando las muestras pasaron por los tres componentes, lo cual indicó que el aguamiel arrastró algunos componentes minerales del sistema de filtración y de manera contraria, algunos minerales del aguamiel fueron retenidos. El boro disminuyó 59% y el selenio se incrementó de manera sobresaliente de 0.17 a 0.43ppm. Se encontró selenio después de que pasó el aguamiel por los tres componentes (Cuadro 3).

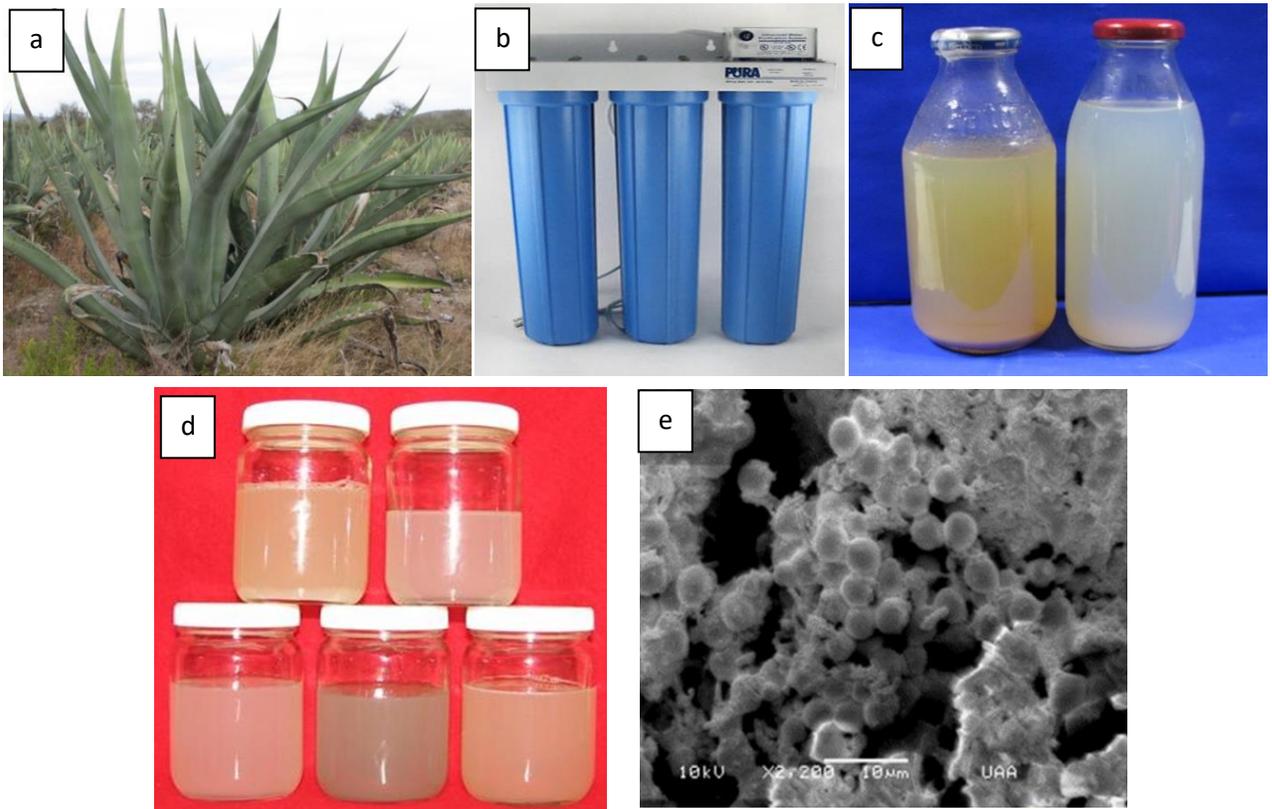


Figura 1.. a), Maguey (*Agave mapisaga*), planta de la cual se extrae el aguamiel; b), Equipo de purificación para aguamiel; c), Aguamiel filtrada (izquierda) y aguamiel no filtrada (derecha); d), Muestras de aguamiel (sin filtración, Filtro+CA+LU, Filtro+CA, CA y UV) y e). Microscopía electrónica de barrido de levaduras contenidas en el aguamiel.

Cuadro 1. Características fisicoquímicas del aguamiel filtrada.

Filtro	Densidad óptica (nm)	°Brix	pH
A (Sólidos)	0.733 ± 0.006	10.7 ± 0.057	4.84 ± 0.01
B (Carbón activado)	0.833 ± 0.001	10.2 ± 0.2	4.91 ± 0.01
C (Luz ultravioleta)	0.972 ± 0.007	10.2 ± 0.20	4.42 ± 0.005
ABC	0.296 ± 0.002	5.1 ± 0.57	4.61 ± 0.005
AB	0.455 ± 0.001	9.3 ± 0.057	5.63 ± 0.01
AC	0.482 ± 0.003	10.2 ± 0.1	4.91 ± 0.01
BC	0.575 ± 0.005	10.2 ± 0.57	4.91 ± 0.01
Sin filtración	1.187 ± 0.003	11.9 ± 0.57	3.60 ± 0.01

Cuadro 2. Comportamiento físico-químico del aguamiel recién extraída.

Tratamiento	Filtro	D. O. a 540 nm	°Brix	pH
1	Antes de la filtración	1.74	12.8	5.81
2	A+B+C	0.90	3.8	5.78
3	B	1.78	10.5	6.07
4	C	1.66	8.2	6.12

A: Filtro de sólidos, B: Filtro de carbón activado y C: Lámpara de luz ultravioleta. Los valores son el promedio de tres lecturas.

Cuadro 3. Efecto de la filtración en los contenidos de minerales.

Mineral	Sin filtración	Filtro A	Filtro B	Filtro C	ABC
Nitrógeno (N-NO <sub>3</sub> )	133.89	47.6	319.6	285.6	32.6
Fósforo	24.34	311.54	310.16	260.07	92.69
Calcio	24.34	0.01	0.01	0.01	0.03
Magnesio	12.17	0.01	0.01	0.01	0.01
Hierro	2.62	0.01	1.12	1.44	2.39
Cobre	0.90	0.01	0.01	0.03	0.60
Zinc	1.72	0.01	4.8	14.6	0.27
Boro	2.42	5.68	3.91	4.03	2.32
Selenio	-	0.17	0.31	0.59	0.43

## Conclusiones

Debido a que el aguamiel sufrió cambios drásticos en el contenido de minerales (acumulando o disminuyendo), se recomienda no someterlo a un proceso de filtración como el aquí utilizado. Se sugiere recolectar el aguamiel cada mañana (antes de que se eleve la temperatura del día), raspar la base del tallo para inducir la emergencia de aguamiel y colectar inmediatamente a las 4-6 horas. Repetir el proceso para colectar al mismo periodo por la tarde-noche para evitar al máximo la fermentación. Después de cada extracción, el aguamiel deberá filtrarse con tela fina, delgada, que evite el paso de sólidos vegetales perceptibles a simple vista. Posteriormente, el aguamiel deberá ser esterilizada a 121 °C por 30min para recipientes de 500mL y envasado para que conserve sus propiedades nutricionales y se asegure su inocuidad.

**Agradecimientos:** a Mario Morales Palacios, asistente del Dr. Dietmar, al Colegio de Posgraduados Campus S. L. P. y al TecNM Campus el Llano Aguascalientes por las facilidades otorgadas.

## Referencias

- Alanís, G. J. y M. González. 2011. Formas de uso de los magueyes (*Agave spp.*) en Nuevo León, México. RES-PYN. 5: 287-299.
- A.O.A.C, 1990. Official Methods of Analysis. Section 932.12 13th Ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington D.C. USA.
- Bernardi C, Drago S, Sabbag N, Sanchez H, Freyre M. 2006. Formulation and sensory evaluation of *Prosopis alba* (Algarrobo) pulp cookies with increased Iron and Calcium dialyzabilities. *Plant Foods Hum Nutr* (Formerly *Qualitas Plantarum*), 61 (1):1573-9104.
- Boccio J, Páez MC, Zubillaga M, Salqueiro J, Goldman C, Barrado D, Martínez M, Weill R. 2004. Causas y consecuencias de la deficiencia de hierro sobre la salud humana. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 54 (2):165-173.
- Carvajal ZO, Waliszewsky MS, Barradas DDM, Orta FZ, Hayward JPM, Nolasco HC, Angulo GO, Sánchez RR, Infanzón RM, Trujillo PRL. 2005. The consumption of *Hibiscus sabdariffa* dried caliz ethanolic extract reduced lipid profile in rats. *Plant Foods Hum Nutr*. 60 (4):153-159.
- Cataldo DA, Maroona M, Schradera LE, Youngs VL. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate plant tissue by nitration of acid salicylic. *Commun. Soil Sci. and plant analysis*. 6: 71-80.
- Cruz GAE, Olvera JL, García GM, Gómez RL. 2006. Inulinase-hyperproducing strains of *Kluyveromyces* sp. isolated from aguamiel (*Agave sap*) and pulque. *World J. Microbiol. Biotechnol*. 22 (2):115-117.
- Dellapenna D. 2007. Biofortification of plant-based food: Enhancing folate levels by metabolic engineering. *Proc Natl Acad Sci*. 104. 10:3675-3676.
- Estrada GAR, Cruz GAE, Lappe P, Ulloa M, García GM, Gómez RL. 2001. Isolation and identification of killer yeast from *Agave sap* (aguamiel) and pulque. *World J. Microbiol. Biotechnol*. 17 (6): 557-560.
- Gaitán D. 2006. Biodisponibilidad de hierro en humanos. *Rev. Chil. Nutr*. 33 (2): 142-148.
- García, M. J., H. Jiménez, J. L. Navarrete, R. Rico, R. Miranda y J. E. Botello. 2011. Kinetic study of the thermal hydrolysis of *Agave salmiana* for mezcal production. *J. Agr. Food Chem*. 59: 7333-7340.
- Granados SD. 1991. Los Agaves en México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 252 pp.
- Grusak MA, Dellapenna D. 1999. Improving the nutrient composition of plants to enhance human nutrition and health. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*. Jun 50:133-161.
- Grusak MA, Dellapenna D. 1999. Improving the nutrient composition of plants to enhance human nutrition and health. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*. Jun 50:133-161.
- Huecas-Garrido, L., Alanís-García, E., José Alberto Ariza-Ortega, J. A. y Zafra-Rojas, Q. Y. 2022. Subproductos de interés nutricional y funcional de *Agave salmiana*. *Rev. chil. nutrición* vol.49 no.2: 250-262. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182022000200250>.
- Makola D, Ash DM, Tatala SR, Latham MC, Ndossi G, Mehansho H. 2003. A micronutrient-fortified beverage prevents iron deficiency, reduces anemia and improves the hemoglobin concentration of pregnant Tanzanian women. *J. Nutr*. 1339-1346.

- Martínez M. 1999. Determinación, cuantificación e hidrólisis de inulina en el aguamiel de Agave Pulquero, Tesis de Licenciatura, UNAM, Facultad de Química, México, D.F., México. 91 pp.
- Muñiz-Márquez D.B., Rosa M. Rodríguez-Jasso, Raúl Rodríguez-Herrera, Juan C. Contreras Esquivel y Cristóbal N. Aguilar-González. 2013. Producción Artesanal del Aguamiel: Una Bebida Tradicional Mexicana . Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila . Volumen 5, No 10 :12-19.
- Silos-Espino, H., González N, Carrillo LA, Guevara F, González M, Paredes O. 2007. Chemical composition and *in vitro* propagation of *Agave salmiana* 'Gentry', J. Hort. Sci. Biotechnol. 82:355-359.
- Sumner BJ. 1944. A method for the colorimetric determination of phosphorus. Science. 100:413-414.
- Tovar CL, Perales SP, Nava CA, Valera MLL, Gómez LJF, Guevara LGL, Moreno HDJL and Silos EH. 2022. Effect of aguamiel (*Agave* sap) on hematic biometry in rabbits and its antioxidant activity determination. Ital J Anim Sci. 10. 21:106-110.
- Wilson EA, Demming AB. 2007. Antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties of garlic and onions. Nutrition and Food Science. 37(3):178-183.
- Muñoz E, Rosado J, López P, Furr H, Allen L. 2000. Iron and zinc supplementation improves indicators of vitamin A status of Mexican preschoolers. Am. J. Clin. Nutr. USA. 71: 789-794.
- Ortiz-Basurto R, Pourcelly G, Doco T, Williams P, Dornier M, Belleville M. 2008. Analysis of the main components of the aguamiel produced by the maguey-pulquero (*Agave mapisaga*) throughout the harvest period. J. Agric. Food Chem. 56 (10):3682-3687.
- Rosado J, López P, Morales M, Muñoz E, Allen LH. 1992. Bioavailability of energy, nitrogen, fat, zinc, iron and calcium from rural and urban Mexican diets. Br. J. Nutr. 68. 1:45-58.
- Rosado J. 1998. Zinc deficiency and its functional implications. Salud Publica Mex. 40. 29:181-188.
- Tovar, L. R., M. Olivos y M. E. Gutiérrez. 2008. Pulque, an alcoholic drink from rural Mexico, contains phytase. Its *in vitro* effects on corn tortilla. Plant Food Hum Nutr. 63: 189-194.
- Willems, J. L. y N. H. Low. 2012. Major Carbohydrate, Polyol, and Oligosaccharide Profiles of Agave Syrup. Application of this Data to Authenticity Analysis. J. Agr. Food Chem. 60: 745-8754.



# FLÚOR EN LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

M. G. González-Maldonado<sup>1\*</sup>, H. Silos-Espino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Investigador Posdoctoral CONAHCyT. Laboratorio de Bioprocesos. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330. <sup>2</sup>Laboratorio de Biotecnología Aplicada. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330.

\*Autor de correspondencia: gpemaldonado2016@gmail.com

## Resumen

En México, una gran parte de los cultivos agrícolas es regada con agua de extracción subterránea. Con la sobreexplotación de los acuíferos, se extrae el agua a profundidades cada vez mayores que incluso ya llegan a los 500 m, por lo que se está teniendo acceso a lo que se llama "aguas fósiles", las cuales han tenido un tiempo de residencia de hasta 35,000 años. En todo ese tiempo, el agua ha estado disolviendo compuestos que forman parte de rocas como la apatita y fluorita, ricas en flúor. Un factor adicional que contribuye a la disolución de fluoruros es la elevada temperatura del acuífero. Entonces, se les está suministrando a las plantas, concentraciones excesivas de fluoruros a través del agua, ocasionándoles un daño sistémico llamado fluorosis, el cual puede ocasionar desde disminución en la clorofila, falta de crecimiento, manchas marrones en las hojas hasta muerte de la planta. Aunque algunas investigaciones mencionan que los fluoruros se adhieren al suelo y tienen poca movilidad, muchas otras han demostrado que los fluoruros son absorbidos por la raíz y transportados especialmente a las hojas de la planta, mostrando además un efecto acumulativo. Lo anterior significa que, si dichas plantas son consumidas por animales o por los humanos, pueden ser un factor de riesgo de daño a la salud. Por otra parte, se mencionan dos estrategias, una empleando plantas (fitorremediación) y otra empleando microorganismos (biorremediación), como una opción tecnológica que puede ser de utilidad en la resolución de los problemas de la contaminación con fluoruros y la eventual recuperación de suelos.

Palabras clave: flúor en agua subterránea, movilidad del flúor en plantas, contaminación ambiental por flúor

## Abstract

In Mexico, a large part of agricultural crops is irrigated with groundwater. With the overexploitation of aquifers, water is extracted at greater and greater depths that even reach 500 m, for which reason there is access to what is called "fossil water", which has had a residence time up to 35,000 years old. In all this time, the water has been dissolving compounds that are part of rocks such as apatite and fluorite, rich in fluorine. An additional factor that contributes to the dissolution of fluorides is the elevated temperature of the aquifer. So, excessive concentrations of fluoride are being supplied to the plants through the water, causing systemic damage called fluorosis, which can cause anything from a decrease in chlorophyll, lack of growth, brown spots on the leaves, to the death of the plant. Although some investigations mention that fluorides adhere to the soil and have little mobility, many others have shown that fluorides are absorbed by the roots and transported especially to the leaves of the plant, also showing a cumulative effect. This means that if these plants are consumed by animals or humans, they can be a risk factor and cause damage to health. On the other hand, two strategies are mentioned, one using plants (phytoremediation) and the other using microorganisms (bioremediation), as a technological option that can be useful in solving fluoride contamination problems and eventual soil recovery.

Keywords: fluoride in groundwater, fluoride mobility in plants, environmental fluoride contamination

## Introducción

### El flúor y los fluoruros en el medio ambiente

Se ha estimado que el flúor es el decimotercer elemento más abundante en la corteza terrestre (aproximadamente el 0.065 % en peso). La inmensa mayoría de las veces el flúor aparece combinado con otros elementos formando compuestos. Aunque es posible detectarlo sin combinar en cantidades de traza, al romper ciertos espantos de flúor

radioactivos. En estado libre es un gas de color amarillo pálido con un olor penetrante y muy irritante. Al enfriarlo se condensa a estado líquido a  $-188\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; al reducir aún más la temperatura se solidifica a  $-220\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

El flúor elemental existe como molécula diatómica. Es un gas halógeno cuyo número atómico es 9 y su peso atómico es 19. Tiene una energía de disociación sumamente baja ( $38\text{ Kcal/mol}$ ) lo que le hace enormemente reactivo, teniendo una tendencia enorme a combinarse con otros elementos. Al ser el más electronegativo de todos los elementos químicos, es el agente oxidante más poderoso que se conoce (300) (Hernández-Lehmann, 1995). El flúor, al entrar en contacto con el medio ambiente no puede ser destruido, solamente cambia de forma (ATSDR, 2003). Los fluoruros se liberan en el medio ambiente de manera natural a través de la meteorización de emisiones volcánicas y aerosoles; así, se pueden encontrar en la atmósfera como gas o en forma de partículas que pueden ser transportadas por el viento y las turbulencias atmosféricas. El fluoruro de hidrógeno (HF) es un gas incoloro picante muy soluble en disolventes orgánicos y en agua, con la que forma ácido fluorhídrico que caerá a la tierra con la lluvia (ATSDR, 2003).

La concentración de fluoruros en el agua depende del pH, la dureza del agua y la presencia de materiales intercambiadores de iones como la arcilla. Una fuente importante de fluoruros es el agua subterránea; su concentración se incrementa a medida que el agua es extraída de profundidades mayores. Los fluoruros se transportan a través del ciclo hidrológico. En el suelo, los fluoruros dependen también del pH ligeramente ácido ( $5.5\text{-}6.5$ ) y de la formación de complejos, sobre todo con aluminio y calcio, también están presentes en organismos vivos. Son mucho más abundantes los compuestos inorgánicos de flúor, que se forman al unirse a elementos como el sodio, el aluminio y el magnesio, en comparación con los fluoruros orgánicos, en los cuales el flúor se une al carbono. No es fácil la lixiviación de los fluoruros del suelo. También se realiza la emisión de fluoruros a partir de actividades humanas como son: la combustión del carbón, fabricación de acero, producción primaria de aluminio, de cobre y de níquel. De igual manera, en la producción y uso de fertilizantes fosfatados, fabricación de vidrio, ladrillos y cerámica.

El ácido hexafluorosilícico ( $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ) y el hexafluorosilicato disódico ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ) se utilizan para la fluoración de los sistemas de abastecimiento de agua potable (Hernández-Lehmann, 1995; Elika, 2015). Las descargas de aguas residuales domésticas y de aguas residuales industriales (aguas negras) en suelos y cuerpos de agua superficiales pueden provocar también un aumento de la concentración de fluoruros en el medio ambiente, sobre todo si provienen de industrias del acero, aluminio, fertilizantes, insecticidas, acaricidas, de la elaboración de esmaltes y vidrios, de la fabricación de gomas y almidones adhesivos, así como del pretratamiento de cueros y pieles (NMX-AA-077-SCFI-2001; Vázquez-Alvarado y col., 2016).

Las fuentes industriales de emisión de flúor son en su mayoría fundiciones de aluminio y fábricas de fertilizantes fosfatados, así también de la combustión de carbón. Las fábricas de acero, ladrilleras, vidrio y porcelana contribuyen significativamente a la contaminación total por flúor. La mayor parte de los fluoruros añadidos al suelo son, o bien, efectivamente fijados al suelo por sus componentes (arcillas, Ca, y P) o fácilmente removidos por el agua. Se absorbe mayor cantidad de fluoruros por las plantas en suelos ácidos que en suelos alcalinos (Kabata-Pendias, 2011). Es un problema serio sobre todo su acumulación en el suelo y más aún, en aguas subterráneas (Elika, 2015). Se sabe que las plantas acumulan fluoruros y los animales que comen esas plantas, los pueden acumular en su organismo, sobre todo en dientes y huesos (ASTDR, 2003).

### **Fluoruros en agua superficial y subterránea**

Los fluoruros se asocian con varios elementos presentes en el agua, principalmente con aluminio en agua dulce y con calcio y magnesio en agua de mar y se depositan en el sedimento en donde se adhieren fuertemente a las partículas (ATSDR, 2003). Debido a la presencia universal de fluoruros en la corteza terrestre, toda el agua contiene fluoruros en diversas concentraciones que van desde los niveles traza hasta varios miligramos por litro (Piñón-Miramontes y Pérez, 2011). Por ejemplo, el agua superficial puede tener niveles de  $0.2\text{ ppm}$ ; en el agua de mar los valores oscilan entre  $0.8$  a  $1.4\text{ ppm}$  y muy importante, los valores para agua subterránea varían entre  $0.2\text{ ppm}$  hasta valores superiores a las  $1.5\text{ ppm}$  (ATSDR, 2003). La concentración de fluoruros en el agua subterránea depende de varios factores tales como: la concentración del flúor en los depósitos de fluoritas y otros minerales del subsuelo, la solubilidad del mineral y el tiempo de contacto con el medio (tiempo de residencia), el pH, la presión (Alarcón-Herrera y col., 2001; Piñón-Miramontes y Pérez, 2011), la altura sobre el nivel del mar y la termalidad de las aguas o actividad geotérmica. En áreas donde la roca

natural es rica en fluoruros o donde existe actividad geotérmica o volcánica, se pueden presentar niveles muy altos en el agua subterránea o en aguas termales, arriba de los 50 mg/L (Greenfacts, 2002).

Existe una relación directa entre la concentración del ión fluoruro del acuífero profundo, la termalidad del agua y la conformación geológica, generalmente de roca volcánica fracturada (Hurtado-Jiménez y Gardea-Torresdey, 2005).

La concentración de flúor en el agua se incrementa en presencia de Cs, Li<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, y Br<sup>-</sup> (Ortega-Guerrero, 2009). Los niveles de fluoruros en aguas de manantial generalmente varían de 0.02 hasta 1.5ppm, pero a menudo sobrepasan 1.5ppm (ASTDR, 2003). De acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas, el límite máximo permisible de fluoruros contenidos en el agua es de 1.5 mg/L (NOM-127-SSAI-1994; Pamila-Tecuautzin, 2019).

México se abastece de pozos por medio de los cuales se pone a disposición agua destinada para riego de cultivos agrícolas procedente de acuíferos cada vez más profundos, en los cuales se registran concentraciones de fluoruros mayores a la recomendada.

Se han medido concentraciones que llegan a niveles entre 3.0 y 6.0 mg/L (CONACYT, 2019) o incluso llegan a valores tan altos como 16mg/L, debido a la extracción de aguas fósiles que tienen un tiempo de residencia de hasta 35,000 años (Ortega-Guerrero, 2009). En el estado de Aguascalientes ya se han cuantificado concentraciones de fluoruros de 13.102 mg/L (IMTA, 2021), obtenidas de aguas extraídas de pozos hasta de 500m de profundidad (CONAGUA, 2020).

### Fluoruros en suelos agrícolas

El flúor es un elemento litófilo típico en condiciones subterráneas y se concentra en algunas rocas: en rocas ígneas se encuentra en menos de 850 mg/kg; en rocas ígneas félsicas su concentración llega a ser mayor a 1,000 mg/Kg; en rocas sedimentarias, es menor a 800 mg/Kg. Una alta concentración de flúor está asociada con algunos depósitos de fosfato en grandes áreas (Kabata-Pendias, 2011). En la superficie de la tierra, el rango de concentración de fluoruros, en general, es de 0.01 a 0.3 mg/L (WHO, 1984). Generalmente están combinados con rocas y tierra en una amplia variedad de minerales tales como: el espato de flúor o fluoruro cálcico (CaF<sub>2</sub>), criolita (Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>), apatita [Ca<sub>5</sub> (PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>F] y topacio Al<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> (FOH)<sub>2</sub>. Durante la formación y en presencia de iones flúor, el ión fluoruro puede sustituir al ión hidroxilo (OH<sup>-</sup>) en ciertos minerales como la muscovita (K<sub>2</sub>Al<sub>4</sub>(Si<sub>6</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>20</sub>) (OH,F)<sub>4</sub> que está en el grupo de las micas, y en los anfíboles tal como la amosita (FeMg)<sub>7</sub>(Si<sub>4</sub>O<sub>11</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>4</sub> y también en astas o cuernos de animales (Ca,Na)<sub>2-3</sub>Mg,Fe,Al<sub>5</sub>(Si,Al)<sub>8</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>. Puede encontrarse en los andosoles volcánicos y como producto de la emisión en las industrias fabricantes de fertilizantes de fosfato. Esta concentración se puede incrementar varios miles de µg/g en suelos minerales con depósitos naturales de fluoruros o fosfatos. Los fluoruros en forma de gas o de partículas, son transportados por el aire y tienden a acumularse dentro de la capa superficial de los suelos; pueden desplazarse por toda la zona radicular, incluso en suelos calcáreos (Delmelle y col., 2003; Msonda y col., 2007; Mirlean y Rosenberg, 2007). En el suelo, en condiciones naturales, el flúor es ligeramente móvil; sin embargo, en suelos ácidos su solubilidad generalmente se incrementa debido a la existencia de fluoruros fácilmente solubles como son NaF, KF, y NH<sub>4</sub>F. Entonces, la movilidad del flúor en el suelo es variable y altamente controlada por el pH, su mayor solubilidad es en pH por debajo de 5 y por encima de 6.

El flúor en solución produce cationes especialmente complejos AlF<sup>2+</sup>, así mismo como los aniones AlF<sup>4-</sup>, FSiF<sub>6</sub><sup>2-</sup> y BF<sup>4-</sup> y AlF<sub>6</sub><sup>3-</sup> (Kabata-Pendias y Sadurski, 2004). La fluorita es el compuesto de mayor disponibilidad, el cual se encuentra en el granito, gneis y pegmatita (Galicia y col., 2011). El contenido de arcilla y carbono orgánico, también están asociados con la retención de fluoruros en el suelo. Los fluoruros se asocian principalmente con los coloides del suelo o con la fracción de arcillas. Para todos los suelos, el contenido de fluoruros solubles es biológicamente importante para las plantas y los animales (Greenfacts, 2002). La importancia del flúor en los suelos se debe a que pueden ser incorporados y acumulados por las plantas o pueden depositarse en forma de polvo en las partes altas de las plantas.

La cantidad de fluoruros incorporada por las plantas depende del tipo de planta, la naturaleza del suelo, de la cantidad y la forma química de fluoruro en el suelo. Los suelos suelen adsorber fuertemente los fluoruros, por lo cual la absorción

por las plantas mediante esa vía es baja y la lixiviación de este contaminante del suelo es también mínima. Sin embargo, hay registro de casos de fluorosis en ganado, posiblemente por ingestión de pasto crecido en suelo contaminado con fluoruros debido al uso de fertilizantes fosfatados que lo contienen como impureza (IPCS, 2002).

Los compuestos de flúor añadidos al suelo por contaminación son fácilmente solubles y disponibles para las plantas. La mayor parte del flúor añadido al suelo es o bien, efectivamente fijado al suelo por sus componentes (arcillas, Ca, y P) o fácilmente removido por el agua.

Se absorbe mayor cantidad de flúor por las plantas en suelos ácidos que en suelos alcalinos (Kabata-Pendias, 2011). El riesgo más importante de la contaminación por flúor en los suelos se refiere a los cambios en sus propiedades, debido a la formación de ácido fluorhídrico, la descomposición de arcillas y otros minerales de sílice y la pérdida significativa de materia orgánica (Bolewski y col., 1976). Se enfatiza pues, que factores como una concentración alta de fluoruros en el suelo o un pH bajo, la presencia de arcilla y/o materia orgánica pueden aumentar sus niveles en solución, aumentando la absorción a través de las raíces vegetales (IPCS, 2002).

### **Riego de cultivos con agua subterránea con exceso de fluoruros**

En los últimos 20-30 años, se ha presenciado un auge mundial en el uso de agua subterránea para riego en áreas sujetas a estaciones secas largas y/o sequías regulares (Llamas y Martínez-Santos, 2005). En India, por ejemplo, el área regada con agua subterránea ha aumentado 500% desde 1960 (Shah, 2009). La agricultura de regadío es hoy el mayor extractor y consumidor de agua subterránea. Casi el 40% de toda la tierra cultivada que se riega está "equipada con agua de pozo"; con grandes agroeconomías dependientes del agua subterránea en el sur y este de Asia. Las naciones con las mayores áreas de uso de agua subterránea son India (39Mha) y China (19Mha). Se tiene también muchos ejemplos importantes de riego a partir de aguas subterráneas a escala comercial en Latinoamérica, Oriente Medio y el norte de África, lo que se ha vuelto una fuente vital de empleo local, producción nacional e ingresos por exportaciones para los países involucrados, como Brasil, Argentina, Perú, México, Marruecos y Egipto. Continúan a los ejemplos anteriores, grandes áreas de los Estados Unidos, Israel y España, con agricultura de regadío comercial a gran escala por medio de recursos hídricos subterráneos. No obstante, el continuo agotamiento del agua subterránea, resultado de la explotación excesiva del recurso a largo plazo, puede en algunos casos, resultar en consecuencias serias como una concentración exacerbada de fluoruros, salinización de acuíferos, que es un proceso muy insidioso y a menudo complejo que surge de una variedad de mecanismos físicos y hundimiento problemático del terreno debido al asentamiento de los acuitardos intercalados en formaciones aluviales y/o lacustres (Foster, 2013).

### **Acumulación de fluoruros en las plantas cultivadas y silvestres**

Todos los organismos, tanto terrestres como acuáticos están expuestos a los fluoruros emitidos por fuentes naturales y/o por actividades humanas. Los niveles de fluoruros en la biota terrestre son aún más altos en áreas cuyas concentraciones son mayores. Por lo tanto, una exposición excesiva ocasiona un riesgo (Greenfacts, 2002). El riego de cultivos agrícolas con aguas subterráneas que contienen concentraciones altas de fluoruros, puede ser un factor de riesgo muy importante en la acumulación de estos compuestos y el posterior daño a la salud de los animales y humanos que los consumen. Los fluoruros pueden ser incorporados y acumulados por las plantas o bien, pueden depositarse en forma de polvo en las partes altas de ellas. La cantidad de fluoruro incorporado depende del tipo de planta, la naturaleza del suelo, de la cantidad y la forma de fluoruro en el suelo (ASTDR, 2003). Las plantas cultivadas en suelos no contaminados tienen una concentración promedio de fluoruro de menos de 10 mg/Kg. La figura 1 muestra cómo absorben las plantas el fluoruro del suelo y del aire contaminado, lo translocan y lo acumulan en las paredes celulares.

Las plantas son vulnerables a la acumulación de fluoruro y su proceso de crecimiento y desarrollo puede verse afectado negativamente, incluso con un nivel bajo de deposición de fluoruro (Sahariya y col., 2021). Sin embargo, se encontró que plantas como *Zea mays* y *Lupinus luteus* son tolerantes al fluoruro debido a su capacidad de síntesis de proteínas y autoprotección contra la degradación de proteínas (Banerjee y Roychoudhury, 2019; Kumar y col., 2021). Las plantas absorben el fluoruro del suelo o del aire a través del sistema radicular o de estomas. Los iones de fluoruro entran directamente en el xilema y el floema vegetal a través de la corteza de las raíces secundarias y de la epidermis (Figura 1). Después de eso, el fluoruro se difunde en la planta a través de los estomas (Kumar y col., 2021).

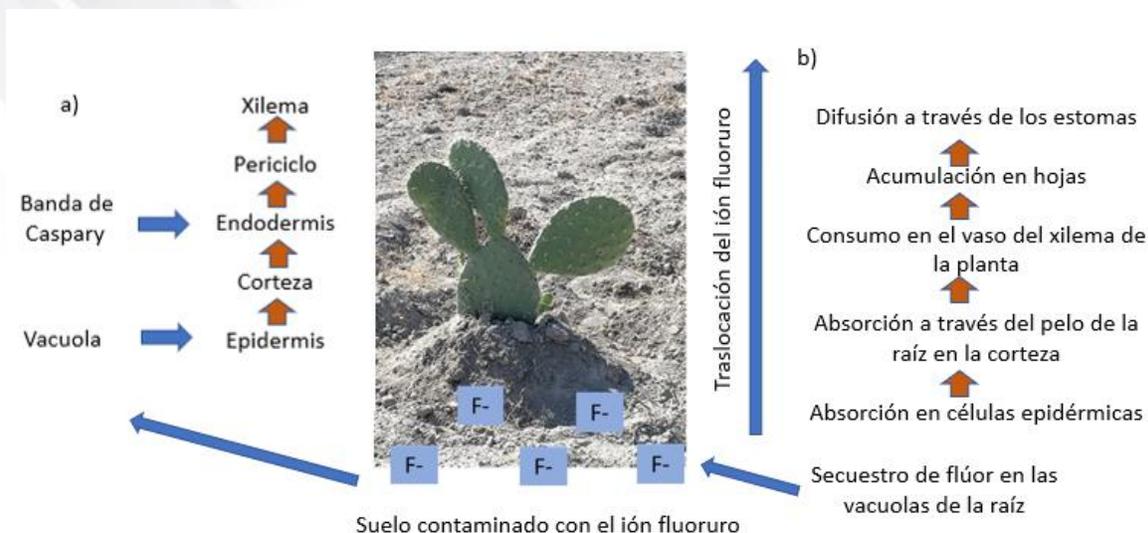


Figura 1. Absorción del ión fluoruro a) a partir del suelo y b) a partir del aire. Modificado de (Kumar y col., 2021).

La fracción soluble de flúor en el suelo es absorbida por las raíces y transportada fácilmente a la parte aérea, esta afirmación se sustenta en la observación de campos irrigados con contenido alto de fluoruros, en los cuales se encontró que las plantas de cereales acumularon también altas concentraciones (3.250 mg/Kg a 50 mg/Kg de flúor) (Kabata-Pendias, 2011). La concentración suele ser más alta en la raíz que en los brotes; sin embargo, la cantidad que se absorba por las raíces dependerá de las características del suelo como el pH, textura, contenido de agua, contenido de materia orgánica y capacidad de intercambio de aniones y cationes, forma química del compuesto y especie vegetal. Adicionalmente, la presencia de arcilla y/o de materia orgánica en el suelo, pueden aumentar los niveles de fluoruros disponibles, incrementando así la absorción a través de la raíz de la planta. Por otra parte, los fluoruros en forma gaseosa pueden ingresar a los tejidos vegetales a través de los estomas y acumularse en las hojas (Greenfacts, 2002).

Se conoce que algunas plantas usadas para preparar té, pueden incorporar grandes concentraciones de flúor del suelo, por ejemplo, té de tila, menta, hibisco, ortiga y manzanilla (ASTDR, 2003; Koblar y col., 2011). También se ha reportado que la remolacha acumula concentraciones altas de fluoruros (ELIKA, 2015). En las plantas, altos niveles de fluoruros pueden provocar un amarillamiento de hojas y un crecimiento más lento, como se ha observado en estudios en los que se han depositado fluoruros sobre las hojas. La toxicidad del fluoruro conduce al estrés oxidativo, una disminución en el contenido de clorofila y cambios en las concentraciones de azúcares solubles, nitrógeno, prolina, betaína y macro y micronutrientes en las plantas (Kumar y col., 2021). Los líquenes se han utilizado ampliamente como biomonitores de fluoruros. Se midieron concentraciones de fluoruros de 150 a 250mg/Kg en líquenes que crecían a una distancia de 2 o 3 km de las fuentes de emisión de fluoruros (Greenfacts, 2002). Desde 1957, en experimentos realizados con tomate y lechuga, Jäger encontró que existía un comportamiento muy diferente en cuanto a la acumulación de flúor por parte del fruto de tomate y de las plantas de lechuga y radicheta.

El fruto de tomate obtenido con riego fluorurado contenía 2.6 veces más flúor que el procedente de cultivo normal; en cambio la lechuga de cultivo fluorurado contenía 27 veces más flúor que el cultivo normal y en el caso de la radicheta el valor observado era de 15 veces mayor para el vegetal procedente de riego fluorurado.

La elevada concentración de flúor registrada en las plantas de lechuga y radicheta, cuando procedían de cultivo fluorurado, excedió al máximo permitido de 7mg/Kg en base tal cual, propuesto por la *Food and Drug Administration* (FDA) para productos alimenticios de origen vegetal. El investigador advirtió que la ingestión prolongada y continuada de esos vegetales en forma cruda, cuando proceden de cultivos en suelos ricos en flúor o que hayan sido regados en

forma deliberada con aguas que contienen este halógeno en concentraciones elevadas, puede tener una incidencia desfavorable desde el punto de vista nutricional (Jäger, 1957).

En otro trabajo de investigación empleando tomate verde (*Physalis ixocarpa*) regado con agua a una concentración de 20 mg de fluoruros/L, no se encontraron efectos significativos en cuanto a la longitud, biomasa húmeda y seca, pero sí se observaron daños en sus hojas. El mismo autor encontró que en una mezcla de pasto regado con agua fluorada a 20 mg/L, al cabo de tres meses presentó una disminución de la biomasa, efecto provocado por la presencia de fluoruros. Cuantificó la concentración de fluoruros acumulada en la parte aérea y raíz para ambas especies: el pasto presentó concentraciones tan altas como 50 mg de fluoruros/Kg de biomasa seca en la parte aérea y 219 mg de fluoruros/Kg de biomasa seca en la raíz; en el tomate la concentración mayor fue de 287.5mg de fluoruros/Kg de biomasa seca en la parte aérea y 1,804.3 mg de fluoruros/Kg de biomasa seca en la raíz (Martínez, 2014).

### Fitotoxicidad de los fluoruros

Uno de los medios para conocer el daño potencial que se pudiera originar a los cultivos, procedente del agua de riego, es la realización de pruebas de fitotoxicidad. Una de ellas es la OECD-208 (2006): *Terrestrial plants, growth test*, que evalúa los efectos potenciales de sustancias, sobre la germinación y el crecimiento de las plantas. Varias respuestas de las plantas pueden ser medidas en un bioensayo de fitotoxicidad dependiendo del diseño del experimento. En general, los efectos de las sustancias tóxicas en las plantas pueden ser analizados usando la germinación, el crecimiento medido en peso fresco, longitud de la raíz durante la duración de la prueba o las observaciones físicas como la clorosis (hojas amarillentas), necrosis (muerte de las células de la planta), entre otros. Los signos de fitotoxicidad del fluoruro inorgánico (fluorosis), como clorosis, necrosis y disminución de las tasas de crecimiento, tienen más probabilidades de ocurrir en los tejidos jóvenes y en expansión de las plantas de hoja ancha y en las agujas alargadas de las coníferas (Hoffman y col., 2003).

La acción del flúor o de sus derivados sobre las especies vegetales se caracteriza por ser acumulativa. Aunque algunas especies de plantas tienen una capacidad inherente para tolerar el fluoruro, el crecimiento y el metabolismo de numerosas especies de cultivos se ven inhibidos por el exceso de fluoruro. Pueden ocurrir alteraciones bioquímicas, fisiológicas y moleculares en las plantas debido al contacto prolongado con el fluoruro. Sin embargo, el efecto del fluoruro en las especies de plantas puede ser agudo, crónico o grave. La actividad metabólica, la absorción de nutrientes, la germinación, el crecimiento y el rendimiento, el daño de las hojas y los frutos, la fotosíntesis, la respiración, la síntesis de proteínas, la acumulación de biomasa sintetizada de nucleótidos, el metabolismo de los carbohidratos, las actividades enzimáticas, los patrones de expresión génica y la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) podrían verse afectados negativamente en las plantas. debido a la toxicidad del fluoruro (Kumar y col., 2021).

La sensibilidad es muy variable, según las especies y los individuos. Las alteraciones visibles en las plantas se manifiestan inicialmente con reblandecimientos en las zonas afectadas, seguidamente de necrosis (muerte celular de alguna parte de la planta) color marfil, negro o marrón rojizo en casos de clara contaminación por flúor. A medida que la hoja sigue sufriendo la contaminación, la necrosis aumenta de tamaño, hasta que los sistemas foliares comienzan a perecer por completo y muere la planta. Las frutas de hueso sufren mucho con la acción del flúor, así como las coníferas en general (Seoáñez, 1999).

Se observó que en la especie *Hypericum perforatum* o hierba de San Juan, los fluoruros entran a través de las raíces y en una concentración de 420ppm de NaF inducen la muerte de la planta en unas pocas horas; en una concentración de 210 ppm inducen alteraciones en la planta en 24 horas, ocasionando gravísimos síntomas de daños foliares como la aparición de una coloración rojiza-café, nódulos negros y decoloración (Figura 2) (Baroni, 2001).

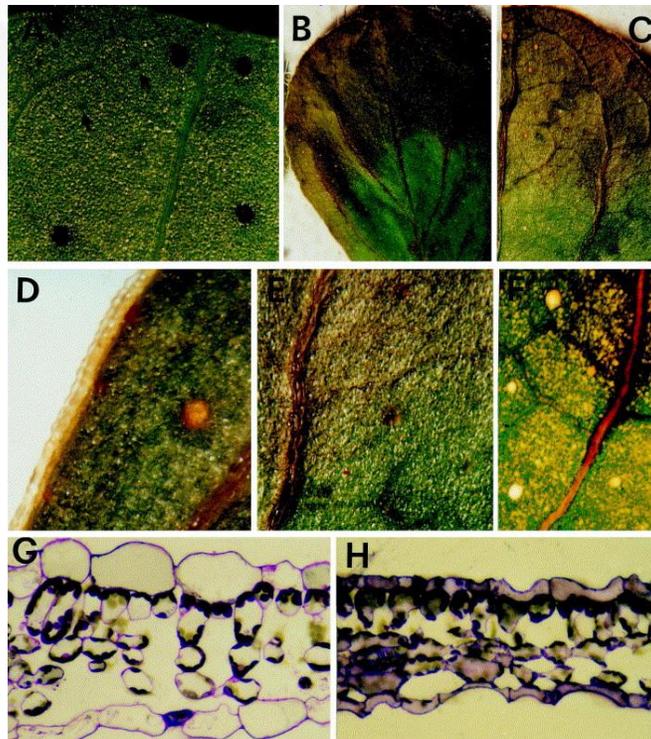


Figura 2. Efectos del flúor en la planta *Hypericum perforatum*. (Tomado de Baroni, 2001).

Los signos característicos son visibles en la hoja, mostrando la punta ("quemadura de la punta") con necrosis marginal, separada de los tejidos sanos no afectados por una línea muy marcada (A-D). Este estudio trata sobre las alteraciones en la micromorfología (G y H) y anatomía de la hoja (E y F) así como los cambios encontrados en algunos parámetros bioquímicos tras tratamientos experimentales con fluoruros (NaF) en condiciones controladas sobre *Hypericum perforatum*.

Inicialmente, se produce un marchitamiento severo en las hojas maduras, luego los tejidos de la punta y las porciones de la hoja del margen cambian de color, volviéndose de color marrón rojizo. El tipo más común de lesión celular observado fue un colapso total. Entre los orgánulos celulares, los cloroplastos están muy alterados: el sistema lamelar es apenas reconocible y la envoltura externa interrumpida. A las 72 horas del inicio de los tratamientos con flúor, las concentraciones foliares de flúor alcanzaron valores muy altos, mientras que los pigmentos fotosintéticos disminuyeron y el contenido de antocianinas aumentó. La actividad de la superóxido dismutasa se vio afectada negativamente (Baroni, 2001).

En estudios de laboratorio, los fluoruros parecen ser tóxicos para los procesos microbianos en concentraciones encontradas en suelos moderadamente contaminados con fluoruros. De manera similar, en el campo, la acumulación de materia orgánica en las cercanías de las fundiciones se ha atribuido a la inhibición severa de la actividad microbiana por los fluoruros.

La inducción de fluorosis se ha demostrado claramente en experimentos de laboratorio, invernadero y parcelas de campo controladas. Una gran cantidad de artículos publicados sobre la toxicidad del fluoruro para las plantas se refieren a la fumigación de invernaderos con fluoruro de hidrógeno. La necrosis foliar se observó por primera vez en vides (*Vitis vinifera*) expuestas a 0.17 y 0.27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  después de 99 y 83 días, respectivamente. Sin embargo, debe señalarse que en el campo, uno de los principales problemas con la identificación de los efectos del fluoruro es la presencia de variables de confusión, como otros contaminantes atmosféricos. Por lo tanto, se debe tener cuidado al interpretar los estudios de campo sobre la contaminación por fluoruro (Greenfacts, 2002).

El nivel más bajo de efecto tóxico observado para la necrosis de las hojas (65 % de las hojas) en la gladiola "Princesa de las nieves" (*Gladiolus grandiflorus*) fue de 0.35  $\mu\text{g}$  de fluoruro/ $\text{m}^3$ . El fluoruro en el aire también puede afectar, induciendo el desarrollo de enfermedades en las plantas, aunque el tipo y la magnitud de los efectos dependen de la combinación específica de planta y patógeno. Varios estudios de cultivos en solución a corto plazo han identificado un umbral tóxico para la actividad del ión fluoruro que oscila entre aproximadamente 50 y 2,000  $\mu\text{mol}$  de fluoruro/litro. La toxicidad es específica no solo de las especies de plantas, sino también de las especies iónicas de fluoruro; algunos complejos de fluoruro de aluminio presentes en cultivos, en solución, pueden ser tóxicos a concentraciones de 22 a 357  $\mu\text{mol}$  de fluoruro/litro, mientras que el fluoruro de hidrógeno es tóxico a concentraciones de 71 a 137  $\mu\text{mol}$  de fluoruro/litro. Se han llevado a cabo algunos estudios en los que las exposiciones al fluoruro se han producido a través del suelo. Se ha demostrado que las fundiciones de aluminio, las fábricas de ladrillos, las plantas de fósforo y las plantas de fertilizantes y fibra de vidrio son fuentes de fluoruro que se correlacionan con daños a las comunidades de plantas locales. La vegetación en las cercanías de una planta de fósforo reveló que el grado de daño y los niveles de fluoruro en el humus del suelo estaban inversamente relacionados con la distancia a la planta. Los niveles promedio de fluoruro en la vegetación variaron de 281 mg/Kg en áreas severamente dañadas a 44 mg/Kg en áreas levemente dañadas; en un sitio de control, la concentración de fluoruro fue de 7mg/Kg. Las comunidades de plantas cercanas a una fundición de aluminio mostraron diferencias en la composición y estructura de la comunidad debido en parte, a variaciones en la tolerancia al fluoruro.

### **Remediación de agua y suelo contaminados con fluoruros**

Estudios recientes han demostrado que algunas plantas con determinadas características incrementan la biodegradación de una variedad amplia de moléculas orgánicas xenobióticas en suelos contaminados. La fitorremediación es una opción tecnológica que puede ser de utilidad en la resolución de los problemas de la contaminación con fluoruros y la eventual recuperación de suelos. La biorremediación es otro de los enfoques importantes para la eliminación de fluoruro del suelo o el agua contaminados. Además, ha cobrado protagonismo la eliminación de metales tóxicos, incluido el fluoruro, a través de microorganismos. Las técnicas de eliminación de fluoruro basadas en microorganismos son rentables, requieren menos energía y tienen métodos de operación simples.

#### **Fitorremediación**

La fitoextracción o fitoacumulación consiste en la absorción de contaminantes por las raíces. Es la capacidad de algunas plantas para acumular contaminantes en sus raíces, tallos o follaje. Este mecanismo ha sido ampliamente estudiado en plantas que acumulan metales y recientemente con materiales radioactivos.

Su efectividad ha sido demostrada con todo tipo de contaminantes xenobióticos que van desde las moléculas inorgánicas hasta las orgánicas. La fitorremediación incluye interacciones complejas en donde participan la planta, el suelo y los contaminantes (López- Martínez y col., 2005).

La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. Estas fitotecnologías ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos físicoquímicos que se usan en la actualidad, por ejemplo, su amplia aplicabilidad y bajo costo (Delgado-López y col., 2011).

#### **Remediación microbiana o biorremediación**

Los microorganismos pueden oxidar los metales de transición y también tienen la capacidad de disolver metales pesados. La capacidad de las técnicas de remediación microbiana para defluorurar el agua que usa células vivas o muertas inmovilizadas ha sido bien documentada en la literatura.

Sin embargo, las células vivas podrían ser una mejor opción para hacer que la remediación microbiana sea más efectiva, activa y en crecimiento debido a propiedades como la autorreposición, la naturaleza adaptativa en respuesta a condiciones desfavorables y la absorción de metales como fuente de energía. Además, los consorcios, es decir, las configuraciones binarias que utilizan microorganismos deben utilizarse con fines de eliminación. Se debe hacer hincapié

en los organismos degradadores de fluoruro eficientes, para comercializar el método de remediación de fluoruro (Kumar y col., 2021).

### Referencias

- Alarcón-Herrera, M. T., Martín- Domínguez, I. M., Trejo-Vázquez, R. y Rodríguez Dosal, S. 2001. Well water fluoride, dental fluorosis and bone fractures in the Guadiana Valley of México. *Fluoride*. 34(2)134-139.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2003. Resumen de salud pública. Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs11.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs11.html). Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1980. *Official Methods of Analysis*. 13ava edición. Washington DC.
- Banerjee, A. y Roychoudhury, A. 2019. Flúor: un agente biopeligroso para las plantas y estrategias de fitorremediación para su eliminación del medio ambiente. *Biol Plant*. 63, 104-112.
- Baroni, R. 2001. Phytotoxic effects of fluorides. *Plant Science*. 161, 979-985.
- Bolewski, A., Fijal, J., Klapyta, Z., Manecki, A., Ptasínska, M., and Zabínski, W. 1976. Geochemical changes in natural environment within zones of industrial emission of fluorine compounds, in: Kabata-Pendias A. 2011. *Trace Elements in Soils and Plants*, 4ta Edición, EUA, CRC Press.
- CONACYT. 2019. Contaminación de los acuíferos mexicanos por fluoruro. *Ciencia y Desarrollo*. <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=495>. Consultado el 24 de enero de 2023.
- CONAGUA. 2020. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Aguascalientes (0101), estado de Aguascalientes.
- Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R. y Acevedo-Sandoval, O. 2011. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14 (2011): 597- 612.
- Delmelle, P., Delfosse, T. y Delvaux, B. 2003. "Sulfate, chloride and fluorosis retention in Andosols exposed to volcanic acid emissions". *Environ Pollut*. 126: 445- 457.
- Elika. 2015. Sustancias indeseables I. Alimentación animal. Fundación Vasca para la Alimentación Animal. Rev.: 1. <https://alimentacion-animal.elika.eus>.



# LA SEQUÍA EN MÉXICO, SEGURIDAD ALIMENTARIA Y ALTERNATIVAS PARA UNA MAYOR CAPTACIÓN DE AGUA

M. G. González- Maldonado<sup>1\*</sup>, H. Silos-Espino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Investigador Posdoctoral CONAHCyT. Laboratorio de Bioprocesos. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330. <sup>2</sup>Laboratorio de Biotecnología Aplicada. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330.

\*Autor de correspondencia: gpemaldonado2016@gmail.com

## Resumen

La sequía es una anomalía transitoria, más o menos prolongada, caracterizada por un periodo de tiempo con precipitaciones inferiores a las normales ocurridas en el área. La sequía agronómica para la "agricultura de secano", entendida como la sequía por déficit de humedad de la tierra, subsiguiente a una sequía meteorológica, produce impactos negativos en la producción de la cosecha y/o en el crecimiento de vegetación natural. La sequía agronómica para la "agricultura de regadío" se describe como la escasez de agua para abastecer a los sistemas de irrigación, debida al déficit en las aguas superficiales o en los aprovechamientos de extracción subterránea para uso agrícola. Una sequía es un evento normal y recurrente que se presenta de forma cíclica en todas las zonas climáticas del mundo, aunque con mayor intensidad y frecuencia en las zonas áridas y semiáridas. En México, este fenómeno sucede en promedio "cada 20 años" y cuando se presenta provoca un desbalance en el ciclo del agua, pues la disponibilidad del recurso hídrico es insuficiente para satisfacer las necesidades de los seres vivos. Una sequía puede durar en promedio de uno a tres años y termina cuando las lluvias regresan y se recupera el índice normal de precipitación. La sequía representa grandes retos en cuanto al abasto de agua para la agricultura y la producción de alimentos. En la actualidad, se está enfatizando en que la innovación y el uso de la tecnología aplicada en el manejo del agua, los sistemas agroalimentarios, uso de la tierra, obtención de alimentos e insumos, la pérdida de biodiversidad nos permitirá lograr que los sistemas agroalimentarios sean más resilientes a las perturbaciones y los peligros climáticos, haciendo especial hincapié en la garantía de un acceso asequible y equitativo para las comunidades rurales pobres y vulnerables.

Palabras clave: sequía, seguridad alimentaria, escasez de agua

## Abstract

Drought is a transitory anomaly, more or less prolonged, characterized by a period of time with lower than normal rainfall in the area. Agronomic drought for "dry agriculture" (secano agriculture), understood as the drought due to soil moisture deficit, subsequent to a seasonal drought, produces negative impacts on crop production and/or on the growth of natural vegetation. Agronomic drought for "irrigated agriculture" is described as the scarcity of water to supply irrigation systems, due to the deficit in surface water or in the exploitation of underground extraction for agricultural use. A drought is a normal and recurring event that occurs cyclically in all climatic zones of the world, although with greater intensity and frequency in arid and semi-arid zones. In Mexico, this phenomenon happens on average "every 20 years" and when it occurs it causes an imbalance in the water cycle, since the availability of water resources is insufficient to meet the needs of living beings. A drought can last on average from one to three years and ends when the rains return and the normal rate of precipitation recovers. Drought represents great challenges in terms of water supply for agriculture and food production. At present, it is emphasizing that innovation and the use of applied technology in water management, agri-food systems, land use, obtaining food and inputs, the loss of biodiversity, will allow us to achieve that the systems Agri-food products are more resilient to climate shocks and hazards, with a particular emphasis on ensuring affordable and equitable access for poor and vulnerable rural communities.

Keywords: drought, food security, water scarcity

## La sequía y su relación con la seguridad alimentaria

Existen varios factores que explican el origen de la sequía en México, tales como la intensidad del fenómeno de La Niña, la deficiente infraestructura hídrica, la sobreexplotación empresarial y agrícola, el cambio de uso de suelo, así como el uso desmedido del agua debido a la falta de educación ambiental en la mayoría de la población. Sin Duda, la sequía y la seguridad alimentaria están estrechamente relacionadas. La capacidad de producción de alimentos va ligada a la disponibilidad de agua para satisfacer los requerimientos hídricos de los cultivos. La agricultura de temporal suministra globalmente alrededor del 60 % de los alimentos. La agricultura de temporal está sujeta a la gran incertidumbre, porque la producción de los cultivos depende de la presencia de lluvias, es decir, está sujeta al comportamiento del clima y otros factores; además se ve afectada por escasez y retraso de lluvias y en ocasiones por exceso de lluvia. México cuenta con 32.4 millones de hectáreas destinadas a la cosecha, de las que el 21 % cuentan con riego y el 79 % restantes dependen de la lluvia, según datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria. Con respecto al valor de la producción total a nivel nacional el 40% es aportado por la agricultura de temporal (CONAGUA, 2021). La intensificación de la escasez de agua en la agricultura afecta la producción de alimentos, lo que a su vez amenaza la seguridad alimentaria de todos, pero en particular la de los más pobres. En la agricultura, la escasez de agua propicia un decremento en el rendimiento de los cultivos entre un 20 y 50 %, provocando un crecimiento desacelerado de la economía, de tal forma que, según el Banco Mundial (2021), en 2050, las tasas de crecimiento económico podrían disminuirse en un 6 % del PIB. Generalmente se habla de sequía como algo catastrófico e inevitable, sin embargo, se puede manejar la sequía tomando acciones preventivas, reduciendo el riesgo e incrementando la resiliencia. Esto es clave para lograr muchos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, incluyendo aquellos relacionados al clima, cambio, migración, seguridad alimentaria, pobreza, agua y nutrición.

La Agenda 2030 de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ofrece una oportunidad para incorporar el manejo proactivo de la sequía como una parte integral de los esfuerzos para alcanzar cierto rango de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible; afirma que con el compromiso de todos a "asegurar sistemas sustentables de producción de alimentos e implementar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y producción, se puede contribuir a mantener los ecosistemas, que fortalezcan las capacidades para adaptarse al cambio climático, clima extremo, sequías, inundaciones y otros desastres y que progresivamente mejoren la calidad de la tierra y el suelo (Meta 2.4)" (FAO, 2017). Más actual, en su marco estratégico 2022—2030 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, menciona que se debe enfatizar en mejorar la producción, la nutrición, el medio ambiente y tener una vida mejor, ya que se requiere producir una mayor cantidad de alimentos para cubrir las necesidades de 2,100 millones de personas que viven en regiones áridas, quienes suman el 41.3% de toda la tierra del planeta. Es previsible que esta cifra aumente con la desertización provocada por el cambio climático. Así mismo, la FAO menciona cuatro esferas programáticas que coadyuvarán en la seguridad alimentaria: 1. Tecnologías y enfoques innovadores. 2. Se deposita gran confianza en las soluciones "tecnológicas" innovadoras para producir más con menos (en cuanto al agua, la degradación de la tierra, la pérdida de alimentos y los insumos, la pérdida de biodiversidad, etc.). 3. Lograr que los sistemas agroalimentarios sean más resilientes a las perturbaciones y los peligros climáticos. 4. Hacer especial hincapié en la garantía de un acceso asequible y equitativo para las comunidades rurales pobres y vulnerables. De igual manera menciona que es de importancia fundamental ayudar a los agricultores a aprovechar plenamente las nuevas tecnologías, como la agricultura digital, las biotecnologías, la agricultura de precisión, las innovaciones en la agroecología, el 5G y la inteligencia artificial, para aumentar la producción de alimentos sin dejar de respetar el medio ambiente.

La disponibilidad de los alimentos, el acceso de las personas a ellos y un consumo nutricionalmente adecuado, son los tres pilares sobre los que se asienta el concepto de seguridad alimentaria. El cambio climático, la escasez de recursos hídricos o la degradación de los suelos son algunas de las amenazas que la ponen en peligro a nivel mundial. La lucha contra el hambre es un desafío global, así lo establece la propia Organización de las Naciones Unidas (ONU) en sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El ODS 2 (Hambre cero) insta a acabar con todas las formas de hambre y desnutrición para el año 2030, especialmente aquella que afecta a la infancia y resalta la importancia de la agricultura sostenible.

## Inflación en los precios de los alimentos

La inflación interna de los precios de los alimentos sigue siendo alta en todo el mundo. La información del mes más reciente del que se dispone de datos (entre enero de 2023 y abril de 2023) señala una inflación alta en la mayoría de los países de ingreso bajo y mediano, con niveles superiores al 5% en el 64.7 % de los países de ingreso bajo, el 81,4% de los países de ingreso mediano bajo y el 84 % de los países de ingreso mediano alto. Además, muchos de estos países están sufriendo una inflación de dos dígitos y el 78.6 % de los países de ingreso alto están experimentando una elevada inflación de los precios de los alimentos. Los países más afectados se encuentran en África, América del Norte, América Latina, Asia meridional, Europa, y Asia central (Figura 1) (Bancomundial, 2023).

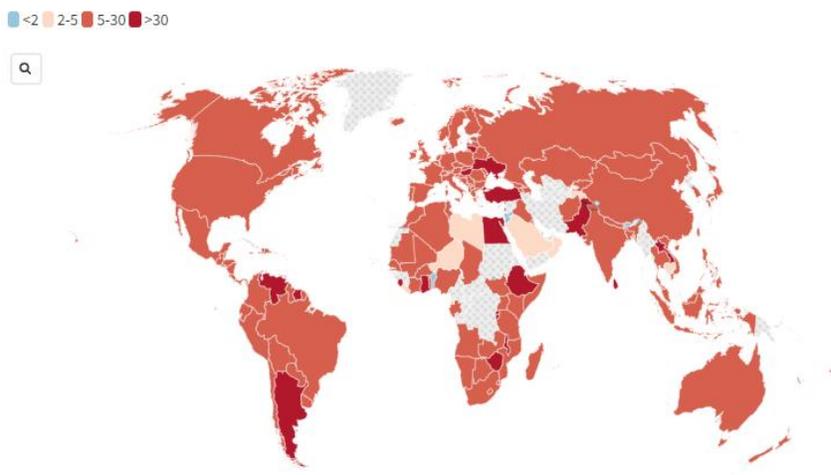


Figura 1. Inflación de los alimentos a abril de 2023. (Bancomundial, 2023).

## Seguridad alimentaria en México

En México la seguridad alimentaria de sus habitantes es uno de los retos más importantes del Estado. Sin embargo, el hambre y la pobreza (contraparte de la seguridad alimentaria) siguen representando uno de los problemas más agudos que enfrentan los mexicanos, a pesar de la implementación de múltiples políticas y planes para su combate en las últimas cuatro décadas. En México la seguridad alimentaria de sus habitantes es uno de los retos más importantes del Estado. Sin embargo, el hambre y la pobreza (contraparte de la seguridad alimentaria) siguen representando uno de los problemas más agudos que enfrentan los mexicanos, a pesar de la implementación de múltiples políticas y planes para su combate en las últimas cuatro décadas. México ocupaba en 2012 el segundo país en América Latina con mayor seguridad alimentaria, sólo por detrás de Chile.

El manejo del agua en México está regulado por la Ley de Aguas Nacionales (LAN), donde se establece su explotación, uso o aprovechamiento, que se realiza mediante títulos de concesión o asignación otorgados por el Ejecutivo Federal a través de la CONAGUA o los Organismos de Cuenca. En diciembre de 2018, había 88,840 millones de metros cúbicos concesionados con usos consuntivos (que se extraen de un sitio y no regresan al mismo) y 182,513 hm<sup>3</sup> de usos no consuntivos. También se mantenían vigentes 147 decretos de veda de agua subterránea, tres reglamentos de acuíferos, siete zonas reglamentadas y tres declaratorias de zonas de reserva para uso público urbano, que cubren aproximadamente el 55 % del territorio nacional y se concentran en la región del Pacífico Norte, Balsas, Río Bravo y Lerma-Santiago-Pacífico. La LAN establece que, para otorgar los títulos de concesión o asignación, se deberá tomar en cuenta la disponibilidad media anual de agua de la cuenca hidrológica o acuífero en el que se vaya a realizar el aprovechamiento (pozo), estos acuíferos deben de ser publicados por la CONAGUA. Sin embargo, el uso industrial del agua ha presentado un incremento en el volumen de uso durante el periodo de 2009 a

2018, dentro de este rubro el uso agrícola industrial junto con el de abastecimiento público representaban el 90.4% del volumen concesionado a nivel nacional. Otro de los sectores en los que se destacan los volúmenes de agua superficial concesionados es el que hace uso termoelectrico, en específico el ubicado cerca de la desembocadura del río Balsas. Cabe recordar que, en 2020, el agua comenzó a cotizarse en el mercado de futuros de Wall Street, lo cual incrementa la incertidumbre sobre el manejo de este recurso.

México es un país vulnerable a las sequías. Gran parte del país (52 %) está catalogado como árido o semiárido. Enfatizando, catorce estados del territorio nacional presentan zonas áridas y semiáridas. Estas áreas son territorios más susceptibles al fenómeno de las sequías porque son sitios con baja precipitación pluvial a lo largo del año (un mes para las zonas áridas y de uno a tres meses para las semiáridas). Esta condición provoca que las sequías se presenten de manera más recurrente y que haya mayor presión sobre el agua existente, ya sea de origen superficial o subterránea (Esparza, 2014). Según datos de la Comisión Nacional del Agua (2023), de los 2,471 municipios existentes en el país, 770 se encuentran en algún nivel de sequía y 972 están en la etapa previa a algún nivel de sequía (Figura 2). En México hay diferencias significativas en cuanto a la disponibilidad de agua. Las zonas centro y norte de México son, en su mayor parte, áridas o semiáridas: los estados norteños de Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas reciben apenas el 9 % del agua renovable (que se renueva con la lluvia y se puede utilizar) al año. Por el contrario, en las entidades del sur y sureste como Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco, reciben más de la mitad del agua renovable al año (67.2 %). No obstante, sus habitantes tienen poco acceso a ella. Las diferencias en cuanto a la disponibilidad de agua son grandes.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2018), en México la mayor parte del agua disponible se emplea para uso agrícola. En segundo lugar, se usa para abastecimiento público, esto incluye al agua potable que se distribuye a través de las redes hasta domicilios de casas habitaciones e industrias y a quienes estén conectados a dichas redes. La industria autoabastecida, son aquellas empresas que toman el agua directamente de los ríos, arroyos, lagos y acuíferos del país. Termoelectricas, implica el agua se utiliza para producir electricidad (Figura 3).

El uso agrícola, en términos de uso de aguas nacionales, se refiere principalmente al agua utilizada para el riego de cultivos. La superficie en unidades agrícolas de producción fue de 30.22 millones de hectáreas para el año 2007, conforme al VII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Cabe destacar que dicho censo encontró que el 18 % de dicha superficie es de riego y la superficie restante tiene régimen de temporal.

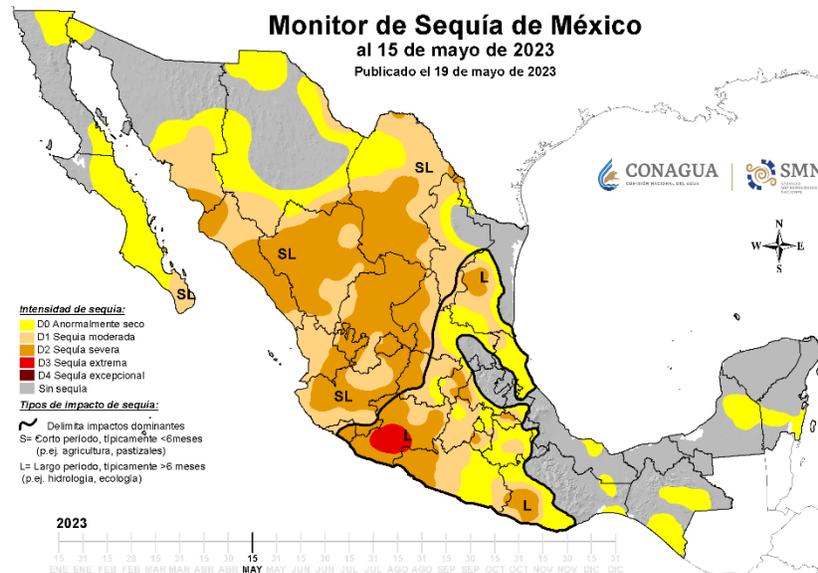


Figura 2. Intensidad de la sequía en México.

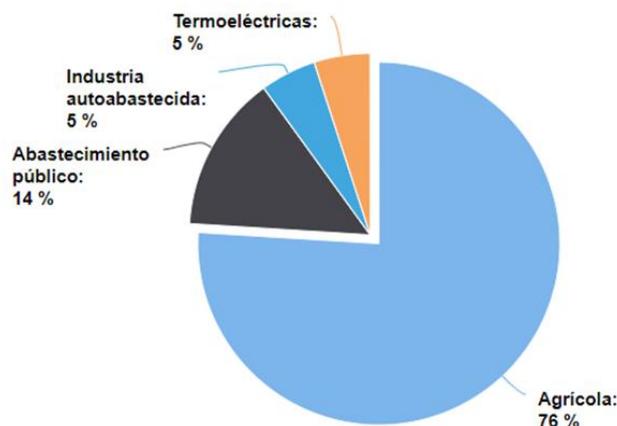


Figura 3. Usos del agua en México

La superficie sembrada anualmente varía entre 20 y 23 millones de hectáreas. La superficie cosechada osciló entre 17 y 21 millones de hectáreas por año (SAGARPA, 2009). El 63% del agua utilizada en el país para uso consuntivo proviene de fuentes superficiales: presas, ríos, arroyos y lagos. México cuenta con 51 ríos, que en conjunto representan el 87 % del agua superficial del país; los principales siete, representan el 71 %. Ellos son: Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Balsas, Santiago y Tecolutla..

Algunos de los lagos importantes debido a la superficie de su cuenca, con ubicación en la región centro del país son: Chapala, Cuitzeo, Pátzcuaro, Yuriria, Catemaco, Nabor Carrillo, Tequesquitengo (CONAGUA, 2018).

Cabe remarcar que las presas se encuentran en niveles excepcionalmente bajos. Tan solo en el norte y centro de México, alrededor de 60 presas están por debajo del 25 % de su capacidad, lo cual limita los recursos hídricos para beber, regar y cultivar. Además, según un estudio sobre la protección de cuerpos de agua de 2018, hecho en conjunto por la Comisión Nacional de Derechos Humanos y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), más del 70 % de los ríos, lagos y presas tienen algún grado de contaminación. Estas cifras demuestran los graves problemas de abasto, suministro, calidad y manejo del recurso hídrico en nuestro país. Por otra parte, el 37 % del agua proviene de fuentes subterráneas (acuíferos). En el periodo del año 2001 al 2008, el agua concesionada superficial creció en 14 %, en tanto que las concesiones para el agua subterránea se incrementaron en 19%. Los estados de la República que más destacan debido a los grandes volúmenes concesionados del agua son Sinaloa y Sonora, seguidos de Chihuahua, Michoacán y Guanajuato, donde existen grandes superficies bajo riego.

El agua subterránea representa el 30 % del agua dulce en el planeta. Su importancia radica en el hecho de que ésta se encuentra en casi cualquier lugar, además es limpia debido a los procesos naturales de filtración que se presentan durante su ingreso al subsuelo. Cuando se extrae más agua de la que le ingresa a un acuífero se dice que está sobreexplotado. Se calcula que en México alrededor del 45 % de los acuíferos están sobreexplotados.

En cuanto a la disponibilidad del agua subterránea, la Comisión Nacional del Agua (2021) reportó que, de los 726 acuíferos existentes en el país, 104 están sobreexplotados y que el 50 % del volumen de agua subterránea que se utiliza, proviene de acuíferos sobreexplotados (Figura 4). La sobreexplotación es un tema que ha llamado la atención debido a los largos periodos de tiempo en que se recarga en forma natural un acuífero (hasta varios miles de años). En algunas

ciudades de nuestro país del total de agua que se consume, hasta el 90% es subterránea como son los casos de Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas.



Figura 4. Acuíferos sobreexplotados en México.

Adicionalmente, la situación se ha agravado por los efectos del cambio climático, que se han hecho notar en las variaciones de las precipitaciones anuales a través de los años (CONAGUA, 2022).

#### Alternativas de captación y aprovechamiento del agua

Se denomina captación de agua, sea de lluvia o de nieblas, a la recolección de la escorrentía superficial o de la niebla, para su utilización en la producción agropecuaria o forestal. La captación de agua puede ser considerada como una forma rudimentaria de riego.

La diferencia está en que con la captación de agua de lluvia o de nieblas, el productor tiene poco o ningún control sobre la oportunidad de aplicación del agua ya que la escorrentía superficial generalmente se aprovecha cuando llueve y el aprovechamiento de las nieblas depende principalmente de las condiciones atmosféricas.

Las técnicas de captación, o como también se denominan, cosecha de agua de lluvia, se utilizan para mejorar la producción de cultivos, árboles y pastizales en secano en zonas áridas y semiáridas han sido utilizadas o han tenido satisfactorios resultados experimentales en la Región de América Latina y el Caribe.

Como ya se mencionó, en las zonas áridas y semiáridas, las lluvias son escasas y de frecuencia irregular. Las lluvias intensas, que se producen particularmente en zonas tropicales, ocasionan grandes escorrentías eventuales que causan inundaciones y erosión sobre las tierras casi desprovistas de vegetación que pudieran atenuar estos efectos.

Las recientes sequías ocurridas en diversas partes del mundo han destacado los riesgos para seres humanos y animales en las zonas rurales. La agricultura bajo riego está limitada en las regiones áridas y semiáridas por la escasa disponibilidad de recursos hídricos y por la factibilidad económica de las obras, muchas veces costosas. En América Latina y el Caribe, sólo el 10 % de la agricultura cuenta con sistemas de riego. Los sistemas de captación de lluvia son útiles, para las mayores extensiones agrícolas, ganaderas y forestales de las regiones áridas y semiáridas de la Región (FAO, 2000).

La recolección y almacenamiento de agua pluvial, sabemos que fueron prácticas comunes en Mesoamérica desde tiempos muy antiguos. El agua que caía con las lluvias se recolectaba en recipientes o depósitos subterráneos, o a cielo abierto. El agua se captaba mediante canales y zanjas, aprovechando el agua rodada (en patios y casas, en el campo, en jagüeyes o mediante bordos) o bien, conduciéndola desde los techos de las viviendas y edificios por medio de canchales de madera o pencas o canalitos, a los depósitos. Podemos ver que esta práctica no ha cambiado mucho desde aquellos

tiempos, en todo caso se ha perfeccionado y hemos aprendido a utilizar otro tipo de materiales y filtros, ya que, a lo largo de los años, la calidad del agua de lluvia también se ha visto afectada debido a la contaminación del aire. En las viviendas, el agua se almacenaba en recipientes de barro, enterrados o al aire libre, así como en piletas de barro, cal y canto, piedra, excavados en el suelo, recubiertos o no con piedra o argamasa y estuco (CONAGUA, 2009:10). Otros depósitos subterráneos eran los *chultunes* o cisternas mayas. Muchos de los cuales persisten hasta el presente (Figura 5) (IMPLUVIUM, 2014).

Para determinar cuánto volumen de agua es necesario captar, hay que evaluar el requerimiento de agua del cultivo seleccionado. A ese requerimiento se le llama también "uso consuntivo" de las plantas. El coeficiente de escorrentía depende de las características del suelo en el área de captación. El suelo más conveniente es el que facilita la escorrentía (compacto, impermeable, sin vegetación). En cambio, en el área de cultivo los requerimientos de suelo (permeables, retentivos, fértiles) son diferentes. Las características del clima son importantes para determinar tanto los requerimientos del cultivo como el volumen de agua que se puede captar (Cuadro 1).

El atrapanieblas, también conocido como captanieblas es un sistema que se utiliza para captar las gotas de agua microscópicas que tiene la neblina para transformarla en agua que se puede usar. El atrapanieblas lo que hace es absorber o atrapar esa agua y reutilizarla para el consumo humano o para actividades como el riego.

Muchas de las obras históricas de captación de agua de lluvia para uso doméstico se originaron principalmente en Europa y Asia. Parte de la agricultura en el Medio Oriente, estaba basada en técnicas como derivación de torrentes (*wadi*). En el Desierto de Negev, en Israel, han sido descubiertos sistemas de captación de agua de lluvia que datan de 4,000 años o más. Estos sistemas consistieron en el desmonte de lomeríos para aumentar la escorrentía superficial, que era entonces dirigida a predios agrícolas en las partes bajas. En el sureste de Túnez se utilizaron técnicas de microcaptación para el crecimiento de árboles. Técnicas parecidas se practicaron por toda una vasta región del suroeste de los Estados Unidos, noreste de México y en el Altiplano de México Central y Sur (FAO, 1987; FAO,1990).

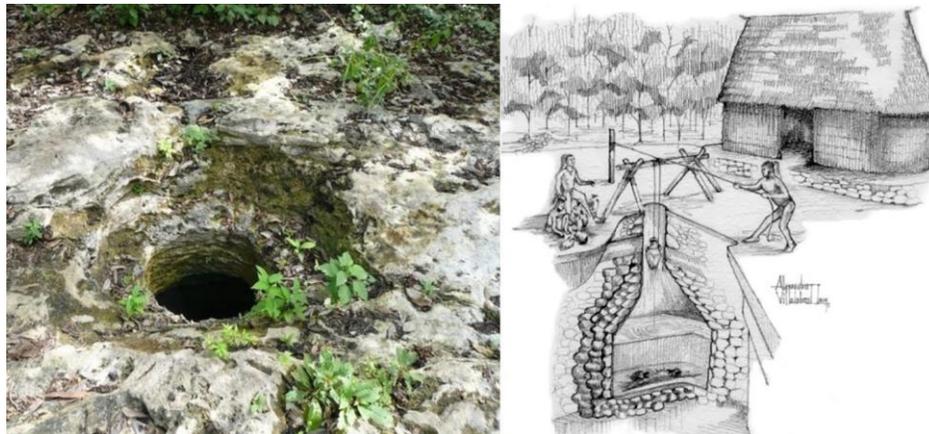


Figura 5. Esquema de un *chultún* del pueblo maya del siglo X a.C.

## AGUA DE CONSUMO O DE RIEGO ADICIONAL = CAPTACIÓN DE AGUA

Captación de agua de lluvia = Escorrentía inducida + Precipitación recogida

$$AC = (PP * Ac * Ce) + (PP * As)$$

AC = Volumen de agua captado (litros).

PP = Precipitación (mm).

Ac = Área de captación de agua (m<sup>2</sup>).

As = Arca de siembra / cosecha (m<sup>2</sup>).

Ce = Coeficiente de escorrentía.

Captación de agua de niebla = Niebla captada + Precipitación recolectada

$$AC = R * (A * Vs * T) * V$$

AC = Volumen de agua captado (litros).

R = Eficiencia de la trampa/colector de nieblas.

A = Superficie de intercepción (arca de captación de nieblas).

Vs = Velocidad del viento.

T = Tiempo (duración de las nieblas o de la captación).

V = Volumen de la masa del aire que pasa por el colector.

Cuadro 1. Captación de agua de lluvia y de niebla para riego agrícola. (FAO, 2020).

### Atrapanieblas

El atrapanieblas es una forma perfecta de impedir problemas relacionadas con la falta de agua en zonas en las que hay sequía, pero también niebla. En ocasiones, el objetivo de estas instalaciones no es obtener agua para el consumo humano sino rehidratar la tierra bajo sus pies, con el objetivo de hacer crecer especies que puedan llegar a captar el agua por sí mismas (Figura 7).



Figura 7. Diseños de atrapanieblas

## Recarga de acuíferos

Para hacer frente de manera exitosa a los retos relacionados con el agua subterránea es fundamental entender la física de su movimiento y medirla, pero también debemos entender la sociología de los usuarios del agua y la economía política de los sectores hídrico y agrícola. El reto es mayúsculo. Lo que se encuentra en juego es el futuro de nuestros hijos y nietos. El uso adecuado del agua es la llave de acceso para reducir la pobreza. Sin embargo, como vemos en todo el mundo, para hacer de esto una realidad, es necesario revisar con detalle aquello que no ha funcionado o que ha resultado incompleto. En el caso del agua subterránea, una de las posibilidades señaladas ya desde hace tiempo, es el reconocimiento de los acuíferos como unidades regionales de flujo, lo que implica una nueva delimitación de acuerdo con la hidrogeología local, es decir, con la realidad del subsuelo. Además, es urgente avanzar en la actualización de la metodología para el cálculo de la disponibilidad y recarga de estos sistemas, lo que nos permitirá caminar hacia la estabilización de acuíferos sobreexplotados y la conservación de aquellos en los que todavía existe disponibilidad (IMTA, 2020).

Los beneficios de usar agua subterránea han sido claramente demostrados. Los acuíferos proveen una reserva de agua, que, si es utilizada y gestionada con eficiencia, puede jugar un rol vital en: La reducción de la pobreza/ estabilidad del sustento. La reducción del riesgo económico y de salud. El aumento de las cosechas agrícolas como resultado del riego seguro. El aumento de las retribuciones económicas. La equidad de la distribución de agua (mayores niveles de agua significan mayor acceso para todos). La reducción de la vulnerabilidad a las sequías y a las variaciones en la precipitación.

La Gestión de la Recarga de Acuíferos debe ser considerada como parte de una estrategia de gestión integrada del agua y cuencas junto con la gestión del agua superficial y manejo del suelo, el control de la erosión y la contaminación, así como también la gestión de la demanda y del ambiente y la reutilización del agua. Su rol será cada vez más importante, ya que la demanda crece y los impactos del cambio y variabilidad climática se hacen más visibles

La UNESCO en 2005, en el documento "Estrategias para la gestión de Recarga de Acuíferos en Zonas Semiáridas" concluyó que el cuidado del agua subterránea implica una responsabilidad conjunta entre los gobiernos estatales, locales, agencias de desarrollo, el sector privado, ONGs y población local. Además, es necesario una mejor comprensión y divulgación de cómo funcionan realmente las estructuras de recarga y de los impactos que tienen sobre la disponibilidad y calidad del agua, la sostenibilidad social y económica, así como también el impacto sobre el ambiente local y aguas abajo; a manera de promover una implementación en la cual la relación costo-beneficio sea positiva y de amplio alcance.

La recarga artificial de acuíferos es un método de disposición mucho más reciente, que fue desarrollado en la década 1950-1960 en Europa y en Estados Unidos. Sin embargo, ante el creciente agotamiento y salinización de los acuíferos costeros, ha despertado un creciente interés en los últimos años (Gale, 2005; CONAGUA, 2015). Este método de disposición requiere que las aguas residuales tengan un nivel de calidad alto, ya que una vez que un acuífero se contamina, es casi imposible recuperarlo (Tilley y col., 2018). La CONAGUA ha emitido la NOM-014-CONAGUA-2003, que establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua residual para la recarga de acuíferos, así como los requisitos de diseño de los sistemas de recarga (Figura 8). En México, la recarga de acuíferos se practica sobre todo de manera incidental, a través de la infiltración no intencionada de las aguas residuales procedentes de los sistemas de drenaje o de los excedentes de aguas residuales que se aplican para riego agrícola, situación que afecta la calidad y composición de las aguas subterráneas y resulta especialmente preocupante porque un alto porcentaje del agua potable en México proviene de fuentes de agua subterráneas (Foster y col., 2006; Jiménez, 2008; Mendoza, 2012). Como técnica de disposición de efluentes, la recarga de acuíferos sólo se ha implementado en algunas partes del país, como la Ciudad de México y la ciudad de San Luis Río Colorado, en Sonora, en donde el efluente de la planta de tratamiento se reinyecta al manto acuífero mediante lagunas de recarga superficial a cielo abierto (CONAGUA y Mekorot, 2014).

## Conclusiones

Las sequías son fenómenos ambientales a los que se les han adjuntado una serie de fenómenos sociohistóricos de orden ideológico y operativo que han intensificado y producido la escasez de agua que actualmente viven las grandes ciudades. Cuando sequía y escasez se conjugan, por lo general deviene una catástrofe social, pues con la sequía la situación de escasez termina por colapsar; sin embargo, resulta difícil percibir una sequía, ya que es un fenómeno poco

espectacular, y quizá por esto no llama mucho la atención y se tiende a subestimarlo. Se comporta como los enemigos silenciosos: avanza sigilosa y progresivamente y uno se da cuenta de su presencia cuando su ataque ya está en marcha.



Figura 8. Normas y Técnicas para la recarga artificial de acuíferos. (UNAM, 2022).

La pérdida de las cosechas, a su vez, eleva el riesgo de padecer una hambruna generalizada por no poder garantizar el abasto de alimentos. El manejo del problema de la sequía por parte de las autoridades parece poco óptimo en comparación con la magnitud y la cantidad de problemas derivados del meteoro. Año tras año es la misma historia y sólo se parchan los problemas. "La sequía es un fenómeno asociado al cambio climático y también a un manejo inadecuado de los recursos naturales", es decir, parte de las secuelas de las sequías son producto de las pésimas políticas de desarrollo del campo; "el país está cosechando los resultados de la ortodoxia neoliberal, inaugurada por los gobiernos priistas y continuada gustosamente por los panistas." La promoción de los cultivos de exportación, la importación de alimentos y la pérdida de la autosuficiencia alimentaria son aspectos que hacen más vulnerable al campo ante los efectos de una sequía (Esparza, 2014).

Son necesarias las acciones tempranas de prevención y mitigación de la sequía. Por ejemplo, la difusión de información sobre época de siembra. Siembra escalonada. Capacitación y distribución de insumos y materiales para manejo postcosecha. Incremento de la disponibilidad y el acceso a semilla de diferentes variedades y cultivos en los mercados para aumentar la flexibilidad en la respuesta. Distribución de variedades resistentes y/o de ciclo corto que cuentan con la aceptación de los productores. Fortalecer las capacidades de almacenamiento y manejo postcosecha. Capacitación en construcción de sistemas de captación y cosecha de agua para la agricultura. Distribución de insumos y materiales para los sistemas de captación de agua. Implementación y/o rehabilitación de sistemas de miniriego. Aprovechamiento de la infraestructura generada para captación de agua para la diversificación productiva mediante la acuicultura (temporada de lluvia). Utilización de agua y tierra depositada en el fondo de los estanques acuícolas para riego y fertilización de cultivos agrícolas. Utilización de represas-abrevadero de ganado, en el cultivo de peces. El pronóstico de El Niño y la perspectiva climática (mayo-julio) indican que existen las condiciones para que ocurra una sequía. El sistema de monitoreo de sequía agrícola (ASIS) detecta una vegetación anormalmente estresada (anomalía negativa del VHI), previo a la siembra de los cultivos. En esta fase se advierte a los agricultores de que se preparen para

un escenario seco durante el ciclo de cultivo. Además, se debe complementar este mensaje con la implementación de acciones tempranas “sin arrepentimiento”, es decir, acciones tempranas que necesitan más tiempo para su realización y podrían ser financiadas para reducir el riesgo existente, aunque las alertas no hayan sido activadas. Se debe seguir con el monitoreo de la sequía y la dinámica de coordinación establecida en la fase de normalidad. Adicionalmente, realizar medidas preparatorias para la acción temprana en situaciones de alerta.

Los gobiernos y otros actores relevantes deben realizar medidas encaminadas al desarrollo de planes de alerta y acción temprana ante la sequía agrícola, que se deben implementar previamente a que un evento de sequía tenga impactos significativos que provoquen daños y pérdidas que eventualmente se conviertan en un desastre (Fuganti y col., 2020).

## Referencias

- Banco Mundial. 2023. Actualización sobre seguridad alimentaria . <https://www.gob.mx/imta/articulos/aguas-subterranas>. Consultado 24/mayo/ 2024.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2007. Escenarios del manejo del agua en México. Los Comités Técnicos del agua subterránea en México. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2007/07/cotas%20dia%203.pdf>. Consultado 15/abril/2023.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2003. Norma oficial mexicana NOM-014-CONAGUA-2003. Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada. México D.F. Consultado 21/05/2023.
- Comisión Nacional del Agua. CONAGUA. Resumen nacional a partir de los datos estatales. Elaborado a partir de SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado en <http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/Artus/eis/loadstage.asp> (25/04/2023).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y MEKOROT. 2014. Tratamiento de Efluentes con el Suelo del Acuífero: Recomendaciones de Mejora. San Luis Rio Colorado, Estado de Sonora. México. Consultado 15/abril/2023.
- Comisión Nacional del Agua. CONAGUA. 2003. NORMA Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA-2003, Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada..
- Comisión Nacional del Agua. CONAGUA. 2023. Monitor de sequía en México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>.
- Economist Intelligence Unit. 2012. Food Security Index. An Annual measure of the state of the global food index. TheEconomist. Dupont.
- Gale, I. 2005. Estrategias para la gestión de recarga de acuíferos en zonas semiáridas. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).
- Esparza, M. 2014. La sequía y la escasez de agua en México. Situación actual y perspectivas futuras. I Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora. 89:195-219.
- FAO. 1996. Cumbre Mundial de la Alimentación (CMA) de Roma en 1996, FAO (1996) “Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial y el Plan de Acción de la cumbre mundial”, Cumbre Mundial sobre la alimentación, Roma, Italia, 37 pp.
- Fuganti, G., Minelli, M. y Rojas, O. 2020. Guía práctica para la formulación de planes de alerta y acción temprana ante la sequía agrícola. Ciudad de Panamá. Organización De las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb0624es>
- Foster, S., Garduño, H., Tuinhof A., Kemper, K. y Nanni, M. (2006): Recarga del Agua Subterránea con Aguas Residuales Urbanas. Evaluación y manejo de los riesgos y beneficios 2002-2006. Washington D.C. (USA): Banco Mundial, Notas Informativas nº12. Consultado el 16/abril/2023.
- Gale, I. 2005. Estrategias para la Gestión de Recarga de Acuíferos (GRA) en zonas semi-áridas. Paris (Francia): Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Consultado 16/abril/2023.
- Zambrano, L. 2003. La restauración de ríos y lagos. Ciencias 72. Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México. Pp. 36-43. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia>.

<https://www.gaceta.unam.mx/crisis-agua-industria>.  
<https://upress.mx/secciones/academia/10236-el-campo-mexicano-con-buenas-expectativas-agroalimentarias-para-el-2023>.  
<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/estima-agricultura-crecimiento>  
<https://www.gaceta.unam.mx/desigualdad-del-agua-y-agricultura/> © 2017 - Hecho en México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)  
<https://www.com.es/tecnologías-innovadoras-para-combatir-la-escasez-de-agua-potable/a-52972955>  
<https://www.gob.mx/imta/articulos/la-perspectiva-del-uso-del-agua-subterranea?idiom=es.27/sep/2020>.  
IMPLUVIUM. 2014. <http://www.agua.unam.mx/impluvium>. Consultado El22/abril/2023.  
IMTA. 2020. <https://www.gob.mx/imta/articulos/aguas-subterranas>. Consultado 21/abril/2023.  
López-Salazar, R. 2018. La seguridad alimentaria en México: el reto inconcluso de reducir la pobreza y el hambre. Espacio Abierto, vol. 27, núm. 1, pp. 125-147, 2018. Universidad del Zulia.  
Marco estratégico de la FAO para 2022-2031. <https://www.fao.org/3/cb7099es/cb7099es.pdf>.  
Tilley, E., Lukas Ulrich, Christoph Lüthi, Philippe Reymond, Roland Schertenteib y Christian Zurbrügg 2018. Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento. Banco Interamericano de desarrollo y Hábitat para la humanidad.  
UNESCO. 2005. Estrategias para la gestión de Recarga de Acuíferos en Zonas Semiáridas.  
<https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/brief/food-security-update>. Mayo, 2023.  
<https://agua.org.mx/biblioteca/la-recarga-artificial-de-acuiferos-infografia-red-del-agua-unam/>. Mayo, 2023.  
<https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/mexico-se-ubica-en-sexto-lugar-en-america-latina-en-seguridad-alimentaria/>. Mayo, 2023.



# PROTOTIPO IoT DE BAJO CONSUMO ELÉCTRICO Y DE LARGO ALCANCE PARA EL MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES DE UNA COLMENA DE ABEJAS (*Apis mellifera*), ASOCIADAS A LA PRESENCIA DEL PARÁSITO VARROA (*Varroa Destructor*)

J. de J. Campos-Torres<sup>1</sup>, M. Ramos- Dávila<sup>1\*</sup>, H. Silos- Espino<sup>2</sup> e I. Mejía-Haro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas y Computación. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km. 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330. <sup>2</sup>Laboratorio de Biotecnología Aplicada del Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km. 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330. <sup>3</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km. 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330.

\*Autor de correspondencia: mauricio.rd@llano.tecnm.mx

## Resumen

Se implementó un nodo IoT (Internet of Things) de bajo consumo eléctrico en una colmena experimental que permitió monitorear a distancia las condiciones ambientales de la misma. Lo anterior con la finalidad de recolectar datos asociados a la presencia del parásito *Varroa destructor*. El nodo envió datos de humedad relativa, temperatura y concentración de dióxido de carbono provenientes de la colmena hacia a un Gateway con soporte multi protocolo, el cual brindó un alcance de señal que excedió lo necesario para llegar al área apícola del Instituto Tecnológico El Llano (ITEL), lugar donde se encontraba la colmena. Se generó un dashboard para el monitoreo de las variables ambientales señaladas. Se incluyeron los niveles de intensidad de la señal RSSI obtenidos de los paquetes recibidos por el Gateway IoT desde el nodo ubicado en la colmena. Se generaron datos desde el nodo de prueba con redireccionamiento del Gateway hasta la nube pública y para su almacenamiento posterior en la nube privada, lo cual permitió su procesamiento y explotación. Este proyecto se desarrolló, en parte, mediante el equipamiento adquirido con el financiamiento del IDSCEA (Instituto Para el Desarrollo de la Sociedad del Conocimiento del Estado de Aguascalientes) en el proyecto concluido previamente con N° de folio: 022-FEIT-2021; además, fue posible su puesta en marcha gracias al financiamiento por los autores.

## Abstract

A low power consumption IoT (Internet of Things) node was implemented in an experimental hive that allowed remote monitoring of its environmental conditions. The above in order to collect data associated with the presence of the *Varroa destructor* parasite. The node sent data on relative humidity, temperature, and carbon dioxide concentration from the hive to a Gateway with multi-protocol support, which provided a signal range that exceeded what was necessary to reach the beekeeping area of the El Llano Technological Institute (ITEL), where the hive was located. A dashboard was generated to monitor the indicated environmental variables. The RSSI signal intensity levels obtained from the packets received by the IoT Gateway from the node located in the hive were included.

Data was generated from the test node with redirection of the Gateway to the public cloud and for its subsequent storage in the private cloud, which allowed its processing and exploitation. This project was developed, in part, through the equipment acquired with financing from the IDSCEA (Institute for the Development of the Knowledge Society of the State of Aguascalientes) in the previously completed project with folio No.: 022-FEIT-2021; In addition, its implementation was possible thanks to the financing by the authors.

## Introducción

Science Times, confirma que las abejas son los seres vivos más importantes de nuestro planeta. De acuerdo con un estudio realizado por el Earthwatch Institute for the Royal Geographical Society of London, el 70% de la agricultura a nivel mundial depende de los insectos. Esto quiere decir que sin ellos la mayoría de la fauna silvestre moriría. Desde el año 2000 la población de abejas en todo el mundo ha disminuido un 90%, colocándolas en la lista de animales en peligro

de extinción (Telese, 2019). Por otro lado, INCIPY (2015), indica que “Las interacciones entre personas, procesos, cosas y datos crean nuevos tipos de aplicaciones y servicios inteligentes donde intervienen los sensores y el tipo de conectividad. Puede conocerse en el momento las condiciones ambientales dentro de la colmena, sobre todo para identificar la presencia factores limitantes de vida de las abejas como la presencia del parásito *Varroa destructor*.

Es en este punto, el Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things) puede aprovecharse, como lo indica Pinar (2020) al seguir la arquitectura general de soluciones (Figura 1<sup>a</sup>). Gordon (2022), diseñó y construyó una colmena Flow Hive y almacenando datos una plataforma cloud y Neira (2022) con IoT menciona sus bondades.

Gavilanes (2020), implementó un sistema de monitoreo apícola con redes neuronales artificiales para conocer el comportamiento de la población, tomando como base la temperatura, humedad, concentración de dióxido de carbono y peso de la colmena. Los datos se enviaron a una base de datos MySQL con WiFi resultó limitado, aproximadamente 100 m (sin obstáculos). De acuerdo a CATSENSORS (2022), puede mejorarse lo anterior con LPWAN, LoRa y LoRaWAN (dependiendo del factor de dispersión).

CISCO (2021) propone entornos de aplicación IoT (Figura 1b). La apicultura de precisión (PB) es una estrategia de gestión de colmenares basada en el monitoreo de colonias de abejas individuales, para minimizar el consumo de recursos y maximizar la productividad (Negrete, 2019).



Figura 1. a), Arquitectura general de soluciones IoT ( Pinar, 2020) y b), Aplicaciones IoT.

No es posible y no es necesario monitorear a cada una de las abejas de manera individual, por eso el objeto de estudio de la PB es una colonia (Negrete, 2019). Las variables ambientales de interés en el presente proyecto, son: la humedad relativa, la temperatura y la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Coppa (2006), menciona que las abejas son organismos de "sangre fría", necesitan mantener el calor, los núcleos de cría de las colonias de abejas deben mantenerse a temperatura constante (34 °C y 38 °C) con variación de ±1 °C, una humedad constante (80 %). Cuando las abejas detectan una variación, modifican su conducta” (Valega, 2022).

Cuando las abejas perciben un descenso en la temperatura (de 14 a 12°C) se agrupan en racimos con la reina en el centro, formando un “bolo invernal”. Si a pesar del gran esfuerzo desplegado por la colonia, no se logra incrementar la temperatura, las crías mueren deshidratadas, la reina suspende la puesta de huevecillos, se derriten los panales y se paraliza la colonia (Márquez y Méndez, 2012). Coppa (2006), indicó que “el exceso de humedad dentro de una colmena, particularmente en invierno, provoca un disturbio sustancial en la vida de la colonia y desencadena procesos que conducen a la generación de problemas sanitarios que favorecen la mortalidad de abejas”. “Otro punto importante para determinar la salud de las abejas es la concentración de CO<sub>2</sub> en el interior de la colmena. Rodríguez y Sánchez (2020), mencionaron que “Una colmena con una fluctuación diaria de CO<sub>2</sub> extremadamente grande y mayor a 15 ppm indica una colonia enferma. Seritan y col. (2018), realizaron un estudio con un enfoque similar para determinar la salud de las abejas: registraron la concentración de CO<sub>2</sub> durante varios meses y los consideraron como línea de base. El patrón de concentración de CO<sub>2</sub> observado fue muy simple, durante cada mañana la concentración de CO<sub>2</sub> cayó 10 - 15% y fue restaurado cada noche. Si el ácaro *Varroa destructor* o el escarabajo *Aethina tumida* afectaban a la colonia, la

concentración de CO<sub>2</sub> no tendría estas caídas, debido al hecho de que habría más abejas dentro de la colonia, o en caso contrario, que las abejas abandonaron la colmena, dejando a los escarabajos tomar su lugar. Por lo anterior, en este proyecto se describe conocer el comportamiento de una colonia de abejas apoyados con IoT.

## Materiales y métodos

### Implementación de IoT para conectividad del apiario

El proyecto fue apoyado por el Instituto para el Desarrollo de la Sociedad del Conocimiento (IDSCEA), mediante la convocatoria del Fondo Estatal de Innovación Tecnológica 2021. . La programación del prototipo se realizó mediante el IDE de Arduino (Cuadro 1).

Cuadro 1. Equipamiento utilizado para la solución IoT.

Cantidad	Descripción
1	1 Estación base LoRaWAN: Marca "RAKWireless" Modelo: WisGate Edge Max - RAK7249 (2pc LoRa Antenna, 1pc LTE Antenna, 1pc GPS Antenna, 1 pc 2.4g <i>WiFi</i> antenna, 1 Set Enclosure)
2	1 Antena omnidireccional de largo alcance para LoRa (Frecuencia 915 MHz, 3dBi, Para uso en exteriores con accesorios para sujeción en torre)
3	1 Cable Coaxial 20 m para aplicaciones de radiofrecuencia LMR400 (Terminales de conexión tipo N conectadas, Impedancia 50 Ohms, Baja pérdida de señal)
4	1 Módulo de prototipado con soporte LoRaWAN
5	1 Shield ambiental para módulo de prototipado
6	1 Sensor de CO <sub>2</sub> Infrarojo
6	2 Sensor de humedad y temperatura para cámara de cría y externa
8	1 Ventilador 5 V
9	1 Bundle Cable 22awg de distintos colores
10	1 Batería recargable Sealed Lead Acid (VRLA) 7000mAh 12V - Batería/Pila recargable (7000mAh, Sealed Lead Acid (VRLA), 12 V
11	1 Controlador de Carga Solar 10 amperes
12	1 Panel solar 12 V 10 Ah
13	1 Caja de conexiones, cubierta con bisagras de acero inoxidable IP67
14	2 Ventiladores para caja de conexiones IP67

### Procedimiento de instalación IoT

El trabajo se realizó en 10 etapas, las cuales se enlistan a continuación:

En la etapa uno se realizó un análisis de infraestructura existente y se contaba con 3 Gateways IoT. Se determinó la mejor ubicación para establecer el centro de control el Laboratorio de cómputo 1 (Labcom 1). Los datos recibidos pudieran ser almacenados, tanto en la nube privada en un servidor MySQL, como en la nube pública en The Things Stack a través de Internet. La Figura 2a muestra la ubicación de Labcom 1 así como los puntos de instalación de los Gateways IoT en el ITEL.

En la etapa dos abarca la Configuración del Gateway IoT e Instalación física, así como la configuración del equipo y las pruebas de integración a la plataforma cloud, ver Figura 2b. La instalación del Gateway utilizado (canalización, cableado y montaje) se realizó en la torre estructural TZ45 ubicada en la azotea de Labocom1. Ver Figura 2c.

En la etapa tres correspondió a la integración, programación y configuración del nodo de pruebas para la colmena artificial. Se integró el prototipo dentro de la caja de protección contra condiciones ambientales IP67. La codificación se realizó de manera directa mediante un cable micro USB con longitud de un metro. El arnés de color gris que se muestra en la Figura 2d no se ubicó dentro de la misma caja.

En la etapa cuatro se realizó la adecuación del prototipo IoT a la colmena para un entorno no controlado (Figura 2e) donde se colocó el prototipo debajo de una pequeña mesa y cubierto con una lona; dicho arnés entró por la parte inferior de la cámara, a través de dos tubos de PVC, con una base metálica y con un par de filtros de malla, adaptados para facilitar el paso del aire (Figura 2f).



Figura 2. a), Puntos de instalación de los Gateways IoT en el ITEL; b), Configuración de equipo; c), Montaje de Gateway 1 en Torre estructural TZ45 en Labcom 1; d), Integración de caja de protección al ambiente externo; e), Adecuación del prototipo IoT a la colmena experimental; f), Distancia entre el Gateway IoT y el Prototipo IoT y g), Perfil de elevación.

Se obtuvo el perfil de elevación entre Labcom 1 y el punto de instalación definitivo de la colmena experimental en el área apícola (Figura 2g).

Se recolectaron datos sobre la intensidad de la señal desde el nodo de pruebas durante distintos recorridos (Figura 3a). Se obtuvo el mapa de calor RSSI de la Figura 3b, el cual muestra la cobertura de la señal del Gateway LoRaWAN utilizado (FOG, Niebla) de acuerdo al factor de dispersión seleccionado (SF7). Se cubrió todo el perímetro del ITEL con el espectro radioeléctrico, lo cual permitió que el prototipo IoT los datos sobre las magnitudes ambientales a través de la niebla, hasta llegar al Gateway para alojarse en la nube privada y posteriormente en la nube pública vía Internet. A continuación, se procedió a instalar el prototipo IoT. Para ésto, se trasladaron las abejas a la cámara de cría, a fin de poner a punto el prototipo en cuanto a los requerimientos establecidos de bajo consumo eléctrico (duración de la batería) y largo alcance (Figura 3c).



Figura 3. a), Verificación de la señal y pruebas de almacenamiento; b), Mapa RSSI sobre la cobertura de la señal; c), Instalación de la colmena experimental y d) Ejemplo de Raw Data enviado a la nube pública.

En la etapa seis se realizó la integración de los datos sin procesar (Raw Data). Éstos fueron enviados por el nodo de pruebas desde la colmena hasta la nube privada y posteriormente a la nube pública en The Things Stack. (Figura 3d). Adicionalmente, se realizó una integración del Raw Data recibido de la plataforma cloud vía MQTT y una clasificación mediante JavaScript para que fuese posible recibir al momento los datos recolectados por el prototipo IoT directamente en el celular, por medio de la *app* Telegram (similar a Whatsapp), lo cual fue un apoyo fundamental en los recorridos de prueba para conocer en todo momento la intensidad de la señal LoRa (RSSI) recibida por el prototipo, la relación señal-ruido (SNR) así como su efectividad para enviar y almacenar datos y su recuperación ante posibles errores.

Durante la etapa siete se realizaron pruebas de autonomía energética y operacional del nodo de pruebas. El Cuadro 2 muestra el cálculo realizado con anterioridad para dimensionar el consumo total en Watts de los elementos integrados en el prototipo. Con base en el consumo Watts/día del prototipo, se realizaron los cálculos para la selección del panel solar y la batería. El consumo total de elementos del prototipo fue redondeado a 2 Wh. Se utilizaron las siguientes ecuaciones: consumo total es igual a  $W(24 \text{ h})$ .

Para determinar la Potencia del Panel solar: **Consumo diario por el factor 1.3 dividido entre horas sol y multiplicado por paneles solares.**

El factor 1.3 corresponde a la seguridad; significa sobredimensionar un 30% más el consumo de energía para garantizar la funcionalidad del prototipo. El resultado de la ecuación mostró que se requería al menos un panel de 6 [W]. Se adquirió un panel solar monocristalino de 20 [W] y 12V dada la accesibilidad del precio. La batería que se adecuó al sistema fue de 12V 7A; se utilizó una de plomo para integrarla al panel y a un controlador de carga con Voltaje de entrada: 12V/24V reducido a 5V 5A.

## Resultados y discusión

El voltaje de la batería, al inicio de las pruebas de campo, era 13.87V, al día del corte de las mismas, el remanente de la batería, apoyado con la carga diaria recibida del panel fue de 11.9V, es decir, bajó 1.97V desde el primer día de prueba en la colmena experimental. La autonomía energética y operacional con la configuración actual fue de 11 días al momento del corte y con una reserva aproximada para 4 días adicionales antes de requerir rotación de batería, es decir, el sistema siguió recargando la batería para mantener la autonomía energética y la operación continua del prototipo, con la variación derivada de las horas efectivas de luz de día que recibió el panel, la posición del mismo y las condiciones climáticas. De acuerdo al consumo eléctrico del prototipo, las horas de la noche se cubrieron sin problema con la batería, permitiendo que el panel la recargara durante las horas en que se disponía de luz de día, incluso dando margen para días nublados y lluviosos.

**Cuadro 2. Consumo de energía.**

Componentes	V	A	mA	Watts
Módulo de prototipado	5	0.007	7	0.035
Sensor de CO <sub>2</sub>	5.5	0.15	150	0.825
Sensor de humedad y temperatura en la cámara de cría	5.5	0.0015	15	0.00825
Sensor de humedad y temperatura externa	5.5	0.0015	15	0.00825
Ventilador 5v	5	0.18	180	0.9
Total de consumo				17765

## Conexión, inicio de operación y envío de datos

La etapa nueve consistió en la conexión a la base de datos generada y la elaboración de gráficas de prueba sobre el comportamiento de las variables obtenidas (Figura 4a), utilizando un lenguaje de programación R de IBM. Una vez que

se contó con registros sobre los datos ambientales en la base de datos local, fue posible realizar el empleo de los mismos (Figura 4b).

En la etapa diez se desarrolló una interfaz intuitiva (Dashboard) que permitió visualizar los indicadores enviados por el nodo IoT de forma remota al momento (Figura 4c). Se comprobó que el prototipo desarrollado envió el RAW Data de las variables ambientales de la colmena experimental planteadas (temperatura interna y externa, humedad interna y externa, presión barométrica y concentración de CO<sub>2</sub>), así como los datos referentes a la estabilidad de la señal RSSI y SNR entre el prototipo y el Gateway IoT a la nube pública. Los valores RSSI obtenidos estuvieron dentro de los rangos establecidos en la configuración del factor de dispersión (SF7) en el Gateway multiprotocolo utilizado, oscilando entre -92 y -114, lo cual fue excelente, considerando que la colmena experimental se encontraba en el punto con la ubicación más adversa del ITEL en cuestión de orografía, línea de vista y obstrucción de la línea de Fresnel desde el Gateway hasta el prototipo.

El prototipo operó bien a una distancia de 690 metros desde el Gateway ubicado en Labcom 1, que el factor de dispersión abarcaba cerca de 1.2 km. Se generaron más de 72000 registros de los datos asociados a las magnitudes ambientales de la colmena experimental, recolectados durante las pruebas de campo mediante el espectro radioeléctrico propagado desde el Gateway hacia el prototipo ubicado en la colmena experimental.

Se almacenaron datos en la nube privada, se diseñó y generó una base de datos, el sistema tiene holgura para la adición de más sensores. Se integraron tres Dashboards para visualizar los datos, lo cual permitió asociar a las magnitudes ambientales.

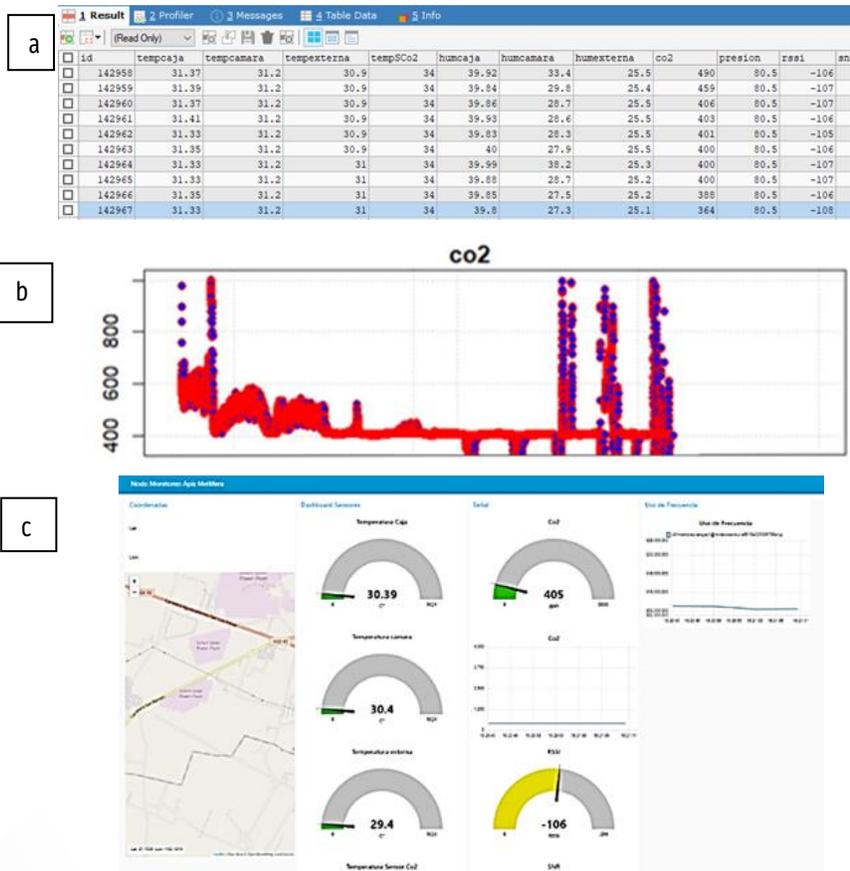


Figura 4. A), Ejemplo de datos almacenados en la base local MySQL; b), Gráfica en R de IBM en relación a concentración de CO<sub>2</sub> en la colmena y c) Interfaz para analizar el comportamiento de las variables ambientales de la colmena.

El prototipo envió los datos ambientales recopilados mediante los sensores cada 15 segundos y se detectó la saturación de CO<sub>2</sub> aumentó por la tarde cuando las abejas habían terminado sus labores y disminuyó por la mañana, cuando ellas salían de la colmena a realizar las mismas. Si por la mañana no baja la saturación de CO<sub>2</sub> de forma habitual, existe la posibilidad de que el ácaro *Varroa destructor* esté afectando la colmena, impidiendo a las abejas realizar sus tareas de forma normal y que el apicultor pueda tomar decisiones en consecuencia para proteger la colmena.

## Conclusiones

Se concluyó con el trabajo soportado por tecnología de Internet de las Cosas (IoT) para la colmena experimental, logrando un bajo consumo energético (1.7 W hora) y el alcance de la señal necesario para cubrir todo el Tecnológico sin la necesidad de repetición y/o fuentes de alimentación eléctrica. Se obtuvo una funcionalidad al cierre de las pruebas de campo de 11 días y con margen de 4 días adicionales aproximadamente, permitiendo la facilidad para la programación de la rotación de batería por recarga y/o mantenimiento. Por otro lado, las abejas no presentaron comportamientos inusuales o afecciones visibles, debido a la presencia del prototipo en la colmena experimental durante las pruebas realizadas.

## Referencias

- CATSENSORS. 2022. Tecnología LoRa y LoRaWAN. Recuperado: 17/09/2021, desde: <https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan>.
- CISCO. 2021. Cisco Solution for LoRaWAN. Recuperado: 17/09/2021, desde: <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/se/internet-of-things/at-a-glance-c45-737308.pdf>.
- Coppa, R. 2006. La colmena un ecosistema en equilibrio: Recuperado: 30/06/2022, desde: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-miscelaneas\\_06.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-miscelaneas_06.pdf).
- Gavilanes, D. 2020. Sistema de monitoreo apícola mediante el uso de redes neuronales artificiales para identificar la variación de población. Recuperado: 29/06/2022, desde: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31507/1/t1729ec.pdf>.
- Gordón, A. 2022. Diseño y construcción de una colmena Flow Hive automatizada mediante la aplicación de aspectos de Industria 4.0 que permita modernizar el proceso de extracción de miel con una mayor rapidez y seguridad. Recuperado: 29/06/2022, Desde: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/29354/1/T-ESPEL-MEC-0238.pdf>.
- INCIPIY. 2015. Internet of things (IoT) en la transformación digital de las empresas. Recuperado: 24/08/2021, desde: <https://www.fundacionseres.org/Lists/Informes/Attachments/987/150923%20internet-of-things.pdf>.
- Márquez R, O. y Méndez Á. 2012. Módulo de Monitoreo Apícola. recuperado:30/06/2022, desde: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/12106/261010.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Negrete, J. 2019. Apicultura de precisión. Recuperado: 29/06/2022, desde: [https://www.researchgate.net/publication/331110963\\_ApiculturadePresicion](https://www.researchgate.net/publication/331110963_ApiculturadePresicion).
- Neira, J. 2022. Estudio documental sobre la aplicación del Internet de las cosas en procesos agrícolas enfocado a la apicultura Colombiana. Recuperado: 29/06/2022, desde: <https://revistas.itsup.edu.ec/index.php/sinapsis/article/view/438/733>.
- Pinar, I. 2020. Master en IoT: Conéctate al Futuro. Recuperado: 20/08/2021, desde: <https://www.udemy.com/course/master-en-internet-of-things-conectate-al-futuro/>
- Seritan, G., Bogdan, A., Argatau, F., Adochiei, F. y Toader S. 2018. Low cost platform for monitoring honey production and bees health. Recuperado: 30/06/2022, desde: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8402704>.
- Telese, A. 2022. La importancia de las abejas en el mundo. Recuperado: 29/06/2022, desde: <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/38415>.
- Valega, O. 2022. Estrés en las Abejas. Recuperado: 30/06/2022, desde: <https://www.apiservices.biz/es/articulos/ordenar-por-popularidad/1161-estres-en-las-abejas>.

# SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES APLICADO A CULTIVOS DE NOPAL (*Opuntia spp.*) UTILIZANDO INTERNET DE LAS COSAS

M. Ramos- Dávila<sup>1</sup>, J. de J. Campos-Torres<sup>1\*</sup>, H. Silos- Espino<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Sistemas y Computación. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km. 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330. <sup>2</sup> Laboratorio de Biotecnología Aplicada del Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km. 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330.

\* Autor de correspondencia: jose.ct@llano.tecnm.mx

## Resumen

Se realizó el monitoreo de variables ambientales como humedad del suelo, temperatura y humedad ambiental a distancia en diferentes genotipos de nopal cultivados en ambiente controlado (invernadero), mediante la implementación de una red de sensores conectados a una tarjeta inalámbrica de bajo costo y con el apoyo de la tecnología del internet de las cosas (IoT). El trabajo se desarrolló en el Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, México. Con los datos generados se coadyuvará en futuras investigaciones a realizar por estudiantes y profesores del departamento de posgrado de la Institución; por ejemplo, "El Efecto del estrés hídrico sobre el contenido de mucílago, betalainas y actividad antioxidante del nopal".

## Abstract

Monitoring of environmental variables such as soil humidity, temperature and environmental humidity was carried out remotely in different genotypes of nopal cultivated in a controlled environment (greenhouse), through the implementation of a network of sensors connected to a low-cost wireless card and with the support of Internet of Things (IoT) technology. The work was developed at the El Llano Technological Institute in Aguascalientes, Mexico. With the data generated, it will contribute to future research to be carried out by students and professors of the postgraduate department of the Institution; for example, "The Effect of water stress on the content of mucilage, betalains and antioxidant activity of nopal".

## Introducción

Hoy en día se evidencia un fuerte crecimiento de la automatización de las labores agrícolas, atendiendo a la evolución tecnológica y a la expansión poblacional del planeta. Según la FAO, (2017), *"La mecanización agrícola puede aumentar la productividad tanto de la tierra como de la mano de obra, incluso en las explotaciones agrícolas en pequeña escala (...). Las tecnologías de la información y la comunicación modernas ofrecen a los agricultores múltiples opciones para comprar insumos, vender productos y mejorar su acceso a la información"*. Esta modernización del campo y de las tareas que allí se realizan, ha permitido aseverar que el sector agroindustrial es uno de los candidatos más fuertes para la aplicación del internet de las Cosas (IoT) en la próxima década (Talavera y col., 2017) En esencia, las soluciones IoT se visualizan como el paso a seguir para la modernización debido a la gran cantidad de alimentos que debe producir el campo y el sector agroindustrial (Medela y col., 2013). Según algunos estudios, se espera que la clave para aumentar la producción agrícola sea la aplicación de tecnologías IoT que lograrían incrementar en un 70 % la producción global de alimentos, lo cual generaría un impacto positivo para el año 2050. Se estima que la población mundial para dicho año será de 9.5 billones de personas (Bing, 2016). Por lo anterior, pensar en el desarrollo de sistemas inteligentes, modernos y con plataformas multimedia para el acceso de diferentes actores del sector agrícola (Cambra y col., 2017), indudablemente lleva a plantearse un diseño que posea atributos tales como modularidad, flexibilidad, integrabilidad, programabilidad, configurabilidad, escalabilidad e interoperabilidad (Suprem y col., 2013). Para el año 2020 estaban conectados 50,000 millones de objetos inteligentes (Palacios-Frisancho, 2017) los que se intercomunicaban en redes, mediante el IoT y a través de los datos en la nube (Aazam y col., 2016).

La implementación de este tipo de interconexiones, basadas en las TIC, permite recolectar, analizar y distribuir información (Quiñones-Cuenca y col., 2017), lo que conlleva a obtener información detallada de una situación en particular. Por otra parte, en América el avance en cuanto al uso de los datos masivos aplicados en la agricultura ha sido localizado y diferenciado por país.

En Estados Unidos, por ejemplo, dicho avance ha sido más rápido, ya que algunas empresas como Monsanto, DuPont, John Deere y otras, el Gobierno y la academia invierten recursos en el aprovechamiento de los datos que el sector genera y en el desarrollo de herramientas y soluciones para el campo (FAO CEPAL, 2017-2018). Con respecto a América Latina y el Caribe, se tiene una evolución lenta que obedece a la baja implementación tecnológica. Lo anterior se evidencia con las cifras que se tienen desde la década de los 90, en las que se muestra aproximadamente 8.3 % de participación en exportaciones agroalimentarias en el mundo, mientras que en el año 2015 esta cifra se elevó tan solo al 13.8% según la FAO (FAO CEPAL, 2017-2018). Este incremento se debe al aumento poblacional que tiene el planeta, y obedece en gran medida a la evolución tecnológica de la industria 4.0, o también reconocida como la cuarta revolución industrial. Este nuevo impacto, que se refiere a la migración tecnológica y a las nuevas tendencias, ofrece un conjunto de aplicaciones que integran tecnologías IoT, computación en la nube, sistemas embebidos, sensores inalámbricos, inteligencia artificial y sistemas de monitoreo y predicción (Campoverde-Marca y col., 2015). Siendo estos últimos los de nuestro interés.

De lo anterior surge una interrogante que obedece a una clara tendencia mundial de la industria 4.0 y la cual nos vemos en la necesidad de explorar, así como explotar específicamente el área de monitoreo y posteriormente la de predicción de variables como la temperatura y humedad ambiental para determinar cómo impactan éstas en la producción agrícola de la región.

El presente trabajo consistió en la implementación de un sistema de monitoreo de las variables ambientales como humedad de suelo, la temperatura y humedad ambiental, mediante la instalación de una red de sensores inalámbricos de bajo costo y con tecnología de internet de las cosas (IoT) a distancia, en la producción de nopal en un ambiente controlado. Ésto con el objetivo de coadyuvar en las diferentes investigaciones realizadas por el departamento de posgrado de la Institución y medir en trabajos futuros “El Efecto del estrés hídrico sobre el contenido de mucílago, betalaínas y actividad antioxidante del nopal”, con los datos generados por la red de sensores instalados.

## **Materiales y métodos**

Para el desarrollo del presente trabajo se contó con material que se adquirió previamente con el apoyo financiero por parte del Gobierno del Estado de Aguascalientes (GEA) a través del Instituto para el Desarrollo de la Sociedad del Conocimiento (IDSCEA) y mediante convocatoria del Fondo Estatal de Innovación Tecnológica 2021, donde se logró ser beneficiado para la adquisición de equipo y diversos materiales, para lo cual hacemos mención de ellos en seguida: Cuatro tarjetas con un microcontrolador inalámbrico, cuatro sensores de temperatura y humedad ambiental, cuatro sensores de humedad de suelo “higrómetro”, cuatro cables alimentadoras de energía, un regulador de voltaje, un Router, dos antenas para establecer un enlace punto a punto, dos adaptadores de energía POE y cable UTP categoría 5. Adicionalmente se utilizó el software Arduino IDE para llevar a cabo el script (programación) que fue embebido en la tarjeta microcontroladora. La propuesta para la realización de este proyecto fue dividirlo en ocho etapas, las cuales se desarrollaron en el periodo de agosto a diciembre de 2022, que a continuación se enlistan: La primera etapa consistió en conocer el lugar y las condiciones físicas y de infraestructura del invernadero (Figura 1a).

La segunda etapa consistió en llevar a cabo la limpieza, la organización física del invernadero y la selección de las plantas a monitorear. Se monitorearon nopales de las especies *Opuntia robusta*, *Opuntia xocconostle*, *Opuntia matudae* y *Opuntia chaveño*, las cuales son de nuestro interés para estudios posteriores, (Figura 1b).

La tercera etapa consistió en implementar el dispositivo de sensores, la instalación de la línea eléctrica y centro de carga para el suministro de energía dentro del invernadero (Figura 1c).

La cuarta etapa consistió en realizar pruebas de conexión inalámbrica a los diferentes puntos de acceso instalados en el campus utilizando diversos dispositivos: Routers, Antenas, Repetidores y finalmente Enlace, (Figura d y e).

La quinta etapa consistió en instalar un enlace de dos antenas, colocadas una en el Centro de Computo 1 y la otra orientada hacia el invernadero para garantizar la conectividad y la trasmisión eficiente de los datos generados, (Figura f).

La sexta etapa consistió en la construcción y programación de un prototipo con los sensores seleccionados.

La séptima etapa consistió en la implementación de los prototipos en el invernadero y la realización de pruebas de funcionalidad y de transmisión de los datos, (Figura g).

La octava etapa consistió en instalar los sensores en suelo y cercanas a las plantas en estudio (Figura h).

La novena etapa consistió en el monitoreo del prototipo, de la conectividad y de los datos generados mediante una aplicación de móvil (APP), (Figuras 2a y 2b).

Una vez ejecutada cada una de las etapas anteriores, se generó un espacio en internet para la recopilación y almacenamiento de los datos generados por los sensores, con la ayuda de una plataforma de código abierto la cual permitió además de alojar, conocer los estados; todo esto a través de internet, además de generar una visualización por medio de graficas de comportamiento, (Figura 2c).

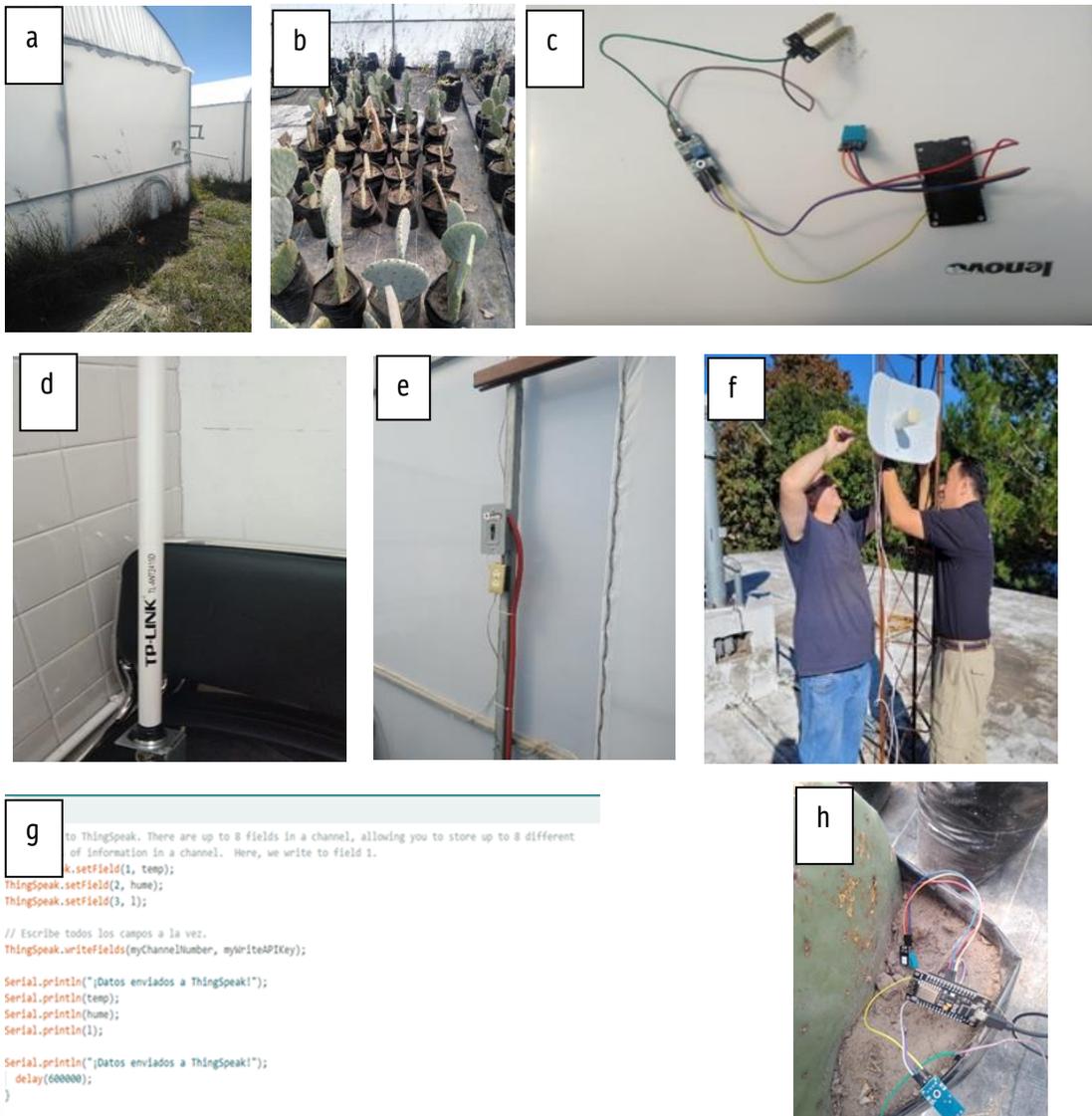


Figura 1. A Invernadero del ITEL; b), Especies del género *Opuntia*; c), Dispositivo para obtener datos; d), Instalación de antena en sitio de captación de datos; e) Instalación de dispositivo en invernadero; f), Antena para ampliar la señal inalámbrica; g), Prueba de adquisición de datos y h) Instalación de antena en el Centro de Cómputo 1.



Figura 2. a). App para el Monitoreo de los genotipos de nopal; b), Datos de sensores y c), Pantalla de monitoreo desde la página de internet.

## Resultados

Se logró instalar en el invernadero del Instituto Tecnológico El Llano, un sistema de monitoreo de variables ambientales. Este sistema nos permitió conocer las condiciones de crecimiento de las plantas, observadas en un ambiente controlado. Adicionalmente se obtuvo una base de datos, la cual no existía, que cuenta con aproximadamente 7,450 registros. En ella se generan diariamente alrededor de 144 registros, en promedio 6 registros cada hora y se encuentra disponible para su consulta. Dicha base de datos será de gran utilidad en trabajos futuros que involucren comportamiento y predicción. Se logró fortalecer el área agropecuaria de la institución y llevar a cabo el trabajo de manera multidisciplinaria, gracias a la colaboración del personal y alumnos de otras áreas del conocimiento y de esa manera apoyar en la formación de recursos humanos.

El internet de las cosas es un campo de la ciencia que continúa en crecimiento. Debemos aprovecharlo como una herramienta eficaz para solucionar los grandes retos que tenemos como humanidad; entre ellos se destaca el uso eficiente del agua y la autosuficiencia en la producción de alimentos.

## Referencias

- Aazam, M. and E.-N. Huh. 2016. Fog computing: The cloud-iot/ieo middleware paradigm, *IEEE Potentials*, vol. 35, no. 3, pp. 40-44, doi: 10.1109/MPOT.2015.2456213.
- Bing, F. 2016, 2017. The research of IoT of agriculture based on three layers architecture, in Proceedings of 2016 2nd International Conference on Cloud Computing and Internet of Things, CCIOT.
- Cambra, C., S. Sendra, J. Lloret, and L. Garcia. 2017. An IoT service-oriented system for agriculture monitoring, in IEEE International Conference on Communications, doi: 10.1109/ICC.2017.7996640.
- Campoverde Marca, A. M., H. Rojas, D. Leonardo, y B. E. Mazón Olivo. 2015. Cloud Computing para el internet de las cosas. Caso de estudio orientado a la agricultura de precisión, en el Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología UTMACH, Machala, pp. 47-53.
- F. A. O. CEPAL. 2017-2018. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: CEPAL, FAO, IICA, Santiago Chile, Chile.
- Medela, A., B. Cendón, L. González, R. Crespo, and I. Nevares. 2013. IoT multiplatform networking to monitor and control wineries and vineyards, in Future Network & Mobile Summit, Lisboa, pp. 1-10.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), (2017). El estado mundial de la agricultura y la alimentación.
- Palacios Frisancho, G. 2017. Diseño e implementación de un sistema para el monitoreo de cultivos nativos utilizando Internet del Todo y redes Fog, tesis, Universidad Nacional del Altiplano.
- Quiñones-Cuenca, M., V. González-Jaramillo, R. Torres, and M. Jumbo. 2017. Monitoring System of Environmental Variables Using a Wireless Sensor Network and Platforms of Internet of Things, *Enfoque UTE*, 329-343. doi: 10.29019/enfoqueute.v8n1.139.
- Suprem, A., N. Mahalik, and K. Kim. 2013. A review on application of technology systems, standards and interfaces for agriculture and food sector, *Computer Standards and Interfaces*, pp. 255-364. doi: 10.1016/j.csi.2012.09.002.
- Talavera, J. M. y col. 2017. Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 142, pp. 283-297.



## RESUMEN DEL SEMINARIO: EXPERIENCIAS SOBRE ENFOQUES PARA ATENDER LA PROBLEMÁTICA DE COCHINILLA SILVESTRE EN TLALNEPANTLA, MORELOS

### Elaboración del resumen:

Mtra. Lilia Arechavala Vargas, Directora Operativa de FUMEC y Consejera de ACELTEC

Mtra. Nancy Chávez Baños, Directora de ACELTEC y consultora de FUMEC

Lic. Rodrigo Anaya Díaz, Consultor de ACELTEC y FUMEC

### Ponentes en el seminario:

Dr. Héctor Silos Espino, presidente de la red Nopal en México y profesor/investigador del Instituto Tecnológico El Llano en Aguascalientes (ITEL).

Mtra. Nancy Chávez, Directora de Aceleración de Empresas Tecnológicas (ACELTEC).

Dr. Santiago de Jesús Méndez Gallegos, Profesor/investigador COLPOS, SLP.

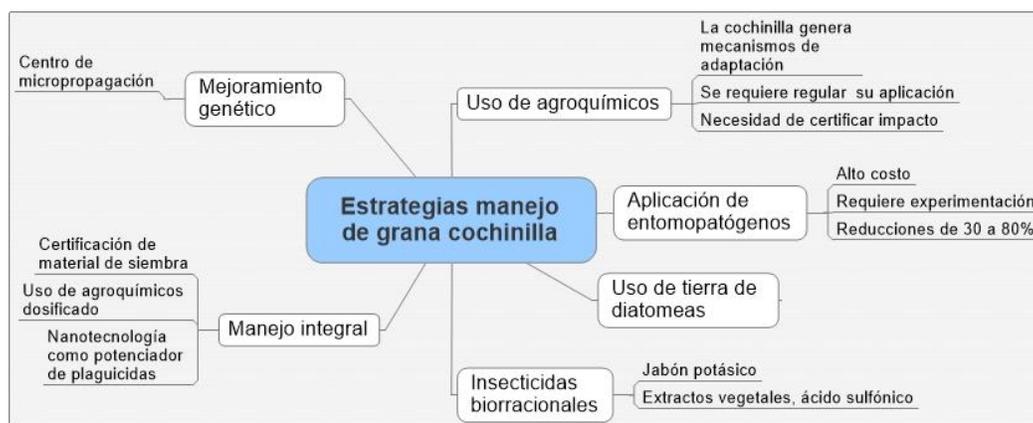
Dra. María Claudia Rueda Barrientos, profesora, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Dr. Juan Antonio Cruz Rodríguez, profesor/investigador, Departamento de Agroecología, Universidad Autónoma Chapingo.

Dr. Víctor López Martínez, profesor/investigador, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Dr. Álvaro González Hernández, investigador independiente, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Dr. Ricardo Hernández Pérez, profesor/investigador, TecNM/ IT Zacatepec.



Resumen esquemático de estrategias propuestas para atender la problemática de la cochinilla silvestre.

### Introducción

La Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia A.C. (FUMEC) y Aceleración de Empresas Tecnológicas A.C. (ACELTEC) iniciaron en 2020 un programa de impulso al desarrollo regional en la comunidad de Tlalnepantla, Morelos. La metodología utilizada de aproximación a la comunidad es una adaptación realizada por FUMEC al enfoque utilizado por la Unión Europea para identificar prioridades regionales con enfoque territorial (*Research and Innovation Strategies for Smart Specialization, RIS3*). El mapeo de la situación actual de Tlalnepantla y el proceso participativo, llevaron a identificar diversas necesidades y problemáticas expresadas por los propios integrantes de la comunidad. Uno de estos problemas es el crecimiento en la presencia de poblaciones de la plaga *Dactylopius opuntiae*, conocida como cochinilla silvestre.

Para atender esta problemática, se invitaron a investigadores de las redes de FUMEC y ACELTEC, que han realizado investigaciones o están trabajando con este tema, a participar como ponentes en este seminario titulado "Experiencias sobre enfoques para atender la problemática de cochinilla silvestre en Tlalnepantla, Morelos", el cual se realizó el 28 de marzo de 2023, para conocer los diversos enfoques de atención a este tema y comentar estrategias para continuar apoyando a la comunidad en Tlalnepantla, Morelos y otras regiones de producción de nopal.

## "LA IMPORTANCIA DEL NOPAL VERDURA A NIVEL NACIONAL"

Dr. Héctor Silos Espino

En esta conferencia se hizo mención de las diversas variedades de nopal (*Opuntia spp.*) existentes en México, tales como nopal de tuna, nopal verdura y xonocostle. Se enfatizó en la relevancia que el nopal verdura tiene en nuestro país, mostrando cifras de producción y el rendimiento por hectárea. Así mismo, se dio a conocer que el estado de Morelos es el líder en producción de nopal verdura, seguido de CdMx. Se comentó la importancia de poner al nopal verdura y a los subproductos derivados de este como referentes a nivel internacional. A pesar de que México es un gran productor, no es el país que marca el precio a nivel mundial. Lamentablemente, tampoco es el que aprovecha en su totalidad sus beneficios. Para finalizar se dieron a conocer las propiedades nutricionales y nutraceuticas que pueden tener los nopalitos, así como también, los beneficios que aportan para la salud.

### LA IMPORTANCIA DEL NOPAL VERDURA A NIVEL NACIONAL

Héctor Silos Espino  
FUMEC  
Marzo 2023

### TIPOS DE NOPAL

En México podemos encontrar hasta 96 especies de las más de 358 que se han reconocido hasta hoy en día.

Por mencionarlo, estas son algunas especies de nopal (*Opuntia*):

- Cardón,
- Chamacuelo,
- de Castilla,
- Velludo,
- Duraznillo,
- Cujilo,
- Camueso,
- Cascarón,
- del Pedregal,
- Sacasil,
- Chaveño,
- Xonocostle,
- Nopal de la Cochinilla,

*Opuntia streptacantha*  
*Opuntia tomentosa*  
*Opuntia ficus-indica*  
*Opuntia velutina*  
*Opuntia leucotricha*  
*Opuntia engelmannii*  
*Opuntia robusta*  
*Opuntia hyptiacantha*  
*Opuntia rzedowskii*  
*Opuntia pachyrhiza*  
*Opuntia streptacantha*  
*Opuntia jocosostle*  
*Opuntia cochinilli*

### Principales productores

El nopal se cultiva en dieciocho estados de la República Mexicana, donde se colocan como líderes:

- Morelos con más de 392 mil toneladas
- Ciudad de México con más de 227 mil toneladas
- Estado de México con más de 92 mil toneladas

Aunque lo que predomina principalmente en la mesa central del país es la producción del nopal verdura. (SIAP, 2020)

### Natura-nopal

27 productos comerciales

- Jugo concentrado de nopal.
- Polvo de nopal.
- Pectina de nopal.
- Jabón de tocador.
- Shampoo líquido para manos.
- Yogurt.
- Mermelada.
- Pan de nopal.
- Harina de nopal.
- Capsulas para adelgazar.
- Gel reductivo.
- Crema humectante.
- Tortilla de nopal.
- Nopales en salmuera.

- Pasta dental.
- Tamales.
- Dulce cristalizado.
- Miel.
- Psy.
- Panqué.
- Empanadas.
- Atole.
- Buñuelos.
- Nieve.
- Pulque.
- Guisados.
- Enjugues.
- Mascarillas.

### "VALOR NUTRACEUTICO DEL ACEITE DE SEMILLA DE TUNA"

Anti-Ageing "GREEN GOLD"

Composición proximal.  
Contenido de fenoles.  
Fibra dietaria total.  
Capacidad antioxidante.  
Perfil de ácidos grasos.

### ENGROSAMIENTO DEL CLADODIO EN EL CENTRO NORTE DE MÉXICO.

Morfología de nopal afectado por engrosamiento (a y b).

Insectos asociados a la transmisión de fitoplasmas c) chinche roja (*Hesperolobops gelastops*), d) chinche del fruto (*Narnia pallidicornis*), e) chinche gris (*Chelinidea tabulata*) y f) grana cochinilla (*Dactylopius coccus*).

## "IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE NOPALITO EN EL ESTADO DE MORELOS Y SU PROBLEMÁTICA"

Mtra. Nancy Chávez

El enfoque de esta plática fue resaltar la importancia que representa Tlalnepantla, Morelos con respecto a la gran producción de nopalitos y las principales problemáticas identificadas en los últimos años. Dicha producción es la base de la economía del municipio.

Una de las principales plagas que afecta la producción de nopal, es la cochinilla silvestre la cual ha azotado durante mucho tiempo a los cultivos nopaleros. Otro de los problemas que se han presentado es la escasez de agua, ya que se depende en la mayoría de los cultivos del agua de lluvia. Se requieren alternativas para solucionar estos problemas que involucren tecnologías tanto para la captación, ahorro de agua y control de la cochinilla. Los productores jóvenes proponen disminuir el uso de agroquímicos para remediar el suelo evitar, daño a los cultivos y que se vea beneficiada la salud de los miembros de la comunidad.



# "BIOLOGÍA Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE *DACTYLOPIUS OPUNTIAE*"

Dr. Santiago de Jesús Méndez

Esta presentación se centró en definir la problemática que se vive actualmente con la plaga de la cochinilla silvestre comparada con la que tiene con la grana cochinilla de nopal cultivado. Se realizó una comparación de las características biológicas y de supervivencia entre las dos especies. Se mencionó que la *Dactylopius opuntiae* es considerada la más destructiva y, la principal plaga de nopal en 35 países del mundo. Esta plaga tiene varias maneras de generar supervivencia contra sus enemigos naturales y evitar ser impactada por los fertilizantes. Se están estudiando las características biológicas de esta plaga para lograr su control sin alterar a las plantas, al agua y en general al ecosistema que las rodea.

**BIOLOGÍA Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE *DACTYLOPIUS OPUNTIAE***  
Dr. Santiago de Jesús Méndez Gallegos

**Características particulares**

- Principal plaga del nopal en el mundo.
- Considerada la más agresiva y destructiva.
- Ataca a más de 30 especies de nopal a nivel mundial.
- Rápida dispersión (10-12 km año)

**Factores externos**      **Arquitectura y estructura de la planta**

**Sitios de anidación, refugio y protección**

Articulaciones:  
Cladodio-tallo  
Brote-cladodio  
Frutos-cladodio

**Contenido de la presentación**

- 1 Contextualización del problema
- 2 Factores determinantes de éxito
- 3 Supervivencia y reproducción
- 4 Estudios abordados en el ColPos
- 5 Sus preguntas y comentarios

**Factores externos**      **Invasión y colonización de nuevas áreas**

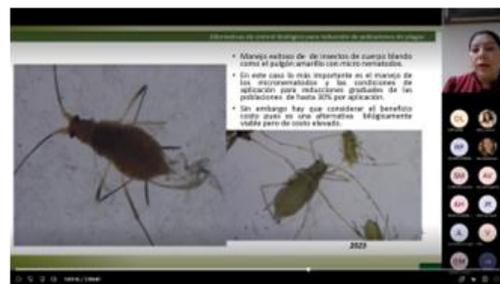
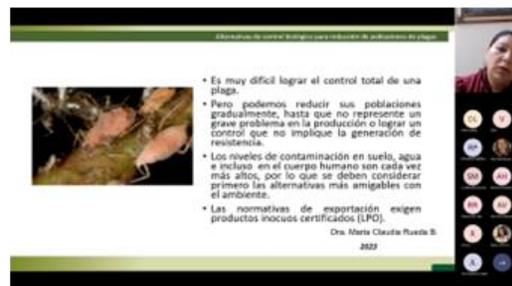
- 1 El nopal proporciona alimento abundante y de alta calidad (monocultivo).
- 2 El comportamiento semipermanente del nopal (en algunas regiones la brotación constante permite la disponibilidad de alimento y de sitios de refugio y reproducción).
- 3 Ausencia de factores de contención natural (Temperaturas adecuadas, precipitación baja y errática y sin depredadores).

**Facilidad de dispersión**

# "ALTERNATIVAS DE CONTROL BIOLÓGICO PARA LA REDUCCIÓN DE POBLACIONES DE PLAGAS"

Dra. María Claudia Rueda Barrientos

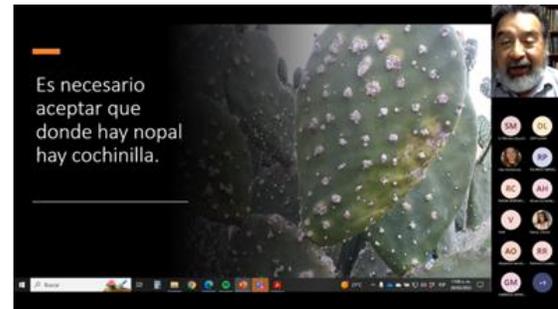
Se está trabajando con agricultores en distintas alternativas de control biológico de plagas de cultivos vegetales. De este control biológico se han obtenido resultados diversos. Se requieren alternativas de control de plagas que no generen contaminación de los cultivos. En el mercado se solicitan certificaciones donde se especifique que los productos agrícolas se han cultivado de manera orgánica, principalmente aquellos que son destinados para exportación. Se mencionó que la cochinilla no sólo se ubica en la parte alta del nopal, sino también en las raíces superficiales de la planta; de tal forma que, al permanecer en la base, aún en los meses más fríos del año, sobrevive a la aplicación de métodos de control químico. Se señaló que la cochinilla algodonosa de los cítricos (*Planococcus citri*) disminuyó su población hasta en un 80% con aplicaciones graduales de una combinación de hongos entomopatógenos, entre los cuales se encuentra *Lecanicium Lecanii*. Se realizaron aplicaciones con diferentes dosis y complementos dependiendo de la etapa de desarrollo en la que se encontraba la cochinilla. Hubo otros casos de éxito. Por ejemplo, cuando se trabajó con el pulgón amarillo, cuya población fue reducida en un 30% con la aplicación de micronemátodos, sin embargo, en esta alternativa debe considerarse su alto costo.



## “MANEJO AGROECOLÓGICO DE LA COCHINILLA SILVESTRE DEL NOPAL”

Dr. Juan Antonio Cruz Rodríguez

Se señaló que se debe partir de la premisa “dónde hay nopal también hay cochinilla” ya que existe una relación estrecha entre ellos. En México se utilizan 11 insecticidas para el control de la cochinilla, pero la mayoría de ellos no están autorizados por la COFEPRIS para su uso en cultivos de nopal. En la actualidad, el principal control de la cochinilla es mediante el uso de agroquímicos y aun así la cochinilla sólo se reduce en número, pero no se ha encontrado algo que pueda erradicarla. La cochinilla tiene muchos mecanismos de sobrevivencia y adaptación. Por ejemplo, para compensar sus deficiencias nutricionales, la cochinilla ha establecido relaciones simbióticas con bacterias y hongos que le proporcionan aminoácidos esenciales y reciclan el ácido úrico. A través de la Red Internacional de Investigación e Innovación de Nopal y otras Cactáceas (IIINOCA) se ha creado un grupo de manejo agroecológico del nopal, el cual busca opciones de innovación en la producción de nopal.

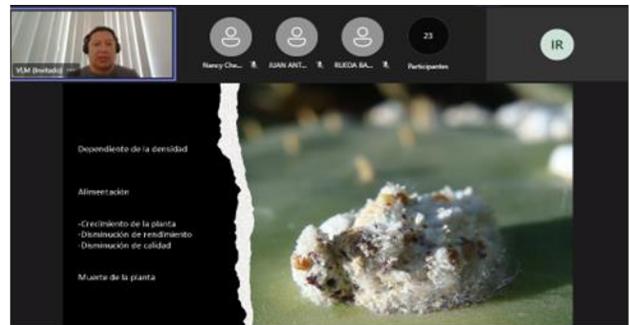


# "USO DE DIATOMEAS PARA EL CONTROL DE LA COCHINILLA DEL NOPAL (*DACTYLOPIUS OPUNTIAE*) EN TLAYACAPAN"

Dr. Víctor López Martínez

Se mencionaron datos relevantes sobre la cochinilla. Por ejemplo, que ataca por lo menos a 17 especies distintas de nopal en 20 entidades federativas y que dependiendo de la especie en la que se encuentre será su dinámica poblacional y el tamaño de sus colonias; también se mencionó que esta plaga tiene presencia desde los 25 hasta los 2600msnm. Se señaló que existen ya varios biotipos de la grana cochinilla y en el caso de *Dactylopius* se tienen 4 especies en Morelos. El hecho de que este estado sea el centro de origen y producción de las cactáceas, también se refleja en que es el centro de los problemas fitosanitarios, por lo que se debe pensar en generar estrategias de reducción de las plagas. Se comentó que el problema no es el uso de productos agroquímicos, sino que los productos que están empleando algunos productores, no están indicados para su utilización en nopal, ni para usarse de manera masiva. Los productores tampoco tienen un abanico de opciones para combatir a las plagas y optan por ir a las tiendas de agroquímicos donde pueden tener acceso de manera rápida a algunas formulaciones. El uso de estos agroquímicos provoca problemas fuertes al momento de la exportación, ya que los clientes al realizar muestreos llegan a rechazar el nopal.

El eliminar la cochinilla es bastante difícil, sin embargo, con el polvo de tierra de diatomeas (algas fósiles) que actúa como insecticida ecológico se consigue su desaparición total. Para este tipo de plagas se suele emplear la tierra de diatomeas micronizada, para que al aplicarlo no se atore el pulverizador.



# "EFECTIVIDAD DE INSECTICIDAS BIORRACIONALES PARA EL CONTROL DE LA COCHINILLA DEL NOPAL (DACTYLOPIUS OPUNTIAE) EN TLALNEPANTLA"

Dr. Álvaro González Hernández

Debido a la preocupación de los productores por la gran población de cochinilla silvestre en sus plantaciones de nopal, en Tlalnepantla, se observó que en ocasiones han optado por aplicaciones de plaguicidas en grandes cantidades, las cuáles llegan a impactar en la salud de los trabajadores que las aplican ya que se llega a abusar de las mezclas de agroquímicos combinando de 3 a 5 ingredientes activos. Esta situación se deriva de la desesperación que sufren los productores por la presencia de la plaga de cochinilla silvestre.

El Dr. González comentó de un experimento con jabón potásico en la cabecera municipal de Tlalnepantla en abril de 2019. Previo al experimento no se usaron plaguicidas durante dos meses. El diseño fue completamente al azar con 18 tratamientos y 4 repeticiones. El terreno utilizado era de 3,500 metros cuadrados con una densidad de 14,705 plantas por hectárea. Dentro de las conclusiones del experimento se encontró que el jabón potásico elaborado de manera artesanal en su dosis baja y alta de 1.0 y 1.8kg fueron los mejores tratamientos con eficacias superiores al 50% en el control de la cochinilla en el nopal verdura. La mayoría de los tratamientos con extractos vegetales, el ácido sulfónico y los jabones mostraron eficacias superiores al insecticida químico de 23.7% a 52%.



- ❑ El experimento se realizó en Tlalnepantla, Morelos.
- ❑ Cultivo variedad Milpa alta, con extensión de 3500 m<sup>2</sup> a una densidad de 14,705 plantas por ha.
- ❑ No se aplicaron insecticidas previos al experimento durante dos meses. La evaluación se realizó en abril de 2019, época en que se registra la mayor incidencia natural del insecto (Venegas-Rico *et al.*, 2010).
- ❑ Diseño completamente al azar con 18 tratamientos y 4 repeticiones.
- ❑ Repetición (1 fragmento de surco de 5 m)
- ❑ Se dejó una separación de un metro entre el comienzo y término de cada repetición, marcando con pintura.
- ❑ Se dejó una fila libre entre cada fila útil para los tratamientos

Productos y dosis utilizados en el experimento

Nombre comercial	Ingredientes activos	Dosis	Control de productividad
ELIZABETH BIODIFENSIVO		ES 1 L	
AMPLIFLORIN BIOCICL	Ampliflorin (BIO)	ES 1 L	
CL		ES 2 L	
UNIVICOR	Extracto de cáscara (CC)	ES 1 L	
		ES 2 L	
BURNEM	Extracto de Neem (CN) + ace (CN)	ES 1 L	
		ES 2 L	
ANTHUS	Acido sulfónico de sodio de soya (SS)	ES 1.5 L	
		ES 3 L	
MAVIS DEBRIVE	Extracción de citraus (CI)	ES 400 ml	
		ES 600 ml	
ELIZABETH CHALICE	Durex sulfoncarato de sodio (DS)	ES 2 L	
		ES 3 L	
JABON POTASICO	Mezcla de jabón (JP)	ES 1.0 kg	
		ES 1.8 kg	
JABON NEON	Controlamiento regular + jabón Neón	ES 2 L JAB. + 700 L B	
		ES 4.0 L JAB. + 1400 L B	



## "ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA PARA UN PROYECTO DE RESCATE, MEJORAMIENTO Y MANEJO DE PLAGAS EN EL CULTIVO"

Dr. Ricardo Hernández Pérez, TNM, Instituto Tecnológico de Zacatepec.

Se habló de los paradigmas difíciles de cambiar de los productores de nopal. La mayor preocupación de los productores es lograr encontrar en el mercado un producto agroquímico de bajo costo, de poco impacto ecológico y que permita en pocas aplicaciones erradicar la plaga de cochinilla. La reflexión es que se debe cambiar este paradigma por el establecimiento de un Programa de Manejo Integrado, en el cual, las alternativas de solución estén probadas en un área demostrativa previamente, establecer la certificación del material de siembra y promover la certificación del material de origen libre de tóxicos residuales.

Se propone que, en los Programas de Manejo Integrado, no se debe mostrar un escenario en el que la población de plagas pueda erradicarse al 100%, sino que el mensaje sea, que será reducida, ya que actualmente no hay solución alguna que garantice la erradicación total de la plaga.

**ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA PARA EL RESCATE, MEJORAMIENTO Y MANEJO DE PLAGAS EN EL CULTIVO.**



Dr. Ricardo Hernández Pérez  
Profesor Investig. TechnM ITZacatepec  
Nivel I SNI (Conacyt)  
santacana57@yahoo.es

**PARADIGMAS DE LOS PRODUCTORES DE NOPAL.**

Se piensa, en lograr una producción **menos costo**, basada en un control químico "milagro", que **cueste barato** y que lleve **pocas aplicaciones** durante el ciclo.

**Cambiar de paradigmas**

1. Establecer un PMI.
2. Además, cualquier alternativa, que se intente introducir, debe cumplir con la premisa, de haber sido replicada y validada l ro en un "Área Demostrativa".
3. Establecer la "Certificación del Material de Siembra", para el fomento de nuevas áreas.
4. Introducir la premisa de un "Certificado de Origen",... libre de tóxicos residuales.

**Conceptos para un MIP futuro**

Se aplicarán los insecticidas en el **Momento Oportuno**, cuando la plaga solo ha logrado infectar el cultivo (Índice < 2.0 y 2.7 colonias = Nivel I (Escala de Grados).... (Mora-Aguilera et al. 2000).

El **Control Químico**, solo se usará para lograr establecer una población inferior al Índice de Daños. **NO para obtener un cultivo con "0 % de infestación"**.

**Conclusiones**

- El uso de GreenSoap (Sales Potásicas de ácidos grasos 60% I.A) constituye una alternativa viable para el control de Cochinita silvestre (*D. opuntiae*) en Nopal.
- Se obtuvo una reducción gradual de las poblaciones de Cochinita silvestre (*D. opuntiae*) en Nopal hasta (1.4 grados), después de una tercera aplicación con mezclas de GreenSoap + Mark 1000.
- Los tratamientos con mezclas de GreenSoap (5 a 10 ml. L<sup>-1</sup>) y Mark 1000 (4.0 a 4.5 ml. L<sup>-1</sup>), logran una **Efectividad Biológica** hasta del 62% en el control Cochinita silvestre (*D. opuntiae*) en Nopal.
- El efecto del lavado producido por las aplicaciones de GreenSoap, solo o en mezclas con Mark 1000, lograron **cladosios** limpios, libres de estados ninfales de Cochinita silvestre (*D. opuntiae*) en Nopal.

**PROPUESTAS DE UN MEGAPROYECTO. ETAPAS DE UN (MIP)**

**ESTRATEGIA INTEGRAL AGROBIOTECNOLOGICA PARA EL RESCATE DEL CULTIVO DEL NOPAL (*Opuntia ficus-indica* Mill), EN TOTOLAPAN, ESTADO DE MORELOS.**

**AgroBioTec**

**Etapa 1. CREACIÓN DE UN LABORATORIO DE PROPAGACIÓN MASIVA DE PLANTAS (CPMP)**

Crear un **Centro para la micropropagación**, que permita la propagación masiva acelerada de Nopal a través de técnicas de cultivo de tejido *in vitro*, contribuyendo a la conservación y la biodiversidad de las variedades de este cultivo con mayor perspectivas y el mejoramiento genético de un nuevo germoplasma *ex vitro* **certificado y tolerante a plagas y enfermedades**.



RICARDO HERNÁNDEZ PÉREZ

## Conclusiones

Como parte de los comentarios finales, se buscará identificar los costos asociados a la implementación de diferentes estrategias en parcelas demostrativas de productores de Tlanepantla. Otro de los temas clave, es la identificación de fondos o apoyos que ayuden a este proceso de implementación.

Un tema central es la educación enfocada en una agricultura sustentable en todos los niveles, iniciando desde la primaria, secundaria, educación media superior y superior, incluyendo a las familias de productores de nopal de Tlanepantla y de municipios colindantes que han transitado hacia la producción de nopal. Considerando que tanto hombres como mujeres deben continuar involucrados en este enfoque de agricultura sustentable.

Aunado a lo anterior, se busca continuar con la educación y sensibilización sobre la importancia de los suelos, la remediación de estos, la reducción gradual en el uso de agroquímicos, el cuidado del agua, la importancia de la reforestación, el cuidado del medio ambiente, así como aprovechar y mantener, con una visión sostenible, los servicios que brinda el ecosistema, entre otros temas. También se comentó, lo fundamental que es el extensionismo para acompañar a los productores y aplicar conocimiento científico y tecnológico en la solución de problemas, con una visión integral en estos procesos, así como escalar estas metodologías a otras regiones y sectores de producción.



SECCION: RESUMENES DEL CONGRESO AgrobioTecNM 2023



Evento organizado por:



## ANTECEDENTES Y PRESENTACION DE AgrobioTecNM 2023

Por las actividades académicas y científicas que se realizan en la institución, en el año 2021, después de venir de un periodo de contingencia sanitaria, de la propuesta de organizar un simposio con la Sociedad Mexicana de Micropropagación de Plantas y Automatización, y con la finalidad coadyuvar en el desarrollo agropecuario del Estado se gesta la oportunidad para organizar un evento de divulgación en conjunto y apoyo con las Instancias de Gobierno (SEDRAE y INCyTEA). Así, se crea el evento **AgrobioTecNM** la cual es una plataforma de colaboración, investigación, innovación y desarrollo tecnológico en temas de recursos naturales, agronegocios y tecnologías de la información y comunicación, que promueve la participación de estudiantes, tecnólogos, científicos, productores, empresarios e instancias gubernamentales, nacionales e internacionales, a fin de crear vínculos efectivos para la solución de problemas en el sector agroempresarial y el rescate del campo mexicano.

En un inicio consideramos de suma relevancia la creación de una imagen que permitiera comunicar nuestro concepto que fusiona el compromiso del TecNM a través del ITEL para difundir la relevante contribución que la biotecnología ha tenido innovar los procesos productivos agrícolas y pecuarios (Figura 1). Como la actividad académica, científica y el desarrollo de una sociedad es de manera continua, en este año organizamos nuevamente la versión AgrobioTecNM 2023 en coordinación con el Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí, Instancias de gobierno (SEDRAE, INCyTEA) e Instituciones de nivel local, regional, nacional e internacional. En esta ocasión, participan expositores magistrales líderes que procuran los Recursos naturales y su aprovechamiento sustentable. Simultáneamente al evento, surge la oportunidad de crear una Revista a la cual denominamos AgrobioTecNM con el objetivo de publicar los Resúmenes y Extensos que se generen por el evento y en apoyo a los programas académicos que se ofertan en la Institución.

Esta actividad conjunta permitirá el fortalecimiento de las actividades en beneficio de la sociedad del sector agroalimentario para coadyuvar en la soberanía e inocuidad alimentaria que se promueve en nuestra nación.

En esta segunda celebración de nuestro congreso han participado múltiples Instituciones (Figura 2) comprometidas con el avance científico y tecnológico: IPICYT, SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE DE AGUASCALIENTES, CINVESTAV UNIDAD IRAPUATO, AMPA, UNIVERSIDAD DE ALMERÍA, GOBIERNO DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES, UASLP, ITA, EMPRESA MEZCALERA, CIMAT CAMPUS AGUASCALIENTES, CONAZA y a las cuales, les agradecemos infinitamente su colaboración.



Figura 1. Imagen que identificará al Congreso y a la revista AgrioBioTecNM.



Figura 2. Logos de las Instituciones que participaron en el congreso AgrioBioTecNM 2023.

## REVISORES PARTICIPANTES

En la realización de la presente edición participaron Maestros y Doctores en Ciencias provenientes de diferentes instituciones con su trabajo altruista participaron en la revisión técnica y científica de los resúmenes cortos que fueron aceptados para su exposición oral y para su publicación en esta Edición (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Lista de Profesores-investigadores revisores en AgroBioTecNM 2023.

<b>MESA TEMÁTICA: MANEJO DE RECURSOS NATURALES</b>
Liliana Wallander Compeán Bethsabet Jaramillo Sierra Alien Blanco Flores César Sánchez Sánchez José Manuel Huesca Mariño Youssef Itrera Vélez Francisco Javier Michel Castro Elsy María Rosales Uc Alien Blanco Flores Elsy María Rosales Uc Héctor Silos Espino Silvia Flores Benítez Ma. Guadalupe González Maldonado Luis Lorenzo Valera Montero Karla Yuritzi Amador Rodríguez
<b>MESA TEMÁTICA: CIENCIAS PECUARIAS</b>
Emmanuel de Jesús Chi Gutiérrez Eduardo López Caraveo Rodrigo Portillo Salgado Liliana Wallander Compeán Deli Nazmín Tirado González Carlos Ricardo Cruz Vázquez Ignacio Mejía Haro Adrián Gómez González
<b>MESA TEMÁTICA: AGROBIOTECNOLOGIA</b>
Rosa Yazmín Us Camas María Alma Rangel Fajardo Varinia López Ramírez Ludwi Rodríguez Hernández Ma. del Carmen Orozco Mosqueda

Catarino Perales Segovia  
María Guadalupe Cruz Ramírez  
Silvia Flores Benítez  
Karla Yuritzi Amador Rodríguez  
Varinia López Ramírez  
Héctor Silos Espino  
Adrián Gómez González  
Luis Lorenzo Valera Montero  
Paola Taydé Vázquez Villegas  
Mónica González Reyes

**MESA TEMATICA: INTERNET DE LAS COSAS**

Omar González Brito  
Silvia Salas Hernández  
Laura Cleófas Sánchez  
Miroslava Cano Lara  
Omar González Brito  
Adrian Gómez González

**MESA TEMATICA: AGRONEGOCIOS**

Fabiola Sánchez Galván  
Jessica Ivón Cuevas Zapata  
Edgar Pérez Arriaga  
Héctor Silos Espino  
Karla Yuritzi Amador Rodríguez  
Fabiola Sánchez Galván

**MESA TEMATICA: EMPRENDIMIENTO E INNOVACION**

Helen Paola Toledo Jaldin  
Mónica Leticia Acosta Miranda  
Héctor Silos Espino

**Cuadro 1.** Comité organizador y técnico-científico del Congreso AgrioBioTecNM 2023.

<b>INSTITUTO TECNOLÓGICO EL LLANO</b>
<p><b>PERSONAL DIRECTIVO</b> Lizeth Rodríguez Gómez Ana Miriam Martínez Navarro José Manuel Martínez Mireles Lourdes Deyanira Amador Rodríguez</p>
<p><b>JEFES DE DEPARTAMENTO</b> Erika Silva Campos, Cuauhtémoc Rodríguez Silva, Lorena Martínez Montañés, Ma. Concepción de Lira Carlín, Margarita Silva Morales, José Daniel Reyes Moreira, Alma Esther González Reyes, Miriam Salas Durón, Fernando Saucedo Días, Ana Sofía Ocampo Olivares Gabriela Jaime Carachure, Víctor Manuel Fragoso Valtierra, Juan Antonio González Morales, Ramón Fabio Ramírez Báez María Teresa Ibarra Rodríguez, Olga Verónica Sánchez Madrid, Marco Antonio Vázquez Gutiérrez, Toshiro Ramsés Preciado García.</p>
<p><b>PROFESORES-INVESTIGADORES</b> Ma. Guadalupe González Maldonado, Catarino Perales Segovia, Héctor Silos Espino, Silvia Flores Benítez, Luis L. Valera Montero, Carlos Ricardo Cruz Vázquez, Leticia Esperanza Medina esparza, Irene Victoria Vitela Mendoza, Mónica González Reyes, Ignacio Mejía Haro Miguel ramos Parra</p>
<b>COLEGIO DE POSTGRUADOS</b>
<p>Brenda I. Trejo Téllez Víctor Ruiz Vera, Santiago de Jesús Méndez Gallegos, Adrián Gómez González, Gerardo de Loera</p>

**Auxiliares en el Diseño y elaboración de presentación de los Resúmenes AgrobioTecNM 2023**

Dra. María Isabel de Velasco Reyes  
Dra. Deli Nazmín Tirado González

## INDICE DE PONENCIAS

MESA TEMATICA: MANEJO DE RECURSOS NATURALES	Página
CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS EN TEJIDOS DEL PULPO MAYA ( <i>Octopus maya</i> ), MEDIANTE ESPECTROMETRÍA DE MASAS	67
VARIABLES AGRONÓMICAS Y DE RENDIMIENTO DE CHILE MORRÓN EN SIEMBRA DE SEMILLAS F2	68
DEGRADACIÓN DE BIOMASA VEGETAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA ACUÁTICO ABIERTO	69
CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA POR INFLUENCIA AGRÍCOLA	70
DIAGNÓSTICO DE LA COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS VALORIZABLES EN UNA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA	71
DINÁMICA DEL DESARROLLO FOLIAR DE <i>Parkinsonia aculeata</i> L., SP. PL. ANTE ALTAS TEMPERATURAS, LA SEQUÍA Y LA SALINIDAD DEL SEMIDESIERTO DE SONORA	72
ACCIONES NACIONALES CONTRA LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS, DESERTIFICACIÓN Y SEQUIAS 2000-2020	73
VARIACIONES ENZIMÁTICAS ASOCIADAS AL ESTRÉS OXIDANTE EN JUVENILES DE <i>Octopus maya</i> EXPUESTOS AL GLIFOSATO	74
CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMIDOR DE LA VAINA DE MEZQUITE DE LA CIUDAD DE AGUASCALIENTES	75
PRODUCCIÓN, DESARROLLO VEGETATIVO Y SECADO DE CUATRO GENOTIPOS DE CHILE GUAJILLO ( <i>Capsicum annuum</i> L.) CULTIVADOS EN HIDROPONIA, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO	76
CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD BACTERIANA DEL TRACTO INTESTINAL DE <i>Limulus polyphemus</i> COLECTADOS EN TRES SITIOS PERTURBADOS POR GLIFOSATO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN	77
USO DE PLANTAS MEDICINALES EN LA ATENCIÓN PRIMARIA DE LA SALUD EN UNA COMUNIDAD INDÍGENA	78
SISTEMA DE AHORRO DE AGUA PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE	79
EVALUACIÓN DEL CONTENIDO FENÓLICO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE ORÉGANO MEXICANO ( <i>Lippia graveolens</i> Kunth) Y SU BAGAZO RESIDUAL	80
BENEFICIOS DEL SECADO DE LOS EXCEDENTES DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	81
EL HERBARIO INSTITUCIONAL COMO APOYO DIDÁCTICO A LA CARRERA DE AGRONOMIA EN EL ITEL	82
LAS PLANTAS MEDICINALES COMO ALTERNATIVA EN LA MEDICINA DE LA COMUNIDAD DE SANTA CRUZ CONDOY, SAN MIGUEL QUETZALTEPEC, OAXACA	83
MONITOREO DE LA ADAPTACIÓN DE LIMILLA ( <i>Rhus aromatica</i> var <i>Aromatica</i> ) A CONDICIONES SEMICONTROLADAS DE CULTIVO EN LAS INSTALACIONES DEL ITESP	85
MESA TEMATICA: CIENCIAS PECUARIAS.	Página

EFFECTO DE LA <i>Portulaca oleracea</i> EN LA PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL HUEVO DE GALLINAS	86
GAS METANO EN ENSILAJE DE MAÍZ EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES	87
ELABORACIÓN DE GALLETAS ADICIONADAS CON CASCARON DE HUEVO COMO FUENTE DE CALCIO	88
AFECTACIONES EN LA AVIFAUNA SILVESTRE (VERTEBRATA: AVES) POR EL PASO VEHICULAR EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA BARRANCA DE METZTILÁN, MÉXICO	89
EVALUACIÓN DE TRES FORRAJES COMO FUENTE DE FIBRA EN DIETAS DE CONEJOS EN ENGORDA	90
SEROEPIDEMIOLOGÍA DE <i>Toxoplasma gondii</i> EN GANADO LECHERO DE AGUASCALIENTES, MÉXICO	91
COMPARACIÓN DE TÉCNICAS PARA EVALUAR LA FRAGMENTACIÓN DEL ADN ESPERMÁTICO EN OVINO DE PELO	92
EVALUACIÓN DE DILUYENTES LIBRES DE PROTEÍNA ANIMAL SOBRE LA PRESERVACIÓN DEL SEMEN DE OVINO DE PELO ALMACENADO A 5°C DURANTE 96 HORAS	93
PORCENTAJE DE ÉXITO EN LA OVIPOSICIÓN DE ABEJAS REINAS ( <i>Apis mellifera</i> ) CRIADAS DURANTE LA ÉPOCA DE ESCASA FLORACIÓN MEDIANTE UN MÉTODO CON TRASLARVE Y UN SISTEMA SIN TRASLARVE	94
ESTRUCTURA GENÉTICA DE LA RAZA DE OVINOS BLACKBELLY EN EL SUROESTE DE MÉXICO	95
ESTABLECIMIENTO DE DOSIS DISCRIMINANTES A CUATRO IXODICIDAS DE USO EN <i>Rhipicephalus sanguineus</i> SENSU LATO (ACARI:IXODIDAE)	96
EVALUACIÓN DE CEPAS DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS PARA EL CONTROL DE MOSCA DOMÉSTICA ( <i>Musca domestica</i> ) EN GRANJAS PORCINAS	97
HORMONA ANTI-MULLERIANA ENTRE BOVINOS DE CARNE <i>Bos taurus</i> Y <i>Bos Indicus</i> EN EL SURESTE DE MÉXICO.	98
IMPACTO DE LA RESTRICCIÓN DEL POLEN Y LA EDAD REPRODUCTIVA SOBRE LA CALIDAD ESPERMÁTICA DEL ZÁNGANO	99

#### MESA TEMATICA: AGROBIOTECNOLOGIA.

Página

CRECIMIENTO Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE MELÓN LOCO SILVESTRE ( <i>Apodanthera undulata</i> Gray) CON DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN	101
COMPARACIÓN DE EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE INSECTICIDAS BIORRACIONALES EN POBLACIONES DE MOSCA BLANCA	102
LA IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE VERACIDAD Y PRECISIÓN EN LA VALIDACIÓN DE MEDIDA DE ÁCIDO CARMÍNICO PROVENIENTE DE <i>Dactylopius coccus</i> COSTA	103
SISTEMATIZACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE NOPAL GENERANDO FORRAJE CON ACUMULACIÓN DE PROTEÍNAS	104
PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN FRUTOS DE ÁRBOLES NO CULTIVADOS DE ZAPOTE NEGRO ( <i>Diospyros spp.</i> )	105

DETECCIÓN DEL VIRUS RUGOSO DE TOMATE TOBRFV USANDO UNA SONDA MARCADA CON DIGOXIGENINA	106
CARACTERÍSTICAS SEMINALES DEL ZÁNGANO EN ÉPOCA DE FLORACIÓN EN TRÓPICO	107
EPIGENÉTICA PARA EL ESTUDIO DEL DESARROLLO DE LA TUNA	108
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE, NUTRIMENTOS Y PRESENCIA DE $\beta$ -GLUCANOS EN EXTRACTOS LÍQUIDOS DE HONGOS Y PLANTAS	109
ANÁLISIS DE CRECIMIENTO, CONTENIDO DE °BRIX Y PH DE ESPECIES DE NOPAL ( <i>Opuntia spp.</i> ) EN EL LLANO AGUASCALIENTES	110
APLICACIÓN DE EXTRACTO DE ALGA MARINA ( <i>Ascophyllum nodosum</i> ) PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) EN INVERNADERO CON ACOLCHADO PLÁSTICO	111
IDENTIFICACIÓN DE CEPAS DE <i>Fusarium oxysporum</i> ASOCIADAS A PLANTAS DE TOMATE HEIRLOOM EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA	112
DESHIDRATACIÓN OSMOSÓNICA DE REBANADAS DE MANGO ( <i>Mangifera indica</i> L.) CON SACAROSA	113
EFFECTOS DEL QUITOMAX® EN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA Y HORMONAL DEL CULTIVO DEL TOMATE EN CONDICIONES DE SALINIDAD	114
EFFECTO DE LAS PROTEÍNAS DE LA MIEL DE ABEJAS SIN AGUIJÓN ( <i>Melipona beecheii</i> ) EN LA FORMACIÓN DE BIOFILM DE <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	115
ESTABLECIMIENTO IN VITRO DE NOPAL A PARTIR DE SEMILLAS Y EXPLANTES	116
<i>Bacillus subtilis</i> Y <i>Trichoderma viride</i> PARA BIOCONTROL DE <i>Monilinia spp.</i> EN FRUTOS DE ZAPOTE NEGRO	117
CARACTERIZACIÓN MACROSCÓPICA DE HONGOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE PEPINO VAR. ESPADA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA	118
DESARROLLO Y EVALUACION DE UN FERTILIZANTE DE POTASIO A BASE DE ZEOLITA EN HIDROPONIA	119
RESPUESTA MORFOLÓGICA, QUÍMICA Y CONTENIDO DE MUCÍLAGO EN NOPAL ( <i>Opuntia spp.</i> ) A DIFERENTES INTERVALOS DE RIEGO	120
REPELENCIA Y EFFECTOS INSECTISTÁTICOS DE DOS EXTRACTOS BOTÁNICOS COMERCIALES EN <i>Spodoptera frugiperda</i> (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)	121
EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ADN PARA EL ZAPOTE NEGRO ( <i>Diospyros nigra</i> )	122
<b>MESA TEMATICA: INTERNET DE LAS COSAS.</b>	<b>Página</b>
SISTEMA HIDROPÓNICO SOSTENIBLE CON GENERACIÓN DE ENERGÍA	124
SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES APLICADO A CULTIVOS DE NOPAL UTILIZANDO INTERNET DE LAS COSAS	125
ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO EN PERIODO NOCTURNO DE UN INVERNADERO CON CULTIVO DE TOMATE EN EL NORESTE DE MÉXICO USANDO CFD	126

MONITOREO DE VARIABLES ECO FISIOLÓGICAS EN HIGO (*Ficus carica* L.) 'BLACK MISSION' SOMETIDO A ESTRÉS SALINO CONTROLADO MEDIANTE DIVISIÓN RADICULAR 127

PROTOTIPO IOT DE BAJO CONSUMO ELÉCTRICO Y DE LARGO ALCANCE PARA EL MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES DE UNA COLMENA DE ABEJAS (*Apis mellífera*), ASOCIADAS A LA PRESENCIA DEL PARÁSITO VARROA DESTRUCTOR) 128

**MESA TEMÁTICA: AGRONEGOCIOS. Página**

PRODUCCIÓN Y COMERCIO DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) DE UNA AGROEMPRESA OAXAQUEÑA: ESTUDIO DE CASO 130

COMPOSICIÓN DE MINERALES DE LOS DIFERENTES ÓRGANOS DE LAS 131

PLANTAS DE CHÍCHARO VERDE Y EJOTE PARA SU USO EN LA INDUSTRIA 4.0

PROPUESTA PARA ELABORAR UNA BEBIDA A BASE DE XOCONOSTLE, MIEL DE ABEJA Y SEMILLAS DE GIRASOL 132

EXTRACCIÓN AUTOMÁTICA DE UN CONJUNTO DE DATOS PARA ANALIZAR LA VARIACIÓN DEL PRECIO DE LOS CÍTRICOS 133

**MESA TEMÁTICA: EMPRENDIMIENTO E INNOVACION. Página**

DESARROLLO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE CHILES SECOS AUTOMATIZADA 135

IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE INNOVACIÓN ALIMENTARIA EN EL CAMPO MEXICANO: ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE PULPA DE GUANÁBANA (*Annona muricata*) 136

## CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS EN TEJIDOS DEL PULPO MAYA (*Octopus maya*), MEDIANTE ESPECTROMETRÍA DE MASAS

Jiménez-Mena José Alfredo\*, Sandoval-Gío Juan José, Emanuel Hernández Núñez

Tecnológico Nacional de México, Campus Tizimín División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI) Final Aeropuerto Cupul s/n, Col. Santa Rita, CP 97700, Tizimín, Yucatán. Tel. 986-106-67-04.

\*Autor para correspondencia: alfredoj941@gmail.com

### RESUMEN

La contaminación por metales pesados representa una preocupación sustancial debido a sus efectos adversos en poblaciones y ecosistemas expuestos. Este estudio tiene como objetivo examinar los tejidos de pulpos mayas recolectados en puertos pesqueros de Lerma, Campeche, y San Felipe, Yucatán. Se analizaron diez muestras por duplicado en cada sitio, lo que suma un total de veinte muestras. Para comparar la bioacumulación de metales pesados (MP) entre los sitios, se aplicó la liofilización a  $-50^{\circ}\text{C}$  al vacío para extraer el agua de los tejidos, seguida de una digestión con ácido nítrico al 70% para convertir las muestras en líquido. El análisis se llevó a cabo mediante Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) de la marca Thermo Scientific, modelo iCAP-Q. Se detectaron concentraciones de arsénico (As) (desde  $50\ \mu\text{g}$  hasta  $75\ \mu\text{g}$ ), cadmio (Cd) ( $0.02\ \mu\text{g}$  –  $1.10\ \mu\text{g}$ ), bario (Ba) ( $31.5\ \mu\text{g}$  –  $167.38\ \mu\text{g}$ ) y cromo (Cr) ( $0.02\ \mu\text{g}$  –  $4.0\ \mu\text{g}$ ) en los tejidos de los pulpos mayas en ambos sitios. No se ubo posibilidad de monitorear los hábitats de los pulpos. Estos resultados resaltan que los ejemplares naturales están absorbiendo y superando las normas establecidas por la EFSA, que son de  $0.1\ \mu\text{g}/\text{kg}$  para el arsénico. La SENASICA estableció que el límite máximo para el cadmio es de  $1.0\ \text{mg}/\text{kg}$ , mientras que los niveles permisibles de bario son de  $2.0\ \text{mg}/\text{kg}$  y para el cromo son de  $2\ \text{mg}/\text{kg}$ .

**Palabras clave:** Biomarcadores de contaminación, toxicología de organismos acuáticos.

## VARIABLES AGRONÓMICAS Y DE RENDIMIENTO DE CHILE MORRÓN EN SIEMBRA DE SEMILLAS F2

Chablé-Salinas, Brayant Adair<sup>1\*</sup>, Pérez Mendoza, D.<sup>2</sup> Frías Pizano, J. <sup>2</sup>Franco Vadillo, E.<sup>2</sup> Alvarado Bárcenas, E. <sup>2</sup>Chablé Moreno, F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Agronomía del TecNm/Roque.

<sup>2</sup>Prof.-Inv. del TecNM/Roque, Departamento de Ciencias Agropecuarias. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Roque, Roque, Celaya, Guanajuato, México, C. P. 38110

\*Autor para correspondencia: fchable4oct@hotmail.com

### RESUMEN

El objetivo consistió en evaluar las variables agronómicas y la estimación del rendimiento de fruto de plántulas provenientes de semillas de chile morrón F2. Este cultivo en México bajo condiciones de invernadero genera divisas al país, más del 99% de la producción se exporta a USA. Los principales estados productores son: San Luis Potosí, Zacatecas y Chihuahua, en condiciones de invernadero esta especie puede obtenerse frutos durante todo el año. Su costo de la semilla disminuye la siembra del cultivo, e incremento el costo de producción, para agricultores de menor recursos económicos, resulta una carga onerosa, una alternativa es evaluar las semillas F2, como una alternativa en la producción. El experimento se desarrolló en el invernadero del Instituto Tecnológico de Roque, en camas biointensivas en el ciclo P-V, 2023. El diseño experimental completamente al azar, se evaluó 6 genotipos de semillas F2. Las variables evaluadas fueron: Altura de planta, Número de frutos por planta, Rendimiento estimado, Largo y Diámetro de fruto, Número de semillas por fruto, Peso fresco de fruto, Peso fresco semilla. El ANAVA arrojó diferencias altamente significativas en las variables agronómicas y de rendimiento, con excepción de la longitud de fruto (ns). En la prueba Duncan se obtuvo que la mayor altura fue del genotipo 719, en el Diámetro y el peso del fruto fue el genotipo Ocelot (2019) el de mayor valor estadístico, en el número y peso fresco de semillas fue del genotipo Amarillo y el rojo ambos con valor numérico más alto, ambos con semillas de 2 años de almacenamiento (2021).

**Palabras claves:** Chile morrón, semillas F2, variables agronómicas, rendimiento.

## DEGRADACIÓN DE BIOMASA VEGETAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA ACUÁTICO ABIERTO

Estefany del Carmen Huesca Velázquez<sup>1</sup>, Dalia Guadalupe Mendoza López<sup>1</sup>, Verónica Lango Reynoso<sup>2</sup>, María del Refugio Castañeda Chávez<sup>1</sup> y Fabiola Lango Reynoso<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río, Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental, Boca del Río; Veracruz, 94290.

<sup>2</sup>Colegio de Posgraduados Campus Veracruz, Carr. Xalapa Veracruz 140, 91700 Ver.

Autor principal: m22990074@bdelrio.tecnm.mx.

\*Autor para correspondencia: fabiolalango@bdelrio.tecnm.mx

### RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la capacidad de degradación de materia orgánica vegetal que se origina en parques y jardines de una institución educativa en conjunto del agua de un estanque acuícola, con el fin de darle un tratamiento a dichos desechos que se generan diariamente, ocasionando una problemática en el lugar. Se recolectó una muestra representativa de biomasa vegetal para proceder a la identificación de sus componentes en: tipos de hojas, frutos, tierra y demás residuos orgánicos. Para ello, se implementó un sistema de ensayos en contenedores con la misma cantidad de biomasa vegetal y agua. Se manejaron tres distintas presentaciones de biomasa vegetal: entera, semi-picada (3-5 cm) y molida por triplicado, utilizando agua de un estanque acuícola como medio de sustrato para la degradación de la biomasa vegetal, y un blanco para cada tratamiento con agua potable en un periodo de 37 días. Durante el tiempo en el que se ejecutó la prueba, se monitorearon parámetros físico-químicos (To, pH, OD y PSI) mediante una sonda multiparamétrica diariamente y se realizaron análisis en laboratorio para determinación de sólidos totales mediante la NMX-AA-034-SCFI-2015 y análisis de materia orgánica dos veces por semana. De acuerdo con el registro de parámetros, no se presentaron diferencias entre los tratamientos. Con respecto a los análisis realizados en laboratorio de determinación de sólidos totales y materia orgánica se presentaron diferencias estadísticas significativas al aplicarse la prueba de Tukey  $p < 0.05$  en dos de los tratamientos de hojas semi-picadas. Mismos tratamientos presentaron diferencias estadísticas significativas en la semana 2 y 3 con el resto de los demás días y tratamientos  $p < 0.05$ .

**Palabras clave:** Materia orgánica, desintegración, residuos vegetales.

## CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA POR INFLUENCIA AGRÍCOLA

Isabel Vinay Soto<sup>1</sup>, Isabel Araceli Amaro Espejo<sup>1\*</sup>, Paula Zúñiga-Ruiz<sup>1</sup>, Itzel Galaviz Villa<sup>1</sup> y Gabycarmen Navarrete Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Boca del Río.

\*Autor para correspondencia: isabelamaro@bdelrio.tecnm.mx

### RESUMEN

El agua subterránea en áreas rurales, es la única fuente de suministro para consumo y diversas actividades. Está expuesta a diversos contaminantes que llegan a través de las capas del subsuelo hasta el manto freático, afectando así la calidad del agua. El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad del agua de 15 pozos del municipio de Cotaxtla, a través de variables fisicoquímicas como pH, conductividad (CE), salinidad y sólidos disueltos totales (SDT), donde los resultados se compararon con la normatividad nacional mexicana de acuerdo a su uso. Se realizó la recolección de las muestras de acuerdo a la NOM-230-SSA1-2002. Las muestras se almacenaron en recipientes y tapa de polietileno; las cuales fueron de un volumen de 500 mL. Las muestras tomadas se colocaron en hieleras con bolsas de hielo cerradas, para su transporte al Laboratorio de Investigación en Recursos Acuáticos (LIRA) en el Instituto Tecnológico de Boca del Río. Las variables fisicoquímicas se determinaron con el multiparamétrico Consort C6010. Los resultados oscilaron en pH 6.71-8.04, CE 228-4500 mS/cm, salinidad 0.13-2.42 mg/L y SDT 132-2250 mg/L. En todos los casos el agua se destina al uso agrícola, donde el 52% se utiliza para ganadería y el 80% para consumo, donde el 60% de los pozos son comunitarios y abastecen a 612 habitantes. De acuerdo a la normatividad mexicana los resultados obtenidos de CE el 13% de los pozos no era apto para consumo, con relación a los resultados de SDT, el 33% no era apto para consumo y el 13% no era apto para riego agrícola. El pH mostró valores dentro de la normatividad, sin embargo, uno mostró el pH de  $6.71 \pm 0.043$ , mientras que los restantes se encontraron entre  $7.4 \pm 0.03$ - $8.1 \pm 0.19$ , que puede ser por el uso constante de materia orgánica y nitrógeno se convierte en nitrato en suelo y el excedente es transportado a cuerpos de agua subterráneas. En todos los valores se mostraron diferencias significativas entre los sitios analizados. La variación de estos se debe a que existe una influencia de las actividades agrícolas, por aplicaciones excesivas de fertilizantes inorgánicos y agroquímicos que se infiltra hasta el agua subterránea causando cambios en la calidad del agua.

**Palabras clave:** Infiltración, manto freático, uso del agua.

## DIAGNÓSTICO DE LA COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS VALORIZABLES EN UNA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA

Baruch-Pio E., Y. Zúñiga-Ruiz P\*, Amaro-Espejo I.A., Pérez-Landa I. D., Garay-Marín, J. D.

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Boca del Río, Veracruz, México.

\*Autor para correspondencia: paulazuniga@bdelrio.tecnm.mx

### RESUMEN

La gestión integral de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) representa un gran potencial para ser explorado, ya que actualmente se desconoce la composición de los RSU en diversos Sitios de Disposición Final y Estaciones de Transferencia (ET), lo que obstaculiza la valorización de estos. El presente estudio evaluó la composición de los RSU en una ET del Municipio de Veracruz, Ver., para identificar el porcentaje susceptible de valorización, donde la caracterización y cuantificación de los RSU se realizó de acuerdo a la NMX-AA-61-1985, y se analizó en dos periodos: vacacional y ordinario (abril, 2023). Se cuantificó la densidad y la generación total de residuos (Generación promedio=680 t/día), así como el material susceptible de valorización de acuerdo a las NMX-AA-022-1985 y ASTM-D7611. Los resultados mostraron que el 4.03% se clasificaron como Residuos Valorizables Orgánicos (RVO) y el 11.85% como Residuos Valorizables Inorgánicos (RVI). En relación a los dos periodos evaluados, se observó que existieron diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre los RVO y RVI, por lo que los resultados indicaron que existió mayor generación de residuos en la temporada vacacional, donde hubo un aumento de 1.42% de RVO y 5.11% de RVI con respecto al periodo ordinario. El resto de los residuos no fueron cuantificados debido a que durante el traslado de los RSU tienden a mezclarse dentro de los vehículos compactadores, logrando observar dentro de ellos la presencia de otros residuos con potencial para ser aprovechables. Por lo anterior, se concluyó que la cuantificación de los RSU valorizables en las ET, permitirá el desarrollo de nuevas estrategias para establecer soluciones en la separación de dichos residuos y con ello reducir el impacto de su generación.

**Palabras clave:** Residuos Orgánicos, Residuos Inorgánicos, Separación, Caracterización.

## DINÁMICA DEL DESARROLLO FOLIAR DE *Parkinsonia aculeata* L., SP. PL. ANTE ALTAS TEMPERATURAS, LA SEQUÍA Y LA SALINIDAD DEL SEMIDESIERTO DE SONORA

Jaime Garatuza Payán<sup>1</sup>, Ofelda Peñuelas-Rubio<sup>2</sup>, Leandris Argente-Martínez<sup>2</sup>, Jorge González Aguilera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de febrero 818 sur, Col. Centro. CP 85000

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Ave. Tecnológico s/n, Block 611, CP. 85276. Bécum, Sonora.

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia 79540-000, MS, Brasil

Autor para correspondencia: oleinismora@gmail.com

### RESUMEN

El semidesierto de Sonora presenta condiciones abióticas estresantes, entre ellas: altas temperaturas, salinidad y sequía. Dichas condiciones afectan el desempeño fisiológico y la productividad de las plantas. Escasas especies han podido adaptarse a la condición de aridez, sin embargo, las que sobreviven contribuyen a la funcionalidad de los ecosistemas desérticos. Una de estas especies es *Parkinsonia aculeata* L. de la familia Fabaceae, conocida como “palo verde”. Estudios previos demuestran que, en esta región, el palo verde tiene porcentajes de dominancia superiores al 19 %, lo que indica su capacidad de tolerar la variabilidad de condiciones edafoclimáticas del desierto. Basado en lo anterior, se realizó un estudio, en tres sitios experimentales, con el objetivo de evaluar la dinámica del desarrollo de las hojas, el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), el tiempo de senescencia de las hojas y la productividad primaria de palo verde. El sitio 1: afectado por altas temperaturas (45°C en promedio). El sitio 2: afectado por salinidad (16 dSm-1), y el sitio 3: afectado por sequía (potencial hídrico del suelo de -8.5 MPa). Estos sitios están separados a 10 km en promedio. Se muestrearon 30 árboles en cada sitio. Los datos se procesaron mediante análisis de varianza y se empleó la prueba de comparación de medias de Tukey para  $p < 0.05$ . Se encontró que las altas temperaturas no afectan la dinámica del desarrollo ni la longitud de las hojas, sin embargo, la sequía sí, reduciendo su ritmo de desarrollo a 0.2 cm día-1. La condición de sequía fue la que más afectó el NDVI, con valores inferiores al 0.79. La salinidad causó más temprana senescencia de las hojas, ocurriendo a los 67 días. La condición de calor, en correlación con la dinámica del desarrollo propició mayor productividad primaria del palo verde, generando 116 g m-2 mes-1.

**Palabras clave:** Longitud de la hoja, Estrés abiótico, Hojarasca, Palo verde.

## ACCIONES NACIONALES CONTRA LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS, DESERTIFICACIÓN Y SEQUIAS 2000-2020

Jorge Luis García Rodríguez<sup>1\*</sup>, Alejandro Ismael Monterroso Rivas, Patricia Ruíz García, José de Jesús Martínez Hernández

<sup>1</sup> Director Regional, CONAZA; Profesor, U.A. Capingo; Postdoctorante, UNAM; Director de Innovación Tecnológica, CONAZA.

\*Autor para correspondencia: jorgeluis.garcia@conaza.gob.mx

### RESUMEN

México a través de la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA) como Punto Focal nacional ante la Convención de las Naciones Unidas contra la Desertificación (CNULD), tiene el compromiso de presentar informes nacionales periódicos, por ser México signatario. El objetivo del presente fue integrar y difundir información nacional e informar sobre los indicadores de progreso del Marco Estratégico 2018-2030 de la CNULD que integra la meta 15.3.1 de los ODS. Metodología se baso en los procedimientos de presentación de informes se basan en el Manual de presentación de informes de la Plataforma del Sistema de Examen del Desempeño y Evaluación de la Aplicación de la CNULD. Resultados se integró información nacional oficial de 20 indicadores de progreso, de 2000 a 2020. Se obtuvo la Proporción de tierra degradada nacional con base en tres subindicadores: Cobertura Terrestre, Productividad de la tierra, y reservas de Carbono Orgánico del Suelo, resultando que se acumula una degradación de tierras del orden del 72% del país. La tasa anual de degradación de tierras es de 3.8%. La población expuesta a la degradación de tierras, es de 86.9 millones de habitantes y el porcentaje de la población total expuesta es del 69%. La proporción de tierra bajo sequías, en 2009 fue de 77.6%, en 2011 presentó 77%. Como conclusión, se han presentado sequias continuas desde 2007. La población expuesta a sequías ha sido del 80%, con mayor afectación entre 2008-2011, 90.3% de la población y de 90.2% entre 2016-2020.

**Palabras clave:** Degradación, Tierras, Desertificación, Sequias, México.

## VARIACIONES ENZIMÁTICAS ASOCIADAS AL ESTRÉS OXIDANTE EN JUVENILES DE *Octopus maya* EXPUESTOS AL GLIFOSATO

José Guadalupe Puc-Cen<sup>\*</sup>, Juan José Sandoval-Gio, Gabriela Rodríguez-Fuentes, Carlos Rosas-Vázquez

Tecnológico Nacional de México, Campus Tizimín (ITT), División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), Final Aeropuerto Cupul s/n, Col. Santa Rita, Tizimín, Yucatán, México. C. P. 97700. Tel. 01(986) 1122614.

\*Autor para correspondencia: josepuc126@gmail.com

### RESUMEN

El uso global del herbicida glifosato ha aumentado significativamente desde su introducción en 1996. En muchos países, la falta de regulación ha resultado en la aplicación inadecuada de este producto, llevando a su diseminación en diversos ecosistemas y generando problemas de contaminación en cuerpos de agua y suelos. Estudios realizados en la península de Yucatán han identificado niveles de glifosato en agua potable, costas y en organismo acuáticos. Siendo el pulpo maya (*Octopus maya*), uno de los productos marinos con gran valor comercial y probable vulnerabilidad por el glifosato, se plantea el objetivo de evaluar el estrés oxidante, la actividad de esterasas y el consumo energético en juveniles de pulpo maya (*O. maya*) expuestos al herbicida glifosato. Se evaluaron las enzimas Acetilcolinesterasa (AChE), Glutación S- transferasa (GST), Carboxilesterasa (CbE), Catalasa (CAT), Glutación total (GSH), Superóxido dismutasa (SOD), así como peroxidación de lípidos (LPO) y carbonilación de proteínas (PO). Los resultados obtenidos por el PERMANOVA de tipo PCO para las enzimas y ANOVA de una vía para el consumo energético indicaron un aumento en el consumo de energía y oxígeno debido al glifosato, evaluado por el método de la respirometría ( $p=0.05$ ). Para las enzimas, estas no presentaron un aumento evidente en la actividad enzimática antioxidante, sin embargo, se observaron indicadores de daño oxidativo (PO y LPO). Los resultados indican que el pulpo posee un sistema antioxidante eficiente contra el glifosato, sin embargo, para contrarrestar los daños requieren un elevado consumo energético.

**Palabras clave:** pulpo, herbicida, contaminación, especies reactivas de oxígeno, inhibición.

## CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMIDOR DE LA VAINA DE MEZQUITE DE LA CIUDAD DE AGUASCALIENTES

José Jonathan Hernández Olmos<sup>\*</sup>, Daniel Castillo Corral, Carmen Estela Carlos Ornelas, Juan Gerardo Mejía Reyes

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Aguascalientes, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Aguascalientes, Aguascalientes, México.

\*Autor para correspondencia: jjhernandez0.87@outlook.com

### RESUMEN

Este estudio aborda el uso de la vaina de mezquite como alimento, debido a que el árbol se destina principalmente a la explotación maderera (Díaz-Reyes, 2019), lo que ha provocado su tala desmedida, pasando por alto sus numerosos beneficios ambientales y que su vaina, por sus cualidades nutricionales, puede consumirse en diversas preparaciones culinarias (Valenzuela, 2022). El objetivo número 12 de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible, enfatiza la importancia de promover el consumo y la producción responsable (Organización de Naciones Unidas, 2015) por lo que el objetivo de este artículo es describir el consumo de la vaina de mezquite entre la población de la ciudad de Aguascalientes, México. Se utilizó un muestreo no probabilístico de bola de nieve con una muestra de 300 participantes. Los datos se recolectaron mediante un cuestionario elaborado en Google Forms, que incluyó una sección sobre el conocimiento del árbol, así como la forma en que los participantes han consumido la vaina y se procesaron los datos con un enfoque analítico generacional. Los resultados indican que: el árbol de mezquite es ampliamente conocido entre la población; las generaciones más jóvenes desconocen que la vaina es comestible y las diversas formas en que se puede consumir; es necesario difundir las propiedades nutritivas de fibra, proteína, calcio y hierro para favorecer el aprovechamiento no maderable del mezquite mediante el consumo de la vaina en diversos platillos. Esto no sólo incentivaría la conservación y propagación del mezquite, sino que también podría contribuir al objetivo de consumo y producción responsable.

**Palabras clave:** Proppopsis, alimento, nutritivo y sustentable.

## PRODUCCIÓN, DESARROLLO VEGETATIVO Y SECADO DE CUATRO GENOTIPOS DE CHILE GUAJILLO (*Capsicum Annuum* L.) CULTIVADOS EN HIDROPONIA, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Juan Diego Delgado Hernández<sup>1</sup>, Adrián Gómez González<sup>1</sup>, Eduwiges Javier García Herrera<sup>1</sup>, Ismael Hernández Ríos<sup>1</sup>, José Manuel Martínez Mireles<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus El Llano Aguascalientes.

Autor correspondencia: diegobajio@live.com

### RESUMEN

En México existe gran variabilidad en la producción de hortalizas, entre las que se encuentra el chile guajillo. Este tipo de chile tiene un rendimiento promedio en fresco de  $16.7 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras que el promedio en seco es de  $2.8 \text{ t ha}^{-1}$ . El cambio climático afecta drásticamente la agricultura tradicional, por lo que la agricultura protegida es una opción viable para aumentar rendimientos y hacer más eficiente el uso de los recursos naturales. El objetivo de esta investigación fue evaluar el desarrollo vegetativo, cuantificar el rendimiento del fruto y analizar el secado de cuatro genotipos de chile guajillo, recolectados en el Altiplano Potosino-Zacatecano, cultivados en diferentes sustratos y densidades de plantación, en un sistema hidropónico bajo condiciones de invernadero. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial y tres repeticiones. Para el análisis estadístico se utilizó un modelo general lineal con análisis de varianza y pruebas de medias con el método de Tukey ( $p \geq 0.05$ ). El genotipo con un mayor rendimiento fue el recolectado en Las Colonias. La densidad de 3 plantas  $\text{m}^{-2}$  fue la que registró un mayor rendimiento promedio; así mismo, el sustrato de fibra de coco promovió un desarrollo vegetativo y reproductivo mayor. El genotipo de Pánfilo Natera tardó más tiempo en llegar a su peso constante en el secado, registrando el mayor peso promedio. Las técnicas de secado solar y en túnel fueron las que tardaron el menor tiempo en secar el fruto; sin embargo, el secado a la sombra fue la técnica que obtuvo los frutos con mayor peso final.

**Palabras clave:** agricultura protegida, sustratos, agricultura tradicional.

## CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD BACTERIANA DEL TRACTO INTESTINAL DE *Limulus polyphemus* COLECTADOS EN TRES SITIOS PERTURBADOS POR GLIFOSATO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

José Germán Nic-Matos<sup>1</sup>, Juan José Sandoval-Gio<sup>1\*</sup>, Pedro Osorio-Montalvo<sup>1</sup>, Nery María Ruz-Febles<sup>1</sup>, Carlos Mariano Oropeza-Salín<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tizimín, Final Aeropuerto Cupul S/N, C.P. 97700, Tizimín, Yucatán, México.

<sup>2</sup> Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), A.C., Unidad de Biotecnología, Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatán, México

\*Autor para correspondencia: [juan.sandoval@ittizimin.edu.mx](mailto:juan.sandoval@ittizimin.edu.mx)

### RESUMEN

El glifosato es el herbicida más utilizado para control de malezas en las plantaciones agrícolas, su uso desmedido ha provocado serios daños a la fauna terrestre y marina. El glifosato afecta la enzima 5-enolpiruvil shikimato -3-fosfato sintasa (EPSP) de la ruta del shikimato de plantas y microorganismos. Estudios previos han reportado la presencia del gen EPSP sintasa en bacterias intestinales secuenciadas de algunas especies terrestres (abejas), indicando su susceptibilidad al glifosato. Dado el efecto dañino en la microbiota de especies terrestres, es posible que este compuesto también afecte la microbiota de especies marinas como lo es *Limulus polyphemus* o cacerolita de mar, que es una especie ecológica y económicamente importante por su uso como organismo centinela de contaminantes en esta región. El estudio pretende determinar el efecto perturbador del glifosato en la microbiota de *L. polyphemus* en la península de Yucatán. Se colectó cinco individuos en tres sitios de la península previamente reportados como perturbados con glifosato (Champotón, Campeche y Rio Lagartos, Yucatán); Holbox, Quintana Roo se tomó como sitio control. Posteriormente, se llevó a cabo la extracción del ADN del intestino de cada uno de los individuos colectados y el ADN resultante se envió a secuenciar en la región V3-V4 del gen 16SrRNA por la compañía ZYMO® Research. Se prevé que los resultados de la secuenciación ofrezcan información valiosa sobre el impacto del uso de herbicidas en la biota marina de la península de Yucatán.

**Palabras clave:** bioacumulación, fauna marina, microbioma, secuenciación.

## USO DE PLANTAS MEDICINALES EN LA ATENCIÓN PRIMARIA DE LA SALUD EN UNA COMUNIDAD INDÍGENA

Keila Garmi Pérez-Hernández<sup>1</sup>, Silvia del C. Ruiz-Acosta<sup>2\*</sup>, Adalberto Galindo-Alcántara<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudiante Tecnológico Nacional de México/IT Zona Olmeca

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/IT Zona Olmeca

<sup>3</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/DACBiol.

\*Autor para correspondencia: silvia.ra@zolmeca.tecnm.mx

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar las principales plantas medicinales que son utilizadas por la etnia Tzeltal asentada en una comunidad del estado de Chiapas para la prevención y atención de sus problemas primarios de salud. El estudio se llevó a cabo en la comunidad indígena Tzeltal establecida en Tzajalá, Chiapas. Para recabar la información se aplicaron encuestas semiestructuradas dirigidas a los médicos tradicionales de la comunidad. Una vez recabada la información se realizó la identificación de plantas, así como la clasificación y categorización de los datos para su posterior análisis. A partir de los datos recabados se obtuvo un listado de 106 plantas utilizadas por los médicos tradicionales de la comunidad para prevenir y atender los principales problemas de salud. Estas se encuentran agrupadas en siete Clases, 34 Ordenes, 50 Familias, 81 Géneros y 88 Especies. Las principales enfermedades reconocidas en la medicina occidental tradicional que afectan al grupo de estudio fueron diarrea, temperatura y parásitos y las de filiación cultural fueron: calentamiento de cabeza, mal de ojo y pujido. Las plantas que tuvieron mayor uso en la comunidad como medicina tradicional fueron la Verbena, Ruda y el Epazote. Los principales resultados revelan que existe un amplio uso de plantas medicinales para atender los problemas de salud de la comunidad, y que la atención se brinda a la población para atender problemas de salud de filiación cultural y los reconocidos en la medicina occidental.

**Palabras clave:** Etnobotánica, medicina tradicional indígena, tzeltales.

## SISTEMA DE AHORRO DE AGUA PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

Rodríguez Macías María Cruz, Esparza Gallardo Jordy Arath

Tecnológico Nacional de México/ Campus El Llano, El Llano, Aguascalientes. México, C.P. 20330.

Autor para correspondencia: 20900061@llano.tecnm.mx

### RESUMEN

En la actualidad en México existe una problemática de escasez de agua, especialmente en comunidades rurales y urbanas, ya que, por el cambio climático, la falta de lluvia y el calor, el volumen del agua baja. En la actualidad más de 200 millones de personas sufren de escasez de agua en el mundo, de acuerdo al Banco Mundial se estima que el 15.1% de la población sufren de esta escasez de agua. No previendo el daño que se está causando al mundo, afecta a toda la población, al consumo del ser humano, a la agricultura, ganadería e industria. A base de esta escasez surge una cadena de escasez, ya que a base al agua se producen los alimentos, vegetales, la flora, alimentos y bebidas procesadas, tienden a disminuir por la falta del agua, ya que su desarrollo se basa a litros y litros de agua. En algunas ocasiones el agua no está del todo limpia o de buena calidad, dado a que existen microorganismos, bacterias, hongos, virus y otros agentes externos que pueden contaminar el agua, para su consumo es necesario llevar a cabo la filtración o cloración del agua.

## EVALUACIÓN DEL CONTENIDO FENÓLICO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE ORÉGANO MEXICANO (*Lippia graveolens* Kunth) Y SU BAGAZO RESIDUAL

María Fernanda Cuevas González<sup>1\*</sup>, Héctor Flores Martínez<sup>1</sup>, Irma Guadalupe López Muraira<sup>1</sup>, Juan Florencio Gómez Leyva<sup>1</sup>, José Daniel Padilla de la Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TecNM/Instituto Tecnológico de Tlajomulco

<sup>2</sup>Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco-CIATEJ.

\*Autor para correspondencia: mafer\_cuglez@hotmail.com

### RESUMEN

El orégano mexicano (*Lippia graveolens* Kunth) representa una planta de valor comercial por su contenido de aceite esencial. En el proceso extractivo del aceite, se obtienen grandes cantidades de bagazo residual rico en flavonoides, actualmente son mínimamente aprovechados constituyendo una fuente de contaminación ambiental. Los estudios sobre evaluación del contenido de compuestos fenólicos en bagazo residual son escasos, aun presentando propiedades bioactivas fundamentadas. Resalta la pinocembrina y galangina, flavonoides relevantes para la salud por su actividad protectora contra isquemia cerebral, entre otras actividades biológicas. Sin embargo, la composición y concentración de metabolitos secundarios dependen de la zona geográfica, cosecha, estado de crecimiento y genotipo, por lo cual la presente investigación evaluó el contenido fenólico y capacidad antioxidante del orégano y bagazo residual proveniente de tres regiones de Jalisco (Colotlán, Huejuquilla y Villa Guerrero). Se caracterizó el orégano por porcentaje de floración, hoja, tallo, madurez, contenido de aceite esencial y bagazo residual; se realizaron extractos hidroetanólicos (58% etanol, 1:20 g/mL) de cada orégano y bagazo para evaluar el contenido de pinocembrina y galangina (HPLC), compuestos fenólicos (Folin-Ciocalteu) y capacidad antioxidante (DPPH, FRAP). Este análisis permitió diferenciar al bagazo residual del orégano de Villa Guerrero como fuente potencial para extracción de flavonoides, presentando una concentración importante de pinocembrina (3.275 mg/mL) y galangina (1.745 mg/mL), similar al orégano sin tratamiento (3.915 mg/mL de pinocembrina y 1.848 mg/mL de galangina). Esta investigación contribuye al desarrollo de procesos de valorización de residuos agroindustriales del orégano mexicano, siendo fuente importante de flavonoides con propiedades relevantes para la industria farmacéutica y alimentaria.

**Palabras clave:** Pinocembrina, Valorización, Extracción.

## BENEFICIOS DEL SECADO DE LOS EXCEDENTES DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Mónica Leticia Acosta Miranda<sup>\*</sup>, Leonor Angeles Hernández, Julio Pérez Machorro, Eliseo Alvarado Cortes

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Cautla, Morelos.

\*Autor para correspondencia: monica.acosta@cautla.tecnm.mx

### RESUMEN

Atendiendo la problemática de los productores agrícolas sobre la pérdida de cultivos que no reúnen los estándares de comercialización y se abandonan en los campos hasta el siguiente periodo de siembra convirtiéndolos en desperdicio que suma a las altas cantidades de basura generadas por las actividades cotidianas de la población y, de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, principalmente el número 12 Producción y consumo responsable; se desarrolla este trabajo cuyo objetivo es el diseño y elaboración de un secador solar con sistema de movimiento rotacional que sigue los rayos solares mediante la incorporación de componentes electrónicos para su automatización y así, obtener productos deshidratados nutritivos de las actuales pérdidas de la producción agrícola. Se trabaja en dos versiones del prototipo: la primera de madera y otra en acero inoxidable de grado alimenticio 304, con lo que se obtiene una mejora en el tiempo de función, dado el mayor aprovechamiento de absorción de energía calórica que los metales poseen. Al ser un material más resistente tiene una vida útil más larga, reduciendo los costos de mantenimiento. El sistema automatizado posee un alto rendimiento al seguir la luz solar aprovechando la temperatura máxima, logrando un proceso más eficiente y reduciendo el tiempo de secado del producto. En pruebas realizadas con jitomate, se logró una deshidratación del producto en nueve horas a una temperatura ambiente de 29 grados centígrados. Se trabaja también en la aplicación móvil que permite seguir el proceso y proporciona información sobre las principales variables a considerar como: temperatura, humedad y radiación. Beneficios del proyecto: ofrecer a los agricultores una alternativa para aprovechar la mayor cantidad de producto, generar ingresos adicionales para los productores, ofrecer productos saludables a la población. Todo esto mediante el uso de energía verde.

**Palabras clave:** Secador solar, pérdida de alimentos, deshidratación, energía solar.

## EL HERBARIO INSTITUCIONAL COMO APOYO DIDÁCTICO A LA CARRERA DE AGRONOMÍA EN EL ITEL

Rosa del Carmen Beas\*, Hector Silos Espino, Ana Lucía Noriega Duron, Juan Antonio González Morales

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico el Llano, Aguascalientes, Departamento de Ciencia Básica. El Llano, Aguascalientes, Mexico.

\*Autor para correspondencia: rosa.b@llano.tecnm.mx

### RESUMEN

El herbario institucional en el ITEL ha sido un proyecto abordado por varios interesados de tener un espacio físico y los elementos mínimos indispensables para la conservación de materiales vegetales producto de colectas y mantener un stock con ejemplares bien conservados, para revisar estructuras interesantes, de apoyo a materias como Botánica general y Botánica sistemática de la carrera de Agronomía que se imparte en el ITEL además de otras que cubren temas relativos a estructuras de los vegetales o con valor ecológico por su endemismo o poseer compuestos alelopáticos que permitan interactuar además de la clase teórica y preservar ejemplares interesantes, con características que en determinada época no existen en condiciones naturales y que no podríamos conocer, excepto en foto. Se acondicionó un espacio de 4 X 5 m cuenta con 3 mesas de trabajo, estantería, tres microscopios estereoscópicos y papel secante, periódico para deshidratar los ejemplares, papel para realizar las monturas, dos prensas, equipo de cómputo para registro y fotografías de materiales en buenas condiciones de conservación. Se está elaborando el manual de procedimientos, reglamento interno y el libro de registro de usuarios, de alumnos, maestros y personas interesadas. El personal que inició las actividades son docentes y dos alumnos de apoyo que están realizando su servicio social. El herbario está abierto a todo público y estudiantes interesados en el área, investigadores del propio Instituto o de otro, público o privado, que necesite revisar los ejemplares, recibir donaciones, con su debido registro de colecta. Resultados a la fecha: 480 ejemplares diferentes con algunas replicas, y elaborando un banco de datos para poder brindar el servicio de intercambio con otros herbarios interesados del sistema TECNM e Instituciones afines que nos permita incrementar el acervo.

**Palabras claves:** preservación, banco de datos.

## LAS PLANTAS MEDICINALES COMO ALTERNATIVA EN LA MEDICINA DE LA COMUNIDAD DE SANTA CRUZ CONDOY, SAN MIGUEL QUETZALTEPEC, OAXACA

Tomasita Santiago Jerónimo\*, Maribel Martínez Flores

Instituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande, San Miguel el Grande, Tlaxiaco, Oaxaca. Km. 1.2 Carretera a la comunidad de Morelos S/N, San Miguel el Grande, Tlaxiaco, Oaxaca, C.P. 71140.

\*Autor para correspondencia: rjeronimo04@gmail.com

### RESUMEN

El uso de la medicina tradicional se remonta hace siglos atrás, sin embargo, en muchas localidades de Oaxaca aún no se ha documentado el conocimiento y proceso de empleo de las plantas. En la presente investigación se muestran los resultados de los conocimientos empíricos sobre las plantas medicinales de la comunidad de Santa Cruz Condoy, San Miguel Quetzaltepec, Oaxaca. Obteniendo así un listado de las especies de plantas medicinales encontradas en la comunidad. El método de investigación que se llevó a cabo fue de tipo cualitativo con una muestra seleccionada por conveniencia, enfocado principalmente a parteras, curanderas, hierberos, hueseros, entre otros oficios relacionados a la medicina tradicional. Por lo tanto, se diseñaron y aplicaron entrevistas semiestructuradas en la lengua materna (mixe-ayuk), recabando datos de las especies vegetales usadas, así como las enfermedades que curan cada una de ellas. En total se encontraron 48 plantas empleadas para aliviar los diferentes tipos de enfermedades frecuentes en la comunidad, agrupándolas de acuerdo a su Índice de Significancia Cultural. Los resultados del conocimiento de las plantas medicinales se han difundido en las diferentes instituciones de la comunidad, esta información es de gran relevancia al no existir un antecedente de la medicina tradicional de la comunidad de Santa Cruz Condoy.

**Palabras claves:** enfermedades, malestares, té, emplasto, tradicional.

## MONITOREO DE LA ADAPTACIÓN DE LIMILLA (*Rhus aromatica* var *Aromatica*) A CONDICIONES SEMICONTROLADAS DE CULTIVO EN LAS INSTALACIONES DEL ITESP.

### MONITORING OF THE ADAPTATION OF LIMILLA (*Rhus aromatica* var *Aromatica*) TO SEMI-CONTROLLED CULTIVATION CONDITIONS AT ITESP FACILITIES.

María Guadalupe Magaña Perez<sup>1</sup>, Juan Esteban Trinidad Huerta<sup>1S</sup>, Gonzalo Soria Melgarejo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Puruándiro. División de Ingeniería en Desarrollo Comunitario. <sup>2</sup>División de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Puruándiro, Michoacán, México. Autor para correspondencia: [juan.trinidad@puruandiro.tecnm.mx](mailto:juan.trinidad@puruandiro.tecnm.mx)

#### RESUMEN

En las instalaciones del ITESP se ha estado desarrollando una investigación en torno a la reproducción del fruto local conocido como limilla (*Rhus aromatica* var *Aromatica*) la cual tiene una importancia local al ser un ingrediente básico para la gastronomía regional y con un alto valor socio - ambiental; al ser un fruto silvestre y poco estudiado, se tomó la iniciativa dentro del campus de iniciar con una serie de ensayos a partir del análisis de las variables edafoclimáticas y ecológicas de dicha especie; con el objetivo de evaluar las condiciones de crecimiento y desarrollo así como su adaptación bajo condiciones controladas. Identificando en mediante un análisis de suelos las propiedades de los sitios de producción intentando replicar las condiciones en un sustrato estandarizado y comenzar con un ensayo de germinación y siembra a partir de una muestra de semillas viables colectadas en diversas zonas de la región. Se estableció el experimento con dos lotes de 50 semillas. Uno de ellos (50 semillas) fueron sembradas en el sustrato seleccionado de manera directa en 25 bolsas mientras el segundo lote fue sometido a un tratamiento de pre - germinación mediante la escarificación de las semillas y sembradas de igual forma en 25 bolsas de 20X20 cm en el mismo sustrato establecido realizándose esta actividad en el mes de marzo. Al realizar las observaciones de germinación y desarrollo de plántulas se obtuvieron un total del 28% de germinación y desarrollo de hojas para el lote con tratamiento pre germinativo y solo 16 % de germinación para el tratamiento en siembra directa, teniendo valores de altura promedio de hasta 12.3 cm desarrollándose en mejores condiciones que ejemplares detectados en campo. Estos valores permiten conocer y describir de mejor manera la adaptación de esta especie para su posterior mantenimiento en condiciones de cultivo y manejo productivo. Palabras clave: condiciones de desarrollo, germinación, crecimiento, domesticación

CIENCIAS PECUARIAS



## EFFECTO DE LA *Portulaca oleracea* EN LA PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL HUEVO DE GALLINAS

Ana Flores-Sánchez\*, Mónica González-Reyes, Ignacio Mejía-Haro, Gustavo Tirado-Estrada, Ana Lucía Noriega-Durón, Gabriela Jaime-Carachure

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes

\*Autor para correspondencia: 21900244@llano.tecnm.mx

### RESUMEN

La composición nutricional del huevo puede variar debido a diferentes factores dentro de los cuales se encuentra la alimentación de las gallinas; desde este punto de vista, se han descrito cambios en el contenido de lípidos, vitaminas liposolubles, minerales y antioxidantes. La *Portulaca oleracea* (verdolaga) tiene propiedades terapéuticas antiinflamatorias, antiparasitarias además de aportar ácidos grasos poliinsaturados y antioxidantes. El objetivo de este estudio fue evaluar los parámetros productivos y la capacidad antioxidante de la yema de huevo con la suplementación de verdolaga en dietas para gallinas. Se utilizaron 40 gallinas de la línea rhode island de 30 semanas de edad, con un peso promedio de 2.500 kg, las cuales se distribuyeron en cuatro tratamientos: T0 (dieta comercial =DC), T1 (DC + 5% de verdolaga), T2 (DC +10% de verdolaga) y T3 (DC +15% de verdolaga). Se suministraron los tratamientos por cinco semanas, el agua y el alimento se ofreció a libre acceso. Los resultados mostraron que para la variable consumo de alimento ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos presentando T0 mayor consumo con  $2091.2 \text{ g día}^{-1}$  por gallina. Para peso, largo y ancho no hubo diferencias. Para la postura T0 fue mejor que los otros tratamientos con 72.33 huevos; para la conversión alimenticia ( $p < 0.05$ ) T0 tuvo 6.89; y el porcentaje de postura ( $p < 0.05$ ) T1 y T3 fueron 74.85 y 73.14% respectivamente. Para la capacidad antioxidante determinada en la yema del huevo no hubo efecto entre tratamientos ( $p > 0.05$ ). De acuerdo con los resultados, la suplementación de verdolaga en la alimentación de gallinas puede mejorar el porcentaje de postura y el número de huevos, sin alterar la capacidad antioxidante de la yema de huevo.

**Palabras clave:** *Portulaca oleracea*, parámetros productivos, capacidad antioxidante.

## GAS METANO EN ENSILAJE DE MAÍZ EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES

Sotelo Reséndez César Eduardo\*, González Reyes Mónica, Tirado Estrada Gustavo, Cruz Vázquez Carlos Ricardo, Vitela Mendoza Irene Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México Campus El Llano Aguascalientes

\*Autor para correspondencia: cedsore@gmail.com

### RESUMEN

El metano (CH<sub>4</sub>) es uno de los gases de efecto invernadero, en todo el mundo se desarrollan planes y acciones para monitorear, controlar y reducir el impacto ambiental que estos provocan, en México las emisiones de metano derivadas del ganado equivalen al 10.1% de CO<sub>2</sub> equivalente que se produce en todos los sectores, el objetivo del presente trabajo fue determinar la producción de gas CH<sub>4</sub> de los ensilajes de maíz (EM) destinados para vacas Holstein en establos del estado de Aguascalientes (Ags). Se muestrearon EM de 6 municipios del estado de Ags, de un total de 18 establos, se utilizó la técnica producción de gas *in vitro* para determinar la producción de gas metano, se utilizó un modelo mixto anidado para comparar las variables entre municipios comparando los resultados por el método de máxima verosimilitud residual. Los establos muestreados representan un censo de 11900 animales, para los cuales se tiene un consumo de 81500 toneladas de EM anuales. Los resultados mostraron que la producción promedio de CH<sub>4</sub> en EM fue de 29.3 mL/gMS, siendo el municipio (mpio) Ags significativamente mayor (35.9 mL/gMS,  $p < 0.05$ ) y el mpio San Francisco de los Romo (SFR) el de menor producción (21.5 mL/gMS,  $p < 0.05$ ); en el estado de Aguascalientes la producción de CH<sub>4</sub> derivado de la fermentación de EM de los establos muestreados tuvo una producción proyectada de CH<sub>4</sub> de 2,884 toneladas anuales, lo que representaría el 0.103% del metano reportado por INEGyCEI para todo el país.

**Palabras clave:** Metano, efecto invernadero, dióxido de carbono.

## ELABORACIÓN DE GALLETAS ADICIONADAS CON CASCARON DE HUEVO COMO FUENTE DE CALCIO

D. Laura Flores-Sánchez\*, Mónica González-Reyes, Ignacio Mejia-Haro, D. Nazmín Tirado-González, M. Teresa Ibarra-Rodríguez

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes

\*Autor para correspondencia: 21900243@llano.tecnm.mx

### RESUMEN

El cascarón de huevo por su alto contenido en carbonato de calcio y otros constituyentes minoritarios como hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), carbonato de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ), fosfato de calcio ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ), sustancias orgánicas y en su membrana proteínas como el colágeno y el ácido hialurónico, lo hacen una materia prima polifuncional. Con el interés de crear alimentos funcionales, el presente trabajo tuvo como objetivo extraer calcio del cascarón de huevo en una solución ácida, para desarrollar y evaluar la calidad nutricional y organoléptica de una galleta. Se recolectaron cascarones de uso doméstico realizando un tratamiento térmico ( $80 \pm 2^\circ\text{C}$  por 10 min y una molienda de partícula 0.8 mm) para obtener micropolvos libres de *Salmonella* spp. Se realizaron cuatro soluciones ácidas con jugo de naranja y polvo de cascarón en relación 20:1 en diferentes tiempos de reposo (20, 60, 100 y 140 min) para evaluar el contenido de calcio por espectrofotometría por absorción atómica. Las soluciones de 60 y 140 minutos de reposo obtuvieron 43.6 mg y 48.4 mg de calcio, respectivamente. Se formularon tres galletas de 25 g, partiendo de una fórmula base, testigo (T0) sin solución ácida, T1 (fórmula base + solución ácida a 60 minutos) y T2 (fórmula base + solución ácida a 140 minutos). El contenido de Calcio (Ca) y proteína (Pr) de las galletas fue de 154.8 mg, 165 mg y 161.8 mg de Ca y 4.1 g, 3 g y 4.7 g de Pr, respectivamente. El análisis sensorial fue realizado mediante la organización de un panel evaluador conformado por 60 jueces no entrenados; los resultados fueron analizados utilizando análisis de varianza (ANOVA) y considerando pruebas de medias de Duncan y Tukey ( $p < 0.05$ ), se utilizó el paquete Statistical Analysis System (SAS, 2013, V. 9.2, -), ya que no se observaron significativas en las medias entre las variables sabor, olor, olor y textura, para ninguno de los tratamientos. El cascarón de huevo como fuente de calcio absorbible extraído en una solución ácida es viable para el uso en la elaboración de galletas.

**Palabras clave:** cascarón de huevo, calcio, galleta.

## AFECCIONES EN LA AVIFAUNA SILVESTRE (VERTEBRATA: AVES) POR EL PASO VEHICULAR EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA BARRANCA DE METZTITLÁN, MÉXICO

Izcóatl Martínez-Sánchez<sup>1\*</sup>, Jorge Valencia-Herverth<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidad Académica Metztlán, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Avenida Tepeyacapa s/n, C.P. 43351, Metztlán, Hidalgo, México.

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Huejutla, extensión Molango, Av. Corregidora s/n Barrio Santa Cruz primera sección C.P. 43100, Molango de Escamilla, Hidalgo.

\*Autor para correspondencia: itzcomtz@gmail.com

### RESUMEN

Las carreteras son vías indispensables para el transporte y comunicación, aunque tienen impactos negativos sobre la fauna silvestre. El objetivo del presente estudio fue determinar la riqueza de aves atropelladas, así como la frecuencia de dichos registros, en la carretera estatal Metztlán-Eloxochitlán dentro de la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztlán. Se realizaron 48 visitas en la carretera con cuatro recorridos por mes, durante el periodo de enero a diciembre 2021. La distancia total cercana fue de 46 km por cada recorrido. Los recorridos se realizaron en motocicleta a una velocidad de 40 km/h. El conteo de individuos se hizo con base en las observaciones sobre la carretera tomando fotografías y registrando datos de fecha, posición geográfica del sitio y especie. Se registraron 119 aves correspondientes a seis ordenes: Apodiformes, Cathartiformes, Caprimulgiformes, Columbiformes, Passeriformes y Pelecaniformes con un promedio por recorrido de 2.4 aves encontradas. Se determinaron 43 especies pertenecientes a 20 familias identificadas mediante guías de aves especializadas. La frecuencia de atropellamientos fue mayor en el mes de febrero con 26 registros de aves en comparación a los demás meses. El gorrión común (*Passer domesticus*) presentó el 14.3% del total de los registros causada por atropellamiento relacionado posiblemente a la búsqueda de alimento. El estudio de fauna silvestre en carretera es útil para estudiar el impacto que existe en la abundancia, cambios de comportamiento y el efecto que tienen en distintas especies de aves encontradas en la zona.

**Palabras clave:** atropellamiento, carretera, aves, vida silvestre, diversidad.

## EVALUACIÓN DE TRES FORRAJES COMO FUENTE DE FIBRA EN DIETAS DE CONEJOS EN ENGORDA

Ignacio Mejía-Haro\*, Francisco J. Pinales-Jiménez, Mónica González-Reyes, Deli N. Tirado González, Mauricio Ramos-Davila

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes.

\*Autor para correspondencia: [ignacio.mh@llano.tecnm.mx](mailto:ignacio.mh@llano.tecnm.mx)

### RESUMEN

Los forrajes son fuente de fibra y tienen diferente composición de esta, lo que repercute en la digestibilidad y los parámetros productivos de conejos. El objetivo fue evaluar tres forrajes como fuente de fibra en dietas de conejos en engorda. Se utilizaron avena forrajera, vaina de mezquite y alfalfa de dieta intengrales. Treinta y seis conejos machos de la raza California, destetados de 1 mes de edad fueron distribuidos aleatoriamente en tres tratamientos (T1, dieta con avena; T2, dieta con vaina de mezquite; T3, dieta con alfalfa) durante 50 días de engorda. Se registró el consumo de alimento, ganancia diaria de peso, ganancia final y conversión alimenticia. Al finalizar el experimento se sacrificaron los animales para evaluar el rendimiento en canal y la calidad de la misma; los datos fueron evaluados estadísticamente mediante el SAS usando análisis de varianza y prueba de comparación de medias. En la etapa de crecimiento no hubo diferencias significativas, pero en engorda, T1 fue superior a T2 ( $P < 0.05$ ) y similar a T3 en ganancia diaria de peso, ganancia total de peso y digestibilidad de la materia seca. En conversión alimenticia, lo contrario, T1 y T3 fueron inferiores a T2, y en rendimiento de la canal, T1 fue superior a T2 y T3 y este último superior a T2. En consumo de alimento no se observaron diferencias entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). Con la inclusión de avena y alfalfa henuficada en las dietas se obtuvo una mayor digestibilidad y mejores parámetros productivos que utilizando vaina de mezquite; sin embargo, los costos de producción fueron mayores, y la vaina de mezquite presenta una alternativa viable por su bajo costo y disponibilidad en zonas semiáridas donde no se dispone de recursos hídricos para la producción de forrajes.

**Palabras clave:** Parámetros productivos, avena, mezquite.

## SEROEPIDEMIOLOGÍA DE *Toxoplasma gondii* EN GANADO LECHERO DE AGUASCALIENTES, MÉXICO

Enrique Sánchez-Herrera\*, Carlos R. Cruz-Vázquez, Leticia Medina-Esparza, Irene Vitela-Mendoza, Ericka Rangel-Muñoz

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, Km 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, 20330, Aguascalientes, Mexico.

\*Autor para correspondencia e-mail: 21900238@llano.tecnm.mx.

### RESUMEN

*Toxoplasma gondii* es un protozoo que posee un ciclo biológico indirecto, en donde el gato doméstico y los felinos silvestres intervienen como hospederos definitivos. Es causante de la Toxoplasmosis que es una enfermedad de distribución mundial que tiene la capacidad de infectar a cualquier animal de sangre caliente incluyendo al ser humano por lo tal es una zoonosis. El objetivo del presente estudio fue identificar la prevalencia de anticuerpos anti-*Toxoplasma gondii* en ganado lechero de Aguascalientes, México. Se realizó una colecta de muestras de sangre en 240 de bovinos del sector lechero, clínicamente sanos, las cuales fueron procesadas mediante la prueba serológica de Inmunofluorescencia Indirecta a una dilución 1:64. Se muestrearon 16 establos en cinco municipios del estado de Aguascalientes (Aguascalientes, Jesús María, Pabellón de Arteaga, San Francisco de los Romo y El Llano), de los cuales el 50% pertenecían al nivel tecnificado (>50 cabezas) y el otro 50% de lechería de traspatio (< 49 cabezas). Los resultados obtenidos indicaron una prevalencia general de anticuerpos anti-*T. gondii* de 43% (103/240). Además, en los establos pertenecientes al segmento considerado como tecnificado, el estudio identificó una seroprevalencia de 40% (48/120) y en el caso del segmento considerado como de lechería de traspatio, 46% (55/120). El estudio identificó que en todos los municipios y establos muestreados existieron animales seropositivos; la seroprevalencia por municipio estuvo en un rango de 29 a 65% y a nivel establo, el rango fue de 20 a 80%. La seroprevalencia identificada en el estudio realizado en los cinco municipios del estado de Aguascalientes, es alta lo que indica que el lugar donde se encuentran el ganado lechero se encuentra contaminado con ooquistes excretados por hospedero definitivo, representando un alto riesgo para el sector lechero.

**Palabras clave:** *Toxoplasma gondii*, ganado lechero, seroprevalencia, Aguascalientes.

## COMPARACIÓN DE TÉCNICAS PARA EVALUAR LA FRAGMENTACIÓN DEL ADN ESPERMÁTICO EN OVINO DE PELO

María Fernanda Soza Mata<sup>1</sup>, Álvaro Domínguez Rebolledo<sup>2\*</sup>, Juan José Baeza Rodríguez<sup>2</sup>, Henry Loeza Concha<sup>3</sup>, Julio Ramón Ugalde<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal, Yucatán, México.

<sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental Mocochoá. Mocochoá, Yucatán, México.

<sup>3</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Champotón, Campeche, México.

\*Autor para correspondencia: dominguez.alvaro@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El estudio de la integridad del ADN (IADN) del espermatozoide representa un parámetro importante de la calidad seminal y de la fecundidad. Sin embargo, las técnicas actuales para evaluar la fragmentación del ADN espermático, presentan baja reproductibilidad. El objetivo fue evaluar 5 técnicas de fragmentación del ADN en muestras espermáticas descongeladas de pelo de ovinos sometidas a fragmentación con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Se descongelaron 36 pajuelas de 4 sementales de la raza Blackbelly, se mezclaron (pool), se diluyeron en PBS a una concentración de  $\sim 30 \times 10^6$  espermatozoides/mL y se dividieron en tres tratamientos: T0: muestra sin oxidante (considerada como 0% de ADN dañados), T100: muestra incubada con 300  $\mu$ M de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> durante 24 horas (inducción de fragmentación de ADN (100%). Posteriormente, la mitad del T0 y T100 se mezclaron para obtener una proporción del 50% de espermatozoides con ADN fragmentado (T50). Las muestras se analizaron con las diferentes técnicas: Azul de Anilina (AA), Azul de Toluidina (AT), Naranja de Acridina (NA), Cromomicina A3 (CMA3) y Dispersión de la Cromatina Espermática (SCD). En todas las técnicas, las regresiones lineales presentaron un nivel de significancia menor al 5%, así como una correlación significativa ( $r=0.962$ ,  $P<0.01$ ). Sin embargo, entre tratamientos se observó que la técnica NA ( $34.82 \pm 3.00\%$ ) en el T50 y la técnica de AA ( $89.55 \pm 1.45\%$ ) en el T100, fueron las que menor sensibilidad presentaron para detectar daños en el ADN en comparación con las otras técnicas. En conclusión, las técnicas que mejor evalúan la IADN del espermatozoide en ovino de pelo son la CMA3, SCD y AT.

**Palabras clave:** Fluorescencia, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Calidad Seminal, Blackbelly.

## EVALUACIÓN DE DILUYENTES LIBRES DE PROTEÍNA ANIMAL SOBRE LA PRESERVACIÓN DEL SEMEN DE OVINO DE PELO ALMACENADO A 5°C DURANTE 96 HORAS

Carlos Castellanos Zacarías<sup>1</sup>, Álvaro Domínguez Rebolledo<sup>2\*</sup>, Juan José Baeza Rodríguez<sup>2</sup>, Henry Loeza Concha<sup>3</sup>, Julio Ramón Ugalde<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Conkal. Conkal, Yucatán, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimenta Mocochoá, Yucatán, México. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Champotón, Campeche, México.

\*Autor para correspondencia: [dominguez.alvaro@inifap.gob.mx](mailto:dominguez.alvaro@inifap.gob.mx).

### RESUMEN

La yema de huevo es el componente más utilizado en los diluyentes de semen de mamífero. Sin embargo, representa un riesgo de contaminación bacteriana y de transmisión de enfermedades exóticas como; la influenza aviar. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de dos diluyentes libres de proteína animal sobre la refrigeración del semen ovino. Los eyaculados se obtuvieron de 4 ovinos (Pelibuey), los cuales se mezclaron (pool) y dividieron en 3 tratamientos: AndroMed®; OPTIXcell® y Triladyt® + yema de huevo. Los parámetros espermáticos de motilidad individual (MI) y progresiva (MP), viabilidad, actividad mitocondrial (AM), integridad del acrosoma (IA) y la integridad de la membrana plasmática de la cola (Host) se analizaron a las 0, 24, 48, 72 y 96 horas de refrigeración. La MT, MI, IA y Host no presentaron diferencias significativas entre diluyentes a las 0, 24, 48, 72 y 96 h, al igual que la viabilidad a las 0, 24 y 48 h, y la AM a las 96 h. Sin embargo, a las 72 y 96 h, la viabilidad fue mayor con el diluyente AndroMed® que con los diluyentes OPTIXcell® y Triladyt®. Asimismo, la AM a las 0, 24, 48 y 72 h fue superior con el diluyente OPTIXcell® en comparación con los diluyentes AndroMed® y Triladyt®. A través del tiempo (0 a 96 h), todos los parámetros espermáticos en todos los diluyentes disminuyeron progresivamente. En conclusión, los diluyentes AndroMed® y OPTIXcell® son los que mayor tiempo preservan la viabilidad y la AM espermática, respectivamente.

**Palabras clave:** Pelibuey, Eyaculación, Parámetros espermáticos.

## PORCENTAJE DE ÉXITO EN LA OVIPOSICIÓN DE ABEJAS REINAS (*Apis mellifera*) CRIADAS DURANTE LA ÉPOCA DE ESCASA FLORACIÓN MEDIANTE UN MÉTODO CON TRASLARVE Y UN SISTEMA SIN TRASLARVE

Carlos Castellanos Zacarías<sup>1</sup>, Álvaro Domínguez Rebolledo<sup>2</sup>, Henry Loeza Concha<sup>3\*</sup>, Jorge Vivas Rodríguez<sup>2</sup>, Julio Ramón Ugalde<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Conkal. Conkal, Yucatán, México.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimenta Mocochoá, Yucatán, México.

<sup>3</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Champotón, Campeche, México.

\*Autor para correspondencia: [loeza.jesus@colpos.mx](mailto:loeza.jesus@colpos.mx).

### RESUMEN

En la actualidad la mayoría de apicultores para sustituir a la reina de manera artificial utilizan la selección y el mejoramiento genético a través de métodos (con traslarve) o sistemas (sin traslarve), con el fin de obtener un mayor rendimiento y productividad en las colonias. Sin embargo, no existe información sobre el porcentaje de aceptación y postura en abejas reinas criadas por ambos métodos en la región tropical. El objetivo de este estudio fue evaluar el porcentaje de éxito en la oviposición de abejas reinas criadas con un método de traslarve y un sistema sin traslarve durante la época de escasa floración. Se utilizaron 3 núcleos en orfandad con el método Doolittle (con traslarve) y 3 núcleos con el sistema Nicot (sin traslarve) en el periodo de octubre a diciembre (pre cosecha), a los núcleos se les suministro jarabe de azúcar 1:1 y torta proteica al 20% de polen y 80% de levadura de cerveza. El método Doolittle fue superior en los parámetros de aceptación de larvas (72 h), tamaño de celdas reales, nacimientos, peso y postura (90 %; 20 mm; 80 %; 195 mg; 477 huevos, respectivamente) en comparación con el sistema Nicot (70 %; 19 mm; 45 %; 180 mg; 441 huevos, respectivamente). En conclusión, la cría de abejas reina con el método Doolittle es el mejor para la producción, cantidad y calidad de reinas comparado con el sistema Nicot en el cual necesita manipular a la reina.

**Palabras clave:** Doolittle, Nicot, Postura, Nacimiento, Larvas.

## ESTRUCTURA GENÉTICA DE LA RAZA DE OVINOS BLACKBELLY EN EL SUROESTE DE MÉXICO

Wilber Hernández Montiel<sup>1</sup>, Juan José Baeza Rodríguez<sup>3</sup>, Sergio Iván Román Poncé<sup>2</sup>, Rodolfo Miguel Pérez<sup>1</sup> y Álvaro Efrén Domínguez Rebolledo<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Agroingeniería, Universidad del Papaloapan, Av. Ferrocarril s/n, Ciudad Universitaria, Campus Loma Bonita, Oaxaca 68400, Oaxaca, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación Regional Norte-Centro (CIRNOC), INIFAP, México.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochoá, Yucatán, México.

\*Autor para correspondencia: dominguez.alvaro@inifap.gob.mx.

### RESUMEN

Los ovinos son de gran importancia económica a nivel nacional, ya que son una fuente de proteína de origen animal. Su adaptación a diferentes climas, eficiencia alimenticia, prolificidad y su habilidad materna ha sido suficiente para ser utilizados dentro de los cruzamientos para mejoramiento genético, para obtener resultados favorables dentro de los rasgos productivos y reproductivos. El objetivo del presente estudio fue evaluar la diversidad genética, estructura de la población y la pureza de la raza Blackbelly (BB), usando la información genómica utilizando el OvineSNP50K BeadChip. Un total de 13 muestras fueron genotipadas, siete ovejas (BB<sub>e</sub>) y seis carneros (BB<sub>r</sub>). Los análisis de bioinformática se realizaron con el software PLINK v1.9 para obtener el grado de consanguinidad y parentesco. La diversidad genética fue medida a través de la heterocigosidad esperada ( $H_e$ ) y observada ( $H_o$ ) encontrándose valores en BB<sub>e</sub> ( $H_o=0.305$  y  $H_e=0.304 \times 10^4$ ) y BB<sub>r</sub> ( $H_o=0.303$  y  $H_e=0.306 \times 10^4$ ). Adicionalmente se realizó en análisis de ROH (Corridos de homocigosidad) en PLINK v1.9 junto con el package detectRUNS v.0.9.6 de R. Un total de 57 ROH fueron obtenidos y están distribuidos en los 27 cromosomas de esta raza de ovinos. En total se identificaron 1,299 SNPs en ROH en el grupo de la raza BB. El análisis funcional y el análisis de enriquecimiento mostró cinco genes asociados con la respuesta inmune, dos genes asociados con la respuesta a virus, cinco genes asociados con el desarrollo embrionario en el útero. Estos resultados generan la información de genes candidatos en la producción y reproducción de esta raza.

**Palabras clave:** Diversidad genética, homocigosidad, genómica, SNP.

## ESTABLECIMIENTO DE DOSIS DISCRIMINANTES A CUATRO IXODICIDAS DE USO EN *Rhipicephalus sanguineus* sensu lato (ACARI:IXODIDAE)

Martínez-Ibáñez Francisco<sup>1,2\*</sup>, Cruz-Vázquez Carlos Ricardo<sup>1</sup>, Vitela-Mendoza Irene<sup>1</sup>, Medina-Esparza Leticia<sup>1</sup>, Chávez-Rodríguez Moisés Arturo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, Km. 18 carr. Aguascalientes - San Luis Potosí, El Llano, 20330, Aguascalientes, México.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal, CENAPA-SENASICA. Carr. Cuernavaca-Cuautla 8534, Col. Progreso, Jiutepec, 62550, Morelos, México.

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tlajomulco, Jalisco, México.

\*Autor para correspondencia: [pacomtzi@yahoo.com.mx](mailto:pacomtzi@yahoo.com.mx)

### RESUMEN

*R. sanguineus* s.l., es una garrapata de amplia distribución y alta prevalencia de infestación en México, además de que es reconocida como un importante vector de diferentes patógenos. El tratamiento químico es una medida habitual para su control, sin embargo, existe escasa información sobre la presencia y distribución de la resistencia y por ende de la susceptibilidad que se tiene en las diferentes poblaciones del campo mexicano a los ixodídeos. Con el establecimiento de Dosis Discriminantes (D.D), se podrá diagnosticar resistencia de forma rápida. El objetivo del presente trabajo fue determinar las D.D. a los ixodídeos coumaphos, flumetrina y fipronil a través de la técnica de paquete de larvas (Stone & Haydock) y al amitraz a través de la técnica de inmersión de larvas (Shaw). Se colectaron 21 muestras de garrapatas vivas de Morelos, Veracruz, Tamaulipas y Yucatán para conocer su respuesta toxicológica. Las garrapatas se identificaron taxonómicamente, se limpiaron y contaron, posteriormente se mantuvieron en incubación a  $28 \pm 2$  °C y 80 a 90% de humedad relativa para esperar la oviposición, 25 días después se retiró la masa de huevos y estos se encapsularon en frascos de cristal con capacidad de ½ gramo. Se trabajó con larvas de 15 a 30 días de edad y se aplicaron las técnicas antes descritas para su diagnóstico, todas las muestras que fueron susceptibles a los cuatro ixodídeos se evaluaron nuevamente a través de un análisis Probit para determinar su concentración letal 99 (CL 99) y con base en esto determinar las D.D., la cual se establece como el doble de la CL 99. Los resultados fueron los siguientes: para coumaphos D.D. 0.43%, flumetrina 0.01%, fipronil 0.05% y amitraz 0.0004%. Con el establecimiento de estas D.D., se está en capacidad de diagnosticar resistencia y con base en ello controlar la población del ectoparásito en el perro y en las instalaciones, lo que ayudará a disminuir los casos de enfermedades transmitidas por garrapatas y el desarrollo de resistencia a los ixodídeos.

**Palabras clave:** Garrapaticidas, cepas, taxonomía, cultivo, respuesta toxicológica.

## EVALUACIÓN DE CEPAS DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS PARA EL CONTROL DE MOSCA DOMÉSTICA (*Musca domestica*) EN GRANJAS PORCINAS

Jaime Alcalá-Gómez\*, Diego Argenis García-Magaña, Carla Edith Becerra-Espinoza

Laboratorio de zoología, Departamento de Biotecnológicas y Ambientales, Universidad Autónoma de Guadalajara. Av. Patria 1201, 45129, Zapopan, México.

\*Autor para correspondencia: [jaime.alcala@edu.uag.mx](mailto:jaime.alcala@edu.uag.mx)

### RESUMEN

La mosca domestica es uno de los principales vectores mecánicos en granjas porcinas. Estos insectos son capaces de diseminar patógenos que provocan enfermedades, generan irritación y estrés cerdos de distintas edades. En la presente investigación fueron evaluadas 10 cepas de hongos entomopatógenos, cuatro de *Metarhizium anisopliae* y seis de *Beauveria bassiana*. Se colectaron 220 moscas domesticas con una red entomológica, dentro de una infestación natural, en una granja de cerdos del municipio de Tlajomulco de Zúñiga Jalisco. Las moscas fueron trasladadas al laboratorio de zoología de la Universidad Autónoma de Guadalajara, donde se formaron 10 tratamientos con cuatro repeticiones más un testigo. Para el mantenimiento de los individuos, se colocó un recipiente con alimento, a base de leche, avena y miel. Previo a la aplicación de los tratamientos, se realizó un conteo de esporas en cámara de Neubauer, para realizar una solución a concentración  $1 \times 10^8$  esporas por mililitro. Los tratamientos fueron aplicados mediante microaspersiones sobre las moscas hasta observar que estas quedaron mojadas con la solución. Se registró la mortalidad cada 24 horas, los individuos muertos se colocaron en el interior de una cámara húmeda para favorecer la micosis. Los datos de mortalidad fueron analizados usando un Modelo Lineal Generalizado (GLM) con el paquete estadístico SAS. Los resultados muestran que existe diferencia significativa entre los tratamientos  $p < 0.005$ . Siete de las diez cepas analizadas mostraron 100% de mortalidad, sobresale *Beauveria bassiana* cepa Bb113, la cual obtuvo 100% de mortalidad al día 4 post inoculación, mientras que *Metarhizium anisopliae* cepa Ma132 y *Metarhizium anisopliae* cepa Ma136 alcanzaron este valor al día cinco post tratamiento. Estos datos indican que al menos tres cepas tienen potencial para realizar pruebas al interior de granjas porcinas.

**Palabras clave:** Beauveria, Metarhizium, Mortalidad, Cerdos.

## HORMONA ANTI-MULLERIANA ENTRE BOVINOS DE CARNE *Bos taurus* Y *Bos Indicus* EN EL SURESTE DE MÉXICO

Juan José Baeza Rodríguez<sup>1</sup>, Alvaro Efrén Domínguez Rebolledo<sup>1\*</sup>, Julio Porfirio Ramón Ugalde<sup>2</sup>, Roberto Zamora Bustillos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Mocoohá, Yucatán, México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal, Conkal, Yucatán, México.

\*Autor para correspondencia: [dominguez.alvaro@inifap.gob.mx](mailto:dominguez.alvaro@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar las diferencias de los niveles de Hormona anti-Mülleriana presentes en novillas de carne *Bos taurus* y *Bos indicus* en el trópico. El establecimiento de la pubertad en el ganado *Bos indicus* sucede en promedio a mayor edad que en el *Bos taurus*. La pubertad tardía impacta negativamente la eficiencia reproductiva. Las mediciones de los fenotipos relacionados con la pubertad son caros o difíciles de medir en campo. Como alternativa, la hormona anti-Mülleriana podría funcionar como un biomarcador obtenido de una simple muestra sanguínea. Un total de 20 novillas de entre 18 a 24 meses de tres grupos raciales: Brahman (7), suizo europeo (7) y cebú comercial (6), de ranchos ubicados en Yucatán, fueron incluidas en el estudio. Las muestras de sangre se obtuvieron de la vena coccígea en tubos con EDTA, como anticoagulante, y se centrifugaron para la obtención del suero. La concentración de hormona anti-Mülleriana se determinó utilizando un kit comercial de ELISA, El kit tiene una sensibilidad de 0.5 ng/ml a 200ng/ml. Se encontró efecto estadísticamente significativo para las variables independientes y su interacción, cabe hacer mención que ninguna de las novillas cebú comercial alcanzaron la pubertad. Los títulos más altos de la hormona los tuvieron las Brahman que alcanzaron la pubertad (9.62 ng/ml) y fueron diferentes a los demás grupos ( $P < 0.01$ ). Entre las novillas Suizo Europeo, púberes (5.01 ng/ml) y no púberes (5.55 ng/ml) no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), ni de estas con las Brahman (5.97 ng/ml) y cebú comercial (5.36 ng/ml) que no alcanzaron la pubertad. Los resultados indican que la hormona anti-mülleriana podría ser empleada en la determinación de la pubertad del ganado Brahman.

**Palabras clave:** Reserva ovárica, Pubertad, fertilidad.

## IMPACTO DE LA RESTRICCIÓN DEL POLEN Y LA EDAD REPRODUCTIVA SOBRE LA CALIDAD ESPERMÁTICA DEL ZÁNGANO

Víctor Quintal Solís<sup>1</sup>, Álvaro Domínguez Rebolledo<sup>2\*</sup>, Julio Ramón Ugalde<sup>1</sup>, Carlos Castellanos-Zacarías<sup>1</sup>, Jorge Ariel Vivas Rodríguez

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal. Avenida Tecnológico s/n Conkal, Yucatán. CP. 97345.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Mocochoá. Antigua carretera Mérida-Motul km. 24.5, Mocochoá. CP. 97454.

\*Autor para correspondencia: dominguez.alvaro@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El polen es fuente importante de nutrientes, especialmente de proteínas, que son necesarios para la producción de espermatozoides sanos en los zánganos. Por ello, la restricción del polen puede tener un efecto en la calidad espermática de los zánganos, afectando su capacidad de fertilización. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del acceso restringido al polen en zánganos de diferentes edades sobre la calidad espermática de los zánganos. Se utilizaron cinco colmenas con acceso restringido (trampa de polen) y cinco con acceso ilimitado (sin trampa). Se colectaron 240 zánganos en total (80 zánganos/colmena/de diferentes edades 17, 21 y 24), de los cuales se evertió el endófalco para colectar el semen y evaluar los parámetros espermáticos de viabilidad, motilidad, integridad del acrosoma y actividad mitocondrial. Los zánganos con acceso limitado, de 17 y 21 días de edad, no contenían semen en comparación con los de 24 días que presentaron una mayor motilidad, viabilidad, integridad del acrosoma y actividad mitocondrial (2; 72%; 73% y 75%, respectivamente). En contraste, los zánganos con acceso ilimitado, los cuales a la edad de 17 días no presentaron semen en comparación con los de 21 días de edad (3; 61%; 69% y 70%, respectivamente) y 24 días de edad (3; 70%; 73% y 72%, respectivamente). En conclusión, la calidad espermática de los zánganos de 24 días de edad no se ve afectada por el tipo de restricción de polen, al igual que en los zánganos de 21 días de edad con acceso ilimitado.

**Palabras clave:** Proteína, semen, viabilidad, motilidad.

**AGROBIOTECNOLOGIA**



## CRECIMIENTO Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE MELÓN LOCO SILVESTRE (*Apodanthera undulata* Gray) CON DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN

Wylorce Petit-Saint, K Y. Amador Rodríguez, A. Gómez González, C. Perales Segovia, H. Silos Espino.

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Kilómetro 18 carretera a San Luis Potosí, El Llano Ags., México. C.P. 20330.

### RESUMEN

En este trabajo se analizó el efecto de una fertilización orgánica *versus* fertilización química en plantas de melón loco (*Apodanthera undulata* Gray), especie silvestre, con el objetivo de conocer la respuesta morfológica en condiciones de invernadero. Para lo anterior se germinaron semillas de melón loco y se trasplantaron a macetas con una capacidad de 10 kg de suelo de la región de El Llano Ags. Para el experimento se utilizaron 3, 6, 9, y 12 ml un lixiviado de lombriz y 3, 6, 9 y 12 g de sulfato de amonio, con cinco repeticiones. La frecuencia de riego fue de 1 de agua por planta cada tercer día, la aplicación de fertilizante químico y orgánico, disuelto en 1000 ml de agua, fue a la primera semana del trasplante y con un intervalo de 20 días. Al final del experimento se analizaron variables morfológicas, la composición proximal de las estructuras de las plantas y el análisis del suelo donde fueron cultivados. De acuerdo con los resultados obtenidos, el lixiviado de lombriz de 3 ml contribuyó a incrementar la longitud de hojas ( $8.66 \pm 0.47$  cm), anchura de hojas ( $8.92 \pm 0.52$  cm) y grosor de tallo ( $0.40 \pm 0.06$  cm). En el análisis proximal, el lixiviado de lombriz aportó mayores cantidades de proteína cruda (21.64 %), fibra cruda (13.95 %), grasa cruda (4.65 %), cenizas (22.27 %) y extracto libre de nitrógeno (37.49 %) con base en materia seca. En el análisis de suelos, el uso de lixivios aportó mayores cantidades de nitrógeno (12.12), fósforo (3.41), potasio (2.72), calcio (1.01) y magnesio (1.56) veces, respectivamente, en comparación con el suelo natural. El cultivo de melón loco se vio favorecido con la fertilización a base de lixivios de lombriz.

**Palabras clave:** Lixiviado de lombriz, melón loco, invernadero.

## COMPARACIÓN DE EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE INSECTICIDAS BIORRACIONALES EN POBLACIONES DE MOSCA BLANCA

Adalid Graciano-Obeso \*, Gregorio Pollorena López, Cruz Enrique Beltrán Burboa

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a Brecha, sin número, Ejido El Burrioncito, Guasave, Sinaloa, México, CP. 81149. Tel. 6878714581.

\*Autor para correspondencia: adalid.go@guasave.tecnm.mx

### RESUMEN

En México una de las principales plagas que comprometen el rendimiento en cultivos hortícolas es la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), con el paso del tiempo se han aplicado productos químicos para su control, sin embargo, estos ocasionan daños al medio ambiente y a la salud de las personas, es por ello que se buscan alternativas sostenibles que no pongan en riesgo el patrimonio de los productores agrícolas. El objetivo de la presente investigación fue realizar una comparación de la efectividad biológica y el rendimiento del fruto utilizando hongos entomopatógenos, extractos de Nim y una combinación de hongos entomopatógenos con extractos de Nim en dos sitios de Guasave, Sinaloa, durante el ciclo OI 2021-2022. Para lograrlo, se estableció un Diseño por Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones, como variable de respuesta fue la efectividad biológica de los insecticidas biorracionales sobre la densidad poblacional de adultos, ninfas y huevos de mosca blanca en cada uno de los tratamientos, los cuales se establecieron con base a la alternativa para el control de *Bemisia tabaci*. De lo anterior, se tiene que el mayor porcentaje de reducción fue en el tratamiento 5 (T5) donde se aplicó el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* combinado con extracto de Nim, con un 90.31% de reducción en el Campo Experimental de la Asociación de Agricultores del Río Sinaloa Poniente A.C., el T5 fue estadísticamente diferente ( $p < 0.05$ ) comparado con los demás tratamientos. El rendimiento promedio del fruto fue estadísticamente diferente entre los dos sitios de estudio. Con base a lo anterior, se tiene que los insecticidas biorracionales son una opción viable para el control de mosca blanca sin comprometer el rendimiento en el cultivo.

**Palabras clave:** *Bemisia tabaci*, extracto de Nim, hongos entomopatógenos.

## LA IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE VERACIDAD Y PRECISIÓN EN LA VALIDACIÓN DE MEDIDA DE ÁCIDO CARMÍNICO PROVENIENTE DE *Dactylopius coccus* COSTA

José Rodolfo Zacarías-Alvarado<sup>1</sup>, Ricardo Martínez-Ramírez<sup>2</sup>, Rafael Magallanes- Quintanar<sup>3</sup>, Santiago de Jesús Méndez-Gallegos<sup>1</sup>, Clara Lourdes Tovar-Robles<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Innovación en Manejo de Recursos Naturales. Campus San Luis Potosí. Colegio de Postgraduados.78622, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

<sup>2</sup>Empresas Marbor de México, Trapiche 210, Trojes de Oriente 2a Sección, Aguascalientes, Ags., México.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Avenida Ramón López Velarde, 801, 98064, Zacatecas, Zacatecas, México.

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, 20100, Aguascalientes, México.

\* Autor para correspondencia: [clara.tovar@edu.uaa.mx](mailto:clara.tovar@edu.uaa.mx)

### RESUMEN

El ácido carmínico (AC) es un colorante rojo natural que se extrae de los cuerpos desecados de la hembra del insecto *Dactylopius coccus* Costa. Su precio en el mercado depende de su concentración (Flores-Alatorre *et al*, 2014), y poco se ha investigado para optimizar los métodos de cuantificación existentes. En este estudio se evaluó la precisión y veracidad del método propuesto por Viguera y Portillo (2014), para asegurar la confiabilidad, exactitud y reproducibilidad entre laboratorios. En un análisis de repetibilidad conforme a ISO 5725 (mismo operador, mismo dispositivo de medida, mismas instalaciones, mismo procedimiento, mismo ítem de ensayo y periodos cortos de tiempo) se evaluó la precisión en cuatro niveles de concentración de AC. En adición, mediante un ensayo de veracidad, se evaluó el sesgo en seis niveles de concentración con un material de referencia de valor conocido. Como resultado, en las condiciones de medida establecidas por el autor, se encontró que no hay error significativo de sesgo respecto al valor convencional asignado a la referencia. Se estableció una precisión de repetibilidad de  $s_r = 0.0616 X$ , donde X es el % de AC determinado. El método demostró veracidad de medida en relación a su precisión de repetibilidad. Por lo tanto, se acepta que los valores medidos con este método son exactos. Se recomienda entonces su implementación en los laboratorios que requieran cuantificar la concentración de AC para su comercialización y como un punto de referencia que proporcione confianza entre productores y empresas formuladoras.

**Palabras claves:** cochinilla, colorante, concentración, repetibilidad, sesgo.

## SISTEMATIZACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE NOPAL GENERANDO FORRAJE CON ACUMULACIÓN DE PROTEÍNAS

Cortés-Chamorro Marco A\*, Rössel-Kipping Erich, Loera-Alvarado Gerardo, Ortiz- Laurel Hipólito, Calzada-Lara Gabriel

Posgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados *Campus* San Luis Potosí, Iturbide 73, C.P. 78600. Salinas de Hidalgo, SLP, México

\*Autor para correspondencia: [cortes.marco@colpos.mx](mailto:cortes.marco@colpos.mx)

### RESUMEN

A nivel mundial el nopal (*Opuntia spp*), ha desempeñado un papel muy importante como forraje para satisfacer la demanda de alimento para el ganado en países como, México, Brasil, Túnez, Sudáfrica, Argelia, Marruecos y Líbano entre otros. En las zonas áridas y semiáridas del Altiplano Potosino-Zacatecano, la ganadería se ve afectada, por la falta de alimento, a causa de la escasa y errática precipitación, teniendo promedios 350 mm año<sup>-1</sup>, también por la erosión y degradación de los suelos y la baja fertilidad, limitando la producción de forrajes. Una alternativa, es el uso de nopal forrajero enriquecido con proteínas para alimentar al ganado en épocas de sequía, e invierno. De acuerdo al requerimiento de alimentos de calidad el (CRUCEN y la URUZA) desarrollaron una tecnología basada en el proceso de fermentación de la biomasa del nopal adicionando levaduras *Saccharomyces cerevisiae* al (1%), Urea (1%) y Sulfato de Amonio (0.1%), bajo condiciones aeróbicas, obteniendo grandes resultados. El objetivo de la investigación es sistematizar los parámetros del proceso de fermentación del nopal, la finalidad es el desarrollo técnico y la eficiencia de la tecnología de fermentación optimizando recursos naturales y energéticos. Para ello, se hará un análisis de diseño del nuevo proceso, aplicando metodologías con el uso de softwares como (VENSIM), que permite a través de un pensamiento sistémico ordenar y sistematizar criterios y parámetros técnicos teniendo como resultado diagramas de flujo y simulaciones digitales del proceso, así como el desarrollo técnico y eficiencia de la nueva tecnología de fermentación de residuos verdes. Donde se apliquen metodologías de ingeniería de procesos industrial y de ingeniería control.

**Palabras clave:** Tecnologías Fermentación, forrajes, nopal, proteína.

## PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN FRUTOS DE ÁRBOLES NO CULTIVADOS DE ZAPOTE NEGRO (*Diospyros spp.*)

Emigdio De la Cruz De la Cruz<sup>1\*</sup>, Silvia Ortíz Hernández<sup>1</sup>, Lorena Casanova Pérez<sup>1</sup>, Artemio Pérez López<sup>2</sup>, Florencia García Alonso<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense. Huejutla de Reyes, Hidalgo. C. P. 43000

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230

\*Autor para correspondencia: emigdio.delacruz@uthh.edu.mx

### RESUMEN

*Diospyros spp.*, es el género más representativo de la familia Ebenaceae, con más de 500 especies en el mundo, más de 100 en el continente americano y más de 20 en territorio mexicano. En la Huasteca, existen poblaciones aisladas o toleradas en huertos de traspatio, pero el conocimiento sobre sus propiedades nutricionales, aprovechamiento, manejo y conservación es prácticamente nulo. Por lo anterior, el objetivo del proyecto, fue determinar las propiedades fisicoquímicas en frutos de zapote negro, para selección de plantas con potencial nutracéutico y comercial. Se hizo la investigación documental y después con base en una encuesta a pobladores de diferentes localidades, se identificaron los lugares con presencia de plantas de zapote negro; se visitaron los predios en cuatro localidades: Picholco y El Chijol, en San Luis Potosí; Chililico y Tecorral, en Hidalgo. Se georeferenciaron los árboles, se tomaron datos cómo altura de planta, diámetro de tallo y se recolectaron 30 frutos en madurez fisiológica, por árbol/localidad. Se llevó a cabo la observación durante 30 días, con mediciones semanales de las propiedades físicas y químicas como, peso, volumen, Sólidos Solubles Totales (°Brix) y acidez (pH). Los valores promedio para frutos de cada localidad, se muestran a continuación: Tecorral (280 g, 9.35 °Brix, 7.77 pH), Chililico (120g, 9 °Brix, 6.39 pH), Picholco (120 g, 9 °Brix, 7.78 pH) y El Chijol (60 g, 11.77 °Brix, 5.75 pH). Los datos mostraron que, en localidades de la Huasteca Hidalguense, los frutos son más grandes, aunque con menos °Brix; mientras que, en localidades de San Luis Potosí, los frutos son más pequeños, pero más dulces. Son materiales que se pueden seleccionar y aprovechar de manera comercial.

**Palabras clave:** °Brix, Huasteca, madurez fisiológica, material genético.

## DETECCIÓN DEL VIRUS RUGOSO DE TOMATE TOBRFV USANDO UNA SONDA MARCADA CON DIGOXIGENINA

Ezequiel Linares Estrada<sup>1</sup>, Yolanda Ortega Ortega<sup>1</sup>, Marco Adán Juárez Verdayes<sup>2</sup>, Mona Kassem<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Química Aplicada, Departamento de Biociencias y Agrotecnología.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Ciencias Básicas.

\*Autor para correspondencia: mona.kassem@ciqa.edu.mx.

### RESUMEN

El virus rugoso de tomate (ToBRFV) pertenece al género Tobamovirus, es uno de los virus de mayor importancia en cultivos de tomate en el mundo. El primer reporte de ToBRFV en México fue en 2018. Este virus se caracteriza por su estabilidad fuera de la planta y por su efectiva transmisión a través de contacto mecánico de una planta a otra. La necesidad de un método de detección específico y confiable es esencial para monitorear la infección viral, lo que permitirá tomar las medidas adecuadas para su control. La técnica de RT-PCR tiene estas características y hoy en día es la más aplicada para identificar el ToBRFV en plantas infectadas. Sin embargo, a pesar de su fiabilidad y sensibilidad se considera una técnica costosa a gran escala. Es por ello que las técnicas moleculares de hibridación pueden ser una alternativa. Nuestro equipo de trabajo construyó una sonda marcada con digoxigenina complementaria a la región localizada entre los nucleótidos 5740 y 6200 del genoma viral. La eficiencia y sensibilidad de la técnica se analizaron en el extracto de ARN total y en el extracto crudo de plantas infectadas. Los resultados mostraron que este método de detección con la sonda generada por nuestro equipo puede ser empleado potencialmente en estudios con un gran número de muestras como prospecciones de terrenos y análisis semi-cuantitativo en pruebas experimentales.

**Palabras claves:** dot-blot, tissue print, detección quimioluminiscente.

## CARACTERÍSTICAS SEMINALES DEL ZÁNGANO EN ÉPOCA DE FLORACIÓN EN TRÓPICO

María Fernanda Hevia-Lara<sup>1</sup>, Álvaro Domínguez-Rebolledo<sup>2\*</sup>, Carlos Castellanos- Zacarías<sup>1</sup>, Jorge Vivas-Rodríguez<sup>2</sup>,  
Julio Ramón-Ugalde<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México campus Conkal. Avenida Tecnológico s/n Conkal, Yucatán CP. 97345.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias campo experimental Mocochoá. Antigua carretera Mérida-Motul km 24.5, Mocochoá, C.P. 97454

\*Autor para correspondencia: dominguez.alvaro@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El zángano alcanza la madurez sexual entre los 12 y 15 días después de emerger de su celda, pero éste, solo puede copular a partir de los 30 o 40 días de su vida adulta. Desarrollar técnicas que permitan adquirir un mayor conocimiento sobre su calidad seminal en época de floración, es de especial interés al momento de tomar decisiones reproductivas. Para tal fin, se realizaron diez mezclas diferentes de semen (pool) de zánganos, tomando la muestra de semen directamente del endófalo. Las muestras de semen se diluyeron en 5  $\mu\text{L}$  de semen y 95  $\mu\text{L}$  de PBS. Posteriormente, se dejó una alícuota de semen diluido (20  $\mu\text{L}$ ), para su evaluación en fresco. Las variables que se evaluaron fueron: motilidad y viabilidad espermática. La motilidad se evaluó usando una escala del 1 al 5. Por otra parte, la viabilidad se obtuvo mediante el porcentaje de vivos y muertos utilizando las tinciones de Sybr-14 (1 $\mu\text{L}$ ) y Yoduro de propidio (1 $\mu\text{L}$ ) en 100  $\mu\text{L}$  de semen diluido. Los resultados obtenidos muestran una viabilidad espermática del 70.2% promedio, mientras que la motilidad fue de 2.7 promedio. En este sentido, la época de floración en el trópico favorece la calidad espermática del zángano, y presupone una mejora cuantitativa y cualitativa respecto a la época de no floración, donde se reporta un 60 % de viabilidad espermática y una escala del 2 de promedio en la motilidad (Fisher et al., 2018. Entomol. 43:343-356). En conclusión, durante la época de floración en el trópico la motilidad y la viabilidad del esperma de zángano se encuentran dentro de los parámetros de calidad de semen establecidos.

**Palabras clave:** Abejas, Esperma, Motilidad, Viabilidad.

## EPIGENÉTICA PARA EL ESTUDIO DEL DESARROLLO DE LA TUNA

Guerrero-Garibay Sergio, Morales Alonso Sinue Isabel, Cruz-Hernández Andrés\*

Laboratorio de Biología Molecular, Escuela de agronomía. Universidad Lasalle Bajío. Av. Universidad 602, Col Campestre, León, Gto.

\*Autor para correspondencia: [acruz@lasallebajio.edu.mx](mailto:acruz@lasallebajio.edu.mx)

### RESUMEN

La tuna fruto del nopal, presenta una gran variabilidad fenotípica, lo que hace que sea atractiva para la comercialización. Sin embargo, este fruto presenta dos desventajas: el número y tamaño de sus semillas y la presencia de espinas, que han limitado su potencial como producto comercial. Identificar el origen genético de estas características para incorporarlas en un programa de mejoramiento. Como no existe un genoma del nopal tunero, el estudio de los microRNAs con una función como agentes reguladores puede abrir una luz para comprender procesos de desarrollo y maduración de la tuna. El Objetivo de este trabajo fue analizar la expresión diferencial de los miRNAs en el desarrollo de la tuna, con este fin se realizó un ensayo masivo de expresión de miRNAs usando tecnología de microarreglos y secuenciación masiva de RNAs (SRNA-seq) a partir de RNA total extraída de frutos de la morfoespecie de tunas Robusta. Se encontraron 43 miRNAs específicos y 26 blancos potenciales asociados al proceso de desarrollo de la tuna con funciones que incluyen desarrollo de órganos sexuales (miR156, miR160, miR398), inducción floral (miR172), producción de semilla (miR397), biosíntesis de antioxidantes (miR157, miR529, miR535, miR837) y modulación de la maduración vía asimilación de azufre (miR395). Se analizó la expresión de miR156, miR160 y miR397 para revisar su efecto en el desarrollo del fruto. Finalmente, se identificaron las redes de expresión asociadas al desarrollo y maduración de la tuna.

**Palabras clave:** Espinas, Maduración de frutos, *Opuntia*, semillas.

## ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE, NUTRIMENTOS Y PRESENCIA DE $\beta$ -GLUCANOS EN EXTRACTOS LÍQUIDOS DE HONGOS Y PLANTAS

José Enrique Oliverio Villaseñor Zetina <sup>1</sup>, Ma. Guadalupe González-Maldonado <sup>2</sup>, Karla Yuritzi Amador-Rodríguez <sup>2</sup>, José Guillermo Batista Ortíz <sup>3</sup>, Silvia Flores Benítez <sup>2</sup>, Luis Valera Montero <sup>2</sup>, Lizeth Rodríguez Gómez <sup>2</sup>, Héctor Silos-Espino <sup>2</sup>

<sup>1</sup>TecNM-Campus El Llano. Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales. Km 18, carr. Aguascalientes-San Luis Potosí, El Llano Ags., México. C.P. 20330.

<sup>2</sup>Nuevo milenio S. P. R. de R. L. Cuauhtémoc s/n, Tzitzio, Mich., México C. P. 61330.

<sup>3</sup>Carr. A Estación Rincón S/N, 20670 Pabellón de Arteaga, Aguascalientes.

\*Autor para correspondencia: hector.se@llano.tecnm.mx

### RESUMEN

En el presente trabajo se analizaron extractos (solos o combinados) de hongos y plantas utilizados en herbolaria tradicional, por experiencia de su productor. Sobresalieron los siguientes: en contenido de proteína, Matsutake (*Tricholoma matsutake*) con  $46.0 \pm 3.0$  (%), en porcentaje de lípidos Shiitake (*Lentinus edodes*) y Kawaratake (*Trametes versicolor*) con  $0.13 \pm 0.01$  (%); en carbohidratos, Shiitake con  $52.0 \pm 1.0$  (%), en fibra total el extracto combinado de cinco hongos Reishi (*Ganoderma lucidum*), Shiitake, Maitake (*Grifola frondosa*), Kawaratake y Matsutake fue de  $5.5 \pm 0.6$  %. El contenido de  $\beta$ -glucanos en ese mismo extracto fue de  $5.2 \pm 0.1$  mg/100 g. Se encontró una alta capacidad antioxidante en nueve de los diez extractos (lo que infiere tendencia benéfica), ya que fueron capaces de captar del 80 % al 90 % del radical DPPH, en concentraciones de 0.4 mg/mL a 2.0 mg/mL. Se obtuvo la Concentración Inhibitoria media (CI50) a partir de la ecuación generada por la regresión logarítmica en el gráfico de porcentaje de inhibición contra concentración de extracto del ensayo DPPH ( $R^2 = 0.98$ ), usando Trolox como control. El mejor valor de CI50 (0.2 mg/mL) lo presentaron el extracto Reishi, empleado por su actividad biológica antiinflamatoria y el extracto conteniendo Reishi, Tomillo, Saúco, Diente de león, Perejil, Romero y Cilantro, empleado en medicina tradicional para disminuir el ácido úrico; seguido de los extractos conteniendo Reishi, Pasiflora, Tila, Neem y Valeriana, usado como antiestrés y la combinación Shiitake, Matsutake, Cordyceps sinensis, Reishi, Maitake, Kawaratake, Uña de gato, Kalanchoe y Taray, empleado para estimular el sistema inmunológico. Los dos últimos extractos presentaron una CI50 de 0.3 mg/mL. El estudio de la composición química y funcional de hongos y plantas con actividades biológicas benéficas para la salud humana, es importante para fortalecer las bases de la herbolaria, coadyuvar en tratamientos contra patologías en las que se encuentra involucrada la generación de especies reactivas de oxígeno y explorar principios activos que podrían ser una alternativa en la formulación de fármacos.

**Palabras clave:** Herbolaria, Ganoderma, Kawaratake, Trolox, CI50.

## ANÁLISIS DE CRECIMIENTO, CONTENIDO DE °BRIX Y PH DE ESPECIES DE NOPAL (*Opuntia spp.*) EN EL LLANO AGUASCALIENTES

David Emmanuel Navarro Sánchez<sup>1</sup>, Silvia Flores Benítez<sup>1</sup>, Luis L. Valera Montero<sup>1</sup>, Catarino Perales Segovia<sup>1</sup>, Héctor Silos-Espino<sup>1\*</sup> y Clemente Gallegos Vázquez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TecNM-Campus El Llano. Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales. Km 18, carr. Aguascalientes-San Luis Potosí, El Llano Ags., México. C.P. 20330.

<sup>2</sup>Centro Regional Universitario Centro Norte de la Universidad Autónoma de Chapingo. Km 24.5, Carretera Zacatecas-Fresnillo. Morelos, Zacatecas. C.P. 98608.

\*Autor para correspondencia: [hector.se@llano.tecnm.mx](mailto:hector.se@llano.tecnm.mx)

### RESUMEN

Con la finalidad de promover el conocimiento y la conservación de las especies de nopal en México, en el Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes se estableció (mayo 2022) un banco de germoplasma de nopal proveniente del Depositario Nacional de Opuntia (SNICS) con ubicación en el CRUCEN (Universidad Autónoma de Chapingo). Se plantaron un total de 70 genotipos de ocho especies (en réplica) debidamente identificados y registrados para asegurar su aprovechamiento deseado (forraje, fruta o verdura). Para conocer la capacidad de adaptación, a los 12 meses se realizaron análisis de número y tamaño de cladodios de nueva formación, el contenido de oBrix, pH y por la situación anormal de carencia de lluvias, donde las temperaturas fueron altas y hubo precipitación por debajo del 5 mm siendo marzo y abril los meses más secos, los síntomas de menos a mayor afectación (considerando la observación de las nervaduras del cladodio). Las especies que mayor número de brotes presentaron fueron Camueza (*Opuntia megacantha*) y Rojo vigor (*O. albicarpa*). En el contenido de oBrix encontramos valores de 1 en Rojo Jalpa (*O. ficus-indica*), y hasta 3.3 oBrix en Tlaxcalcingo (*O. ficus-indica*), respectivamente. En el contenido pH encontramos una ligera variación de 4 para Blanca pepina (*O. albicarpa*) y hasta 5.53 en Rojo Pelón (*O. albicarpa*). En relación a nervaduras con menor protuberancia, es decir, los que podemos inferior que mostraron mejor adaptación, son: Blanca Pepina (*O. albicarpa*), Sangre de Toro (*O. megacantha*), CNF (*O. ficus-indica*), mientras que los más susceptibles son: Rojo Pelón (*O. ficus-indica*), Diabetes Zacatecas (*O. ficus-indica*) y Naranjona (*O. albicarpa*). Con lo anteriormente analizado nos permitirá identificar especies de nopal con mayor adaptación y alguna variable morfológica o fisicoquímica que pueda ser útil para mejoramiento genético posterior.

**Palabras clave:** Banco de germoplasma, genotipos, conservación, desarrollo.

## APLICACIÓN DE EXTRACTO DE ALGA MARINA (*Ascophyllum nodosum*) PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN INVERNADERO CON ACOLCHADO PLÁSTICO

Jordy Antonio García Trujillo<sup>1\*</sup>, Adrián Gómez González<sup>1</sup>, Eduwiges Javier García Herrera<sup>1</sup>, Gabriel Calzada Lara<sup>1</sup>,  
Mario Alejandro López Gutiérrez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Posgrado en Innovación en manejo de Recursos Naturales. Iturbide 73, Col. Centro, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, CP. 78600.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940, Ciudad Universitaria, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 20100 Aguascalientes, Ags.

\*Autor para correspondencia: jordyga75@gmail.com

### RESUMEN

El tomate es la hortaliza de mayor producción en México. Al producir esta hortaliza, se utilizan gran cantidad de agroquímicos para que se desarrolle de manera óptima. Desde hace años, se han incorporado al mercado los extractos de algas, que tienen como finalidad incrementar los rendimientos de los cultivos. Por lo tanto, en el presente trabajo se busca evaluar tres dosis de extracto del alga marina *Ascophyllum nodosum* identificadas como baja, media y alta ( $1 \text{ L ha}^{-1}$ ,  $2 \text{ L ha}^{-1}$  y  $3 \text{ L ha}^{-1}$ , respectivamente) complementadas con dosis de fertilización alta, media y baja en el mismo orden; así como dos colores de acolchado plástico (blanco y negro), comparado con una dosis de fertilización sin el uso del extracto del alga y sin la utilización de acolchado plástico (testigo sin acolchado), en la producción de tomate en invernadero con un sistema de fertirriego. El diseño experimental utilizado es un diseño en bloques al azar con un arreglo factorial  $4 \times 3$  con tres repeticiones. Para el análisis estadístico se aplicaron análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) y prueba de medias con el método de Tukey ( $p \geq 0.05$ ). La dosis testigo, a la que no se le aplicó el extracto de alga marina, presentó las plantas de tomate más altas. La dosis baja del extracto ( $1 \text{ L ha}^{-1}$ ) generó tallos más gruesos. Los Sólidos Solubles Totales en el jugo del tomate se incrementaron con la dosis media ( $2 \text{ L ha}^{-1}$ ) y alta ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ). La dosis baja con el acolchado blanco ( $101.14 \text{ ton ha}^{-1}$ ) y dosis media con acolchado negro ( $108.6 \text{ ton ha}^{-1}$ ) fueron las que dieron un mayor rendimiento. Se concluye que las dosis baja y media del extracto del alga tuvieron un efecto positivo la calidad del fruto de tomate y en el rendimiento. El efecto del acolchado plástico fue más notable en las variables vegetativas: altura, diámetro y peso seco de las plantas.

**Palabras clave:** jitomate, invernadero, bioestimulante, *A. nodosum*.

## IDENTIFICACIÓN DE CEPAS DE *Fusarium oxysporum* ASOCIADAS A PLANTAS DE TOMATE HEIRLOOM EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA

José Aurelio Leyva Ponce, Leandris Argentele, Martínez, Ofelda Peñuelas Rubio, Adriana Garnica Domínguez

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Ave. Tecnológico s/n, Block 611, Bácum, Sonora.

\*Autor para correspondencia: auleyva@hotmail.com

### RESUMEN

*Fusarium oxysporum* es un hongo fitopatógeno que se encuentra ampliamente en suelos y plantas afectando a una gran variedad de cultivos. Este hongo se manifiesta mediante marchitamiento, pudrición de raíces, tallos y frutos, provocando grandes pérdidas económicas para el sector agrario. Teniendo en cuenta la importancia de este hongo se realizó un estudio con el objetivo de aislar cepas patógenas del género *Fusarium* para su identificación a partir de muestras de tejido vegetal de plantas de tomate. Se realizó el aislamiento en plantas de tomate de las variedades comerciales heirloom: Super Choice y Brandy Pink, clasificadas como susceptibles a este patógeno, con sintomatologías típicas de casasombas de la empresa tomate "Agrícola FEVAL S.A de C.V.", con ubicación en Block 623, del municipio de San Ignacio Rio Muerto, Sonora, México. Dicho aislamiento se realizó aplicando la técnica de cultivos monospóricos. Se obtuvieron 11 cepas puras por medio de cultivos monospóricos, las cuales se caracterización macroscópicamente por la forma de crecimiento del micelio algodonoso, borde y el pigmento blanquecino-rosado en los primeros estados de desarrollo, tornándose de un color púrpura en el centro y de un tono más claro en el borde. Presuntivamente se obtuvieron cuatro cepas de *F. oxysporum* fsp. *lycopersici*, y siete cepas de *F. oxysporum* fsp. *radicis-lycopersici*, identificadas según su ubicación en el órgano de la planta. Estos resultados forman parte del primer Banco de microorganismos patógenos de cultivos orgánicos del Valle del Yaqui, Sonora, México para su futuro uso en estudios moleculares, y para el biocontrol con el uso de microorganismos antagonistas y/o extractos vegetales.

**Palabras clave:** Marchitez vascular del tomate, Fusariosis, *in vitro*, pudrición de la corona del tallo.

## DESHIDRATACIÓN OSMOSÓNICA DE REBANADAS DE MANGO (*Mangifera indica* L.) CON SACAROSA

Karen Melissa López Guerrero, Armando Carrillo López, José De Jesús Zazueta Morales, Carlos Iván Delgado Nieblas, Claudia Barraza Elenes\*

Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México.

\*Autor para correspondencia: [claudiabarraza@uas.edu.mx](mailto:claudiabarraza@uas.edu.mx).

### RESUMEN

El mango es de las frutas más importantes a nivel mundial por sus propiedades sensoriales y nutraceuticas características. Además de su consumo en fresco, se producen diferentes tipos de productos, como los deshidratados. La deshidratación osmótica se emplea mediante la inmersión continua en soluciones de agentes osmóticos, entre ellos la sacarosa, la cual tiene una gran capacidad osmodeshidratante. El uso de la tecnología de sonicación podría incorporarse para mantener las características nutricionales y sensoriales del alimento y al mismo tiempo obtener un proceso de deshidratación más eficiente. Para lograr este objetivo se recolectaron mangos de similar grado de maduración, se lavaron, pelaron y cortaron en rebanadas con un espesor de 0.4 cm, se preparó una solución de sacarosa a 60 °Brix. Un lote de rebanadas de mango se sumergió en la solución de sacarosa (deshidratación osmótica simple), mientras que otro lote se sumergió en la solución de sacarosa sometida a sonicación a una frecuencia de 40kHz y potencia de 110 W (deshidratación osmosónica), en ambos casos se realizaron retiros cada 60 minutos hasta llegar a 240 minutos y posteriormente cada 30 minutos hasta llegar a 360 minutos. Se realizaron cinéticas de transferencia de masa: pérdida de agua (WL) y ganancia de sólidos (SG), además se midió el encogimiento (EN). La deshidratación osmosónica incrementó significativamente la WL, SG y EN respecto a la deshidratación osmótica simple, con la excepción de la SG que se igualó en ambos casos a tiempos mayores de 270 minutos de tratamiento. Se concluye que la sonicación incrementó la capacidad de deshidratación osmótica de la sacarosa alcanzando la mayor pérdida de agua a los 180 minutos de proceso.

**Palabras claves:** Sonicación, Cinéticas de Transferencia de masa, Pérdida de agua, Ganancia de sólidos, Encogimiento.

## EFFECTOS DEL QUITOMAX® EN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA Y HORMONAL DEL CULTIVO DEL TOMATE EN CONDICIONES DE SALINIDAD

Leandris Argentel-Martínez<sup>1</sup>, Ofelda Peñuelas-Rubio<sup>1</sup>, Carlos Ávila-Amador<sup>2</sup>, Iram Mondaca Fernández<sup>3</sup>, Jorge González-Aguilera<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Ave. Tecnológico s/n, Block 611, CP. 85276. Bécum, Sonora.

<sup>2</sup>Universidad de Granma, Bayamo, Cuba.

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de febrero 818 sur, Col. Centro. CP 85000. Cd. Obregón, Sonora.

<sup>4</sup>Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Brasil.

\*Autor para correspondencia: oleinismora@gmail.com

### RESUMEN

El estrés por salinidad es uno de los factores abióticos que más limita la nutrición de las plantas y el desempeño bioquímico y fisiológico que regula el desarrollo. En la búsqueda de alternativas para su mitigación, además de la obtención de cultivares tolerantes se aplican productos bioactivos promotores y protectores del desarrollo. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la contribución bioquímica de QuitoMax® al metabolismo enzimático y hormonal del tomate en condiciones de salinidad. Se establecieron tres tratamientos: salino sin QuitoMax® (T1), no salino + QuitoMax® (T2) y salino + QuitoMax® (T3). Para el estudio se utilizaron como modelo experimental una variedad de tomate tolerante (Amalia) y una variedad susceptible (Claudia). Se determinó el índice de vegetación de diferencia normalizada como variable morfológica (NDVI), la actividad de las enzimas peroxidasa (POD), glutamino sintetasa (GS) y nitrato reductasa (NR). Además se determinaron las concentraciones de ácido giberélico y abscísico. Por efectos del QuitoMax® las plantas mantuvieron valores altos del NDVI (superior a 0.7) aún en la condición de salinidad (T3), junto con una disminución de la actividad de POD ( $54 \text{ UAE g}^{-1} \text{ MS min}^{-1}$ , respecto al tratamiento sin aplicación con  $180 \text{ UAE g}^{-1} \text{ MS min}^{-1}$ ) y GS ( $4 \mu\text{mol de GH h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}^{-1}$ ) y propició un aumento de la actividad NR de  $8 \mu\text{mol de NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ MF}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . El contenido de AG se mantuvo alto en la variedad tolerante ( $50 \text{ ng g MS}^{-1}$ ) y bajo en la variedad susceptible. Al cuantificar la concentración de ABA se encontró lo contrario ( $20 \text{ ng g MS}^{-1}$ ). El presente estudio demuestra la actividad protectora del QuitoMax® ante los efectos del estrés por salinidad en el cultivo del tomate tanto en variedades tolerantes como en susceptibles.

**Palabras clave:** *Solanum lycopersicum*, estrés salino, fitorreguladores, enzimas.

## EFFECTO DE LAS PROTEÍNAS DE LA MIEL DE ABEJAS SIN AGUIJÓN (*Melipona beecheii*) EN LA FORMACIÓN DE BIOFILM DE *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.

Luis Pool-Yam<sup>1</sup>, Jesús Ramón-Sierra<sup>2</sup>, Roberto Zamora-Bustillos<sup>1</sup>, Elizabeth Ortiz-Vázquez<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México campus Conkal. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Conkal, Yucatán, México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México campus Mérida. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Mérida, Yucatán, México.

\*Autor para correspondencia: [elizabeth.ov@merida.tecnm.mx](mailto:elizabeth.ov@merida.tecnm.mx)

### RESUMEN

*Pseudomonas aeruginosa* es un patógeno oportunista que puede crecer en diferentes superficies bióticas o abióticas, debido a su capacidad de formar biofilm, esto le permite adaptarse a los cambios de su entorno para desarrollar resistencia a los antibióticos. El biofilm es una comunidad bacteriana rodeada de una matriz difícil de erradicar, por lo que representa un problema en la salud humana y animal, ya que puede provocar enfermedades mortales. Una solución a este problema puede ser el uso de las proteínas obtenidas de la miel de *Melipona beecheii*, ya que pueden inhibir a este patógeno. En el presente trabajo se evaluó la actividad antibiofilm del extracto crudo proteico de la miel (ECP) y sus fracciones (F1-F5), además del efecto en la morfología y expresión génica del biofilm. En todas las muestras se evaluaron concentraciones de 0.7 a 4 µg/mL de proteína. El ECP se obtuvo por ultrafiltración y las fracciones por cromatografía de afinidad utilizando concanavalina A acoplado a sepharosa 4B. Para determinar la actividad antibiofilm se utilizó el método de microplacas y el de láminas de vidrio. El biofilm formado fue visualizado por microscopía electrónica de barrido y se analizaron los genes relacionados con la formación de biofilm por RT-qPCR usando el método de  $2^{-\Delta\Delta Ct}$ . El ECP y la fracción F1 inhibieron la formación del biofilm de *P. aeruginosa* por encima del 80 % a 4 y 1.3 µg/mL, respectivamente. Estas proteínas afectaron la estructura del biofilm, así como la expresión de los genes fleQ y fleR involucrados en la formación y regulación del biofilm de *P. aeruginosa*.

**Palabras clave:** actividad antibiofilm, patógeno, cromatografía.

## ESTABLECIMIENTO *in vitro* DE NOPAL A PARTIR DE SEMILLAS Y EXPLANTES

Ortíz Robles María Daniela, Silos Espino Héctor\*, Valera Montero Luis Lorenzo, Flores Benítez Silvia, Perales Segovia Catarino, Carlos Iván Cárdenas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km 18 Carretera Aguascalientes-San Luis Potosí.

<sup>2</sup>Centro Nacional de Recursos Genéticos. INIFAP, Tepatitlán de Morelos Jal.

\*Autor para correspondencia: hector.se@llano.tecnm.mx

### RESUMEN

El nopal es un recurso que tiene un alto potencial agrotecnológico, como elemento base para productos derivados, que se utilizan en la industria alimenticia (humana y animal), la farmacología y la medicina (Aguilar *et al.*, 2008). Por lo que es de gran importancia preservar estos ejemplares, y la manera más adecuada de hacerlo es a través del establecimiento de un banco de germoplasma, cuyo objetivo es la conservación de la biodiversidad a largo plazo; es decir, material vegetal vivo, reproducible, que trascienda en el tiempo y que sobreviva a eventos destructivos (CICY, 2021). En este proyecto se trabajó en el establecimiento de un banco de germoplasma de nopal *in vitro*. El cual, cuenta con más de 25 genotipos obtenidos a partir de semillas y explantes (cladodio) por ser los de mayor importancia económica según Gallegos, 2011. Para su establecimiento, se utilizó medio de cultivo MS básico Murashige y Skoog (MS 1962) complementado con dos reguladores de crecimiento a dos distintas concentraciones (BAP y ANA) (Akram Ghaffari, *et al.*, 2013). Se utilizó agar 7 g/l, pH 5.7 y se esterilizó a 121 °C por 20 min. Los métodos de desinfección para los explantes fueron dos, propuestos por Rodríguez-de la OJL, Ramírez- Pantoja PE, 2020. En el caso de las semillas únicamente se les realizó una incisión para posteriormente desinfectar con cloro (1 min) y alcohol (2 min) y enjuagar con agua destilada 1:1. De acuerdo a los resultados obtenidos, el mejor tratamiento para la desinfección del explante fue el primero (Tween 80, Ridomil, etanol 70 %, cloro 10 %, y agua oxigenada 15 %). Al igual que para el crecimiento y desarrollo de los explantes, el tratamiento que mostró mejores resultados fue la combinación (ANA y BAP) a una concentración de 5 mg/L. De esta manera el porcentaje de germinación de las semillas fue de un 90 %, y por otro lado los explantes (partes de cladodio) en especial del genotipo Matudae respondieron de manera favorable en la formación de callo a los 8 días de su establecimiento.

**Palabras clave:** Reguladores de crecimiento, agrotecnología, extinción, germoplasma.

## ***Bacillus subtilis* y *Trichoderma viride* PARA BIOCONTROL DE *Monilinia spp.* EN FRUTOS DE ZAPOTE NEGRO**

Alessandra Mendoza Castillo<sup>1</sup>, Luis Lorenzo Valera Montero<sup>1\*</sup>, Emigdio De la Cruz De la Cruz<sup>2</sup>, Mayrely Hernández Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. División de Estudios de Posgrado e Investigación. El Llano, Aguascalientes, México.

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, Huejutla de Reyes, Hidalgo.

\*Autor para correspondencia: [luis.vm@llano.tecnm.mx](mailto:luis.vm@llano.tecnm.mx)

### **RESUMEN**

El cultivo de zapote negro (*Diospyros spp.*), se ve afectado por una enfermedad fúngica producida por *Monilinia spp.* Este fitopatógeno es un factor que limita el rendimiento, debido a que ataca en la etapa de floración y maduración de frutos, produciendo pérdidas mayores al 70%. Por lo anterior, el objetivo de este proyecto fue evaluar *in vitro* el efecto antagonista de dos microorganismos: *Bacillus subtilis* y *Trichoderma viride* contra *Monilinia spp.*, en frutos de zapote negro. Para esto, se realizaron confrontaciones en PDA (medio papa-dextrosa-agar) en caja Petri colocando en un extremo al patógeno y en el otro el antagonista, evaluando el porcentaje de control sobre el patógeno y midiendo el halo de inhibición generado ya sea por *B.subtilis* o *T. viridae*. En la prueba con frutos, se inocularon primero los antagonistas bacteria y hongo, seguidos por el patógeno, evaluando la tasa de inhibición después de la inoculación con el patógeno. Los resultados en la prueba *in vitro* demostraron que *Bacillus subtilis* registró una tasa de inhibición del 56% y un halo de inhibición de 6 cm y *Trichoderma viride* registró una tasa de inhibición del 80% y un halo de inhibición de 2 cm. En frutos inoculados con *Bacillus subtilis* se registró una tasa de inhibición del 66%. En conclusión, *Trichoderma viride* fue más eficiente para el control de *Monilinia spp.*

**Palabras claves:** *Monilinia spp.*, *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viridae*, *Diospyros spp.*, *in vitro*.

## CARACTERIZACIÓN MACROSCÓPICA DE HONGOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE PEPINO VAR. ESPADA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA

Ofelda Peñuelas-Rubio\*, Leandris Argente-Martínez, Julio César García-Urias, Anani Flores- Huitrón

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Ave. Tecnológico s/n, Block 611, Bácum, Sonora.

\*Autor para correspondencia: [openuelas.rubio@itvy.edu.mx](mailto:openuelas.rubio@itvy.edu.mx)

### RESUMEN

La producción de pepino es de relevancia productiva y económica a nivel nacional e internacional. Sin embargo, este sistema de producción implica el uso de altas dosis de insumos agrícolas, como fertilizantes, plaguicidas y fungicidas, lo cual es limitado por la normatividad orgánica. La biodiversidad fúngica que es detectada en ambientes de agricultura orgánica es de suma importancia, ya que el reconocimiento y aislamiento de estos microorganismos podrían reemplazar el empleo de pesticidas y agroquímicos, así como brindar conocimiento sobre el manejo de enfermedades producidas por éstos. Por lo anterior, el objetivo fue identificar la diversidad fúngica del cultivo de pepino var. Espada en un sistema de producción orgánico mediante técnicas microbiológicas para el establecimiento de un banco de hongos. El muestreo de suelo y material vegetal se realizó en invernaderos de la Agrícola FEVAL S.A. de C.V. (San Ignacio Muerto, Sonora). Se muestrearon tres naves aleatoriamente (mismas condiciones) y se tomaron: seis muestras de suelo rizosférico y seis de plantas que presentaban algún síntoma de enfermedad causada por microorganismos. Se realizaron diluciones para siembra en placa Petri con agar dextrosa de papa acidificado. Se consideró la forma, elevación y margen de las colonias para su identificación. Se obtuvieron 91 aislados distribuidos entre material vegetal y rizósfera y 11 morfotipos representados por cepas de los géneros *Fusarium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Metarhizium*, *Penicillium*, *Colletotrichum*, *Lecanicillium*, *Phytophthora*, *Rizhoctonia* y *Phytium*. El género predominante en el tejido vegetal de los tres sitios de muestreo fue *Fusarium* sp. El presente estudio permitió la identificación de hongos asociados al cultivo de pepino y constituye el primer reporte sobre la microbiota de naturaleza fúngica en el cultivo orgánico del pepino en el Noroeste de México.

**Palabras clave:** *Cucumis sativus*, hongos benéficos, hongos fitopatógenos, diversidad fúngica.

## DESARROLLO Y EVALUACION DE UN FERTILIZANTE DE POTASIO A BASE DE ZEOLITA EN HIDROPONIA

Amador C. O<sup>1</sup>, Segura C. M.A.<sup>1</sup>, Gómez L., J. F<sup>1</sup>, Flores M., H. <sup>1</sup>; Silos E., H<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Tlajomulco.

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes.

### RESUMEN

La utilización de nanomateriales para fertilizar los cultivos puede lograr el incremento de los rendimientos; ya que, la utilización de fertilizantes de tamaño nanométrico, permite aumentar la eficiencia de asimilación de nutrientes. Un material mineral que puede llevarse a estos tamaños es la zeolita, material poroso que tienen la capacidad de adsorber dentro de ellos nutrientes y liberarlos bajo condiciones de humedad en el suelo, por lo cual se consideran acarreadores naturales (Li, 2003). En esta investigación se realizó la formulación y evaluación de nanofertilizante a base de zeolita clinoptilolita activada (Charkhi et al., 2010; Ola, 2013). Posteriormente, esta zeolita se sometió a impregnación con una solución de carboxilato de potasio (CK) al 10%, mediante dos formas de impregnación, una durante siete días y otra por ultrasonido por 60 min a 45 watts, con el fin de aumentar la proporción de potasio (K<sup>+</sup>) en el material. Además, se evaluó la solución coloidal, sobrante de la solución que se utilizó durante la impregnación de las zeolitas, la cual se llevó a centrifugación (5000 rpm) y se filtró; la solución resultante, se observó en un ensayo para la producción de lechuga con el método Kratky en un invernadero. En este ensayo se propusieron dos factores de la solución, por un lado, la conductividad eléctrica (CE) con tres niveles (1, 1.5 y 2.5 dS m<sup>-1</sup>) y, por otra parte, la concentración de CK (25, 50 y 75 mg L<sup>-1</sup>), con nueve tratamientos y cuatro réplicas, dando un total de 36 unidades experimentales. Los resultados mostraron que la concentración de K<sup>+</sup> intercambiable en las nanopartículas de zeolita activadas (en polvo) fue de 4400 mg kg<sup>-1</sup> pm; mientras que en las zeolitas que se sometieron a ultrasonido se tuvo una concentración de potasio de 44,400 ppm; es decir, resultó en un incremento de más del 1000%. Asimismo, se encontró que el sodio disminuyó un 56 % en la zeolita activada; no obstante, este resultado fue menor que el obtenido en la zeolita con ultrasonido (71 %). El contenido de clorofila y potasio en lechuga fueron diferentes entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ), siendo mayores los que se obtuvo 25 mg L<sup>-1</sup> de CK con CE de 2 dS m<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** fertilizante, hidroponía, zeolita.

## RESPUESTA MORFOLÓGICA, QUÍMICA Y CONTENIDO DE MUCÍLAGO EN NOPAL (*Opuntia spp.*) ADIFERENTES INTERVALOS DE RIEGO

Yves David, Silvia Flores Benítez<sup>1</sup>, Luis L. Valera Montero<sup>1</sup>, Silvia Flores Benítez, y Héctor Silos-Espino<sup>2\*</sup>

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km. 18 carretera a San Luis Potosí, El Llano Ags., México. C.P. 20330.

### RESUMEN

El recurso hídrico juega un papel importante sobre la fauna, sin embargo, en nopal se han realizado pocas investigaciones para determinar las modificaciones producidas por estrés de agua. El objetivo de este trabajo fue conocer el efecto del estrés por déficit hídrico sobre algunas características morfológicas, químicas y producción de mucílago de cuatro especies de nopal: *O. joconostle*, *O. chaveño*, *O. robusta* y *O. matudae*, en condiciones de invernadero. Se realizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos por especie y cinco repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue una maceta de 10 kg con un cladodio único. Las frecuencias de riego fueron un litro de agua por planta cada dos, cuatro, seis, ocho y diez semanas. En el riego con intervalo de diez semanas, *O. joconostle* tuvo el mayor número de brotes ( $3.0 \pm 1.55$  cm). *O. chaveño* presentó los brotes de mayor longitud ( $3.3 \pm 6.6$  cm), anchura ( $1.76 \pm 3.52$  cm) y grosor ( $0.07 \pm 0.15$  cm), mientras que en *O. matudae* y *O. joconostle* no se observaron brotes. En *O. chaveño*, a intervalos de riego de cuatro semanas, disminuyeron los porcentajes de proteína cruda (10.52 a 6.92 %), fibra cruda (16.47 a 16.03 %), grasa cruda (15.08 a 1.22 %) y cenizas (27.47 a 20.01 %), mientras que el extracto libre de nitrógeno aumentó (30.46 a 55.82 %), en comparación con intervalos de riego de dos semanas, en cladodios de siete meses de edad; en *O. robusta* la proteína aumentó de 3.76 a 5.97 % bajo las mismas condiciones. *O. chaveño* produjo mayor cantidad de mucílago en los intervalos de riego dos, cuatro, seis y ocho semanas ( $46.5 \pm 1.5$ ,  $37.0 \pm 1.0$ ,  $34.0 \pm 1.0$  y  $19.0 \pm 1.0$  ml/100g, respectivamente). La especie *O. chaveño* mostró mayor tolerancia al déficit hídrico y potencial agroalimentario bajo condiciones controladas.

**Palabras clave:** *O. chaveño*, estrés hídrico, composición química, mucílago, nopal en invernadero.

## REPELENCIA Y EFECTOS INSECTISTÁTICOS DE DOS EXTRACTOS BOTÁNICOS COMERCIALES EN *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

### [REPELLENCY AND INSECTISTATIC EFFECTS OF TWO COMMERCIAL BOTANICAL EXTRACTS ON *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)]

Eduardo Paniagua Jasso<sup>1</sup>, Ana M. Martínez Castillo<sup>1</sup>, Andrés Cruz Hernández<sup>2</sup>, Abraham Agustín Arellano Perusquía<sup>2</sup> y Sinue I. Morales Alonso<sup>2S</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, km 9.5 carretera Morelia-Zinapécuaro, Tarímbaro, Michoacán, México. <sup>2</sup>Escuela de Agronomía, Universidad La Salle Bajío, Av. Universidad 602, Col. Lomas del Campestre, C.P. 37150, León, Guanajuato, México.

Autor para correspondencia: [smorales@lasallebajio.edu.mx](mailto:smorales@lasallebajio.edu.mx)

*Spodoptera frugiperda*, plaga primaria en maíz, para su control, se han generado estrategias culturales, biológicas, etológicas, genéticas y químicas. Sin embargo, es necesario seguir evaluando opciones de origen natural, como son los extractos vegetales. El objetivo fue, evaluar el efecto repelente por dos extractos vegetales en la oviposición de *S. frugiperda* sobre maíz, así como, los días de desarrollo y sobrevivencia hasta L<sub>2</sub> de la generación F<sub>1</sub>. Se utilizó la concentración mínima (CMin) y máxima (CMax) del producto Arturus® (60%; extracto de neem + aceite esencial de canela y naranja), Fenoxon® (55% extracto de neem + 15% extracto de canela) y testigo (agua + tween al 0.01%). Las aplicaciones de los productos fueron por aspersion en plantas de maíz (V4), después de 2 h, las plantas fueron tapadas con manta de cielo y se liberó una pareja de *S. frugiperda* ( $\leq 3$  d) por 72h. La oviposición fue menor en las plantas que fueron tratadas con la CMin de Arturus® (3.4 ovipostura/planta) y CMax (2.8 ovipostura/planta) de Fenoxon® comparado con el testigo (12.2 ovipostura/planta), así como el número de huevos por ovipostura (344.7 y 179.3 respectivamente vs 681.4 en el testigo). En la F<sub>1</sub> de *S. frugiperda*, los días de desarrollo solo fue disminuida en larvas L<sub>1</sub> por la CMin de Arturus® (3.37 días vs 4.11 del testigo) y la sobrevivencia no se vio afectada por ninguno de los tratamientos evaluados. Se presentó un efecto repelente hacia los adultos de *S. frugiperda* por los extractos, sin embargo, una vez que emergen las larvas, estos insecticidas no tienen ningún efecto insectistático significativo en su desarrollo y sobrevivencia.

**Palabras Clave:** Ovipostura, Gusano cogollero, Sobrevivencia, Desarrollo de larva.

## EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ADN PARA EL ZAPOTE NEGRO (*Diospyros nigra*)

### [EVALUATION OF DNA EXTRACTION METHODS FOR THE ZAPOTE NEGRO (*Diospyros nigra*)]

Mayrely Hernández Hernández<sup>1S</sup>, Gabriel Juvicel Juárez Cortez<sup>1</sup>, Luis Lorenzo Valera Montero<sup>1</sup>, Emigdio De la Cruz De la Cruz<sup>2</sup>, Silvia Flores Benítez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. División de estudios de Posgrado e Investigación. El Llano, Aguascalientes, México.

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, Huejutla de Reyes, Hidalgo. Autor de correspondencia: [m22900247@llano.tecnm.mx](mailto:m22900247@llano.tecnm.mx)

### RESUMEN

El zapote negro (*Diospyros nigra*) presenta una gran variabilidad morfológica, así como diversos usos, beneficios y/o subutilizaciones para el área agrícola, pecuaria, ambiental y socioeconómica, pero es una planta poco conocida y aprovechada, lo cual ha provocado la disminución de poblaciones de la especie en la región Huasteca, por lo tanto es importante para su aprovechamiento y conservación, conocer la filogenia de la especie y determinar la relación existente entre poblaciones de diversas zonas geográficas, mediante el uso de técnicas moleculares. El trabajo se realizó en dos etapas, las cuales consistieron en recorridos en varios municipios de la región Huasteca Hidalguense, Veracruzana y Potosina, en los cuales se tomaron datos de georreferenciación y muestras vegetales conservadas en alcohol etílico al 70%, de 67 especímenes muestreados; la segunda etapa se realizó en el laboratorio de biotecnología aplicada del Instituto Tecnológico el Llano, Aguascalientes, se identificaron y evaluaron tres protocolos para la extracción de ADN a partir de hojas: Müller et al. (1998), Muñoz (2012) y Alejos et al. (2014) y se realizaron pruebas de los primers Actina R1 y Actina F1, mediante Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR). Con base en los resultados obtenidos se determinó que el método desarrollado por Alejos et al, 2014 fue el más adecuado y que mejor calidad de ADN presentó para la especie vegetal, por lo tanto, se concluyó con la estandarización de una metodología de extracción de ADN adecuada para zapote negro. Palabras clave: Actina R1 y F1, PCR, variabilidad morfológica, evaluación.

## INTERNET DE LAS COSAS



## SISTEMA HIDROPÓNICO SOSTENIBLE CON GENERACIÓN DE ENERGÍA

Vázquez Gutiérrez Marco A.<sup>1</sup>, Sathish Kumar Kamaraj\*<sup>2</sup>, De Velasco-Reyes Isabel<sup>1</sup>, Saucedo Diaz Jonathan<sup>1</sup>, Victor A. Maldonado Ruelas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de Méxco. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira (IPN-CICATA, Altamira).

<sup>3</sup>Universidad Politecnica de Aguascalientes (UPA).

\*Autor para correspondencia: sathish.bot@gmail.com

### RESUMEN

Hoy en día existen una gran cantidad de dispositivos electrónicos que interactúan con nosotros en nuestra vida diaria y la necesidad de comunicarnos con ellos, de compartir información y realizar funciones a distancia mediante el uso de internet es cada vez mayor. Para lograr estas conexiones, es necesario el uso de interfaces entre los diferentes dispositivos y el mundo del internet. Por lo que esta investigación nos llevara a trabajar con un módulo Wifi ESP8266, ideal para aplicaciones de internet de las cosas (IOT), enfocado en el internet de las cosas. Se implemento un dispositivo electrónico utilizando sensores y tecnología de comunicación con el fin de contribuir a la obtención de datos para la generación de energía eléctrica y la producción de cultivos hidropónicos. Se instalaron celdas microbianas (bio-baterías) para monitorear la cantidad de energía que se pueda generar para posteriormente con esta misma energizar los dispositivos electrónicos y sensores para el monitoreo y sensorización del cultivo y lograr un a autonomía energética. El monitoreo de factores ambientales en los diferentes tipos de cultivos para la agricultura protegida como lo son los invernaderos y en este caso los sistemas de producción hidropónicos son importantes para su posterior reproducción para saber que valores ambientales son los ideales para diferentes tipos de cultivo, trabajar con la información en tiempo real es primordial para la toma de decisiones, así como para el monitoreo de los diversos factores. El software del dispositivo logro el objetivo de enviar la información obtenida de los sensores de humedad y temperatura ambientales a la nube durante cierto periodo de tiempo, se incorpora la funcionalidad de un algoritmo para activar y desactivar la bomba de agua que provee la recirculación del agua, logrando tener un sistema automatizado en diferentes aspectos.

**Palabras clave:** hidroponía, internet de las cosas, energía limpia.

## SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES APLICADO A CULTIVOS DE NOPAL UTILIZANDO INTERNET DE LAS COSAS

Mauricio Ramos Dávila, José de Jesús Campos Torres \*, Ignacio Mejía Haro

TecNM/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes/Departamento de Sistemas y computación.  
Km. 18 Carretera Ags-S.L.P., El Llano Aguascalientes, C.P. 20330

\*Autor para correspondencia: jose.ct@llano.tecnm.mx

### RESUMEN

Hoy en día se evidencia un fuerte crecimiento de la automatización de las labores agrícolas atendiendo a la evolución tecnológica y a la expansión poblacional del planeta, con base en lo anterior el presente proyecto consistió en la implementación de un Sistema de Monitoreo que se basa en una red de sensores inalámbricos y con tecnología basada en Internet de las Cosas (IoT) que permite llevar a cabo la medición de las condiciones ambientales (temperatura - humedad ambiental y humedad de suelo) en la producción de nopal en un ambiente controlado (invernadero) para lo cual se seleccionaron cuatro especies: *Opuntia robusta*, *Opuntia joconostle*, *Opuntia matudae* y *Opuntia chaveo*, y a partir de los datos generados por los sensores abre la posibilidad de coadyuvar en diversos estudios que permitan conocer el efecto por el estrés hídrico sobre la producción de nopal en ambientes controlados, como resultado del presente proyecto se cuenta con una base de datos con 105,840 registros y con una App la cual permite conocer las condiciones ambientales por medio del envío de los datos de manera inalámbrica a una plataforma virtual y conocer mediante gráficas así como estadísticas el distinto comportamiento de cada una de las especies mencionadas en tiempo real. Finalmente se logra la implementación de una red de sensores de bajo costo y la generación de un ecosistema que permite y facilita el monitoreo de las condiciones ambientales de las especies antes mencionadas con el apoyo del Internet de las Cosas.

**Palabras clave:** Internet de las Cosas, Agricultura 4.0, Sensores.

## ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO EN PERIODO NOCTURNO DE UN INVERNADERO CON CULTIVO DE TOMATE EN EL NORESTE DE MÉXICO USANDO CFD

Costantin Alberto Hernández Bocanegra, Cruz Ernesto Aguilar Rodríguez, José Ángel Ramos Banderas, José de Jesús Muñoz Ramos, Mirka Maily Acevedo Romero

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia. Camino de la Arboleda S/N, Residencial San José de la Huerta, Tenencia Morelos. Morelia, Mich.

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de los Reyes. Los Reyes de Salgado, Michoacán.

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Guadiana. Carretera a México km 22 Villa Montemorelos, Dgo.

### RESUMEN

El clima nocturno en un invernadero influye en los procesos de floración y fructificación del cultivo de tomate. En la presente investigación se muestra el estudio del comportamiento de las temperaturas y humedad relativa en horario nocturno en un invernadero tipo gótico localizado en la zona noreste de México. La construcción consta de una sola nave con cultivo en etapa productiva. La ventilación es de tipo natural, a través de ventanas laterales y cenital que cuentan con malla anti insectos. Se llevó a cabo la simulación en 3D y las condiciones de contorno se obtuvieron mediante datos experimentales. Se compararon diferentes combinaciones de apertura de ventanas y totalmente cerrado. Los resultados muestran que, debido a la ausencia de viento, el movimiento del aire dentro del microclima se origina debido a la diferencia de presiones. El flujo de temperatura se realiza en forma ascendente debido a la energía que proviene del suelo, por lo que las mayores temperaturas se concentran en la parte baja y las menores en la parte alta del invernadero, producto del contacto de las paredes con el aire al exterior que presenta temperaturas menores. La humedad relativa, se acumula en las partes altas de la estructura, sin embargo, bajo las condiciones estudiadas no se observa riesgo de condensación. Se observa también que los periodos y ciclos de cultivo favoreciendo los meses junio a agosto.

**Palabras clave:** Fluidodinámica computacional, simulación matemática, agricultura protegida.

## MONITOREO DE VARIABLES ECO FISIOLÓGICAS EN HIGO (*Ficus carica* L.) 'BLACK MISSION' SOMETIDO A ESTRÉS SALINO CONTROLADO MEDIANTE DIVISIÓN RADICULAR

Oussama Mounzer, José Guadalupe Altamirano Pacheco, Grecia Daniela Ortiz Hernández, Francisco Marcelo Lara Vivero

Centro de investigación en Química aplicada. Departamento de Biociencias y Agrotecnología.

\*Autor para correspondencia: Oussama.mounzer@ciqa.edu.mx.

### RESUMEN

La mejora de la productividad del agua, requiere de un seguimiento continuo de variables eco fisiológicas para ajustar los riegos a las necesidades hídricas de la planta en función de los requerimientos de producción. Para mejor comprender la dinámica de absorción de agua por las raíces, se planteó el objetivo de estudiar los términos del balance hídrico en planta de higo cuyo sistema radicular fue dividido en dos compartimentos y expuesto a dos diferentes niveles de conductividad eléctrica en la solución nutritiva. Los resultados obtenidos mostraron que la contribución de la absorción radicular a la evapotranspiración de la planta fue mayor desde las raíces expuestas a CE baja sin que la planta deje de cubrir sus necesidades nutricionales desde las raíces expuestas a CE alta. Los tratamientos aplicados impactaron ligeramente las variables de crecimiento vegetativo, las variaciones micromorfométricas del tronco, el número total de frutos y su velocidad de desarrollo sin generar una mejora significativa en la productividad del agua de riego.

**Palabras claves:** Máxima contracción diaria, solución nutritiva, potencial hídrico del tallo, balance hídrico.

## PROTOTIPO IOT DE BAJO CONSUMO ELÉCTRICO Y DE LARGO ALCANCE PARA EL MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES DE UNA COLMENA DE ABEJAS (*Apis mellifera*), ASOCIADAS A LA PRESENCIA DEL PARÁSITO VARROA DESTRUCTOR

José de Jesús Campos Torres, Mauricio Ramos Dávila \*, Juan Alejandro Montañez de la Torre, María Teresa Ibarra Rodríguez, Ana Miriam Martínez Navarro.

TecNM/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes/Departamento de Sistemas y computación. Km. 18 Carretera Ags-S.L.P., El Llano Aguascalientes, C.P. 20330

\*Autor para correspondencia: [mauricio.rd@llano.tecnm.mx](mailto:mauricio.rd@llano.tecnm.mx).

### RESUMEN

La población de abejas en todo el mundo ha disminuido un 90%, lo que ocasionó que estén dentro de la lista de animales en peligro de extinción [1]. Por lo anterior, se crea e implementa un nodo IoT (Internet of Things) de bajo consumo eléctrico para una colmena experimental, el cual permite monitorear a distancia las condiciones ambientales de la misma. Lo anterior con la finalidad de recolectar datos asociados a la presencia del parásito Varroa destructor. Como resultados se logra: 1. Contar con un nodo IoT con conectividad LoRaWAN que envía datos de humedad relativa, temperatura y CO2 provenientes de la colmena hacia a un Gateway con soporte multi protocolo, 2. Se logran niveles de intensidad de la señal (RSSI) que exceden lo necesario para llegar al área apícola del ITEL, entre -90 y -110dBm para el enlace entre el Gateway IoT y el nodo ubicado en la colmena, utilizando factor de dispersión 7, 3. Se genera un dashboard para el monitoreo visual de las variables ambientales señaladas, 4. Se generan datos desde el nodo de prueba con redireccionamiento del Gateway a la nube publica para su almacenamiento posterior en la nube privada, lo que permite su procesamiento y explotación. Se concluye que las características del prototipo desarrollado referentes a la generación de datos, conectividad, estabilidad de la señal y eficiencia energética (15 días estimados antes de requerir rotación de batería), lo convierten en una herramienta tecnológica que mediante la aplicación de Internet de las Cosas coadyuva en los esfuerzos orientados a la protección de las abejas *Apis Mellífera*, la detección del parásito Varroa destructor y la apicultura en general, posibilitando realizar un análisis de los datos que brinde un soporte para la toma de decisiones informadas por parte del apicultor para mantener la salud de la colmena.

**Palabras clave:** LPWAN, Apicultura de precisión, LoRaWAN, monitoreo.

## AGRONEGOCIOS



## PRODUCCIÓN Y COMERCIO DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) DE UNA AGROEMPRESA OAXAQUEÑA: ESTUDIO DE CASO

Marisol Vázquez Alfaro<sup>1</sup>, Vilma Lizbeth Altamirano Cruz<sup>2</sup>, Rolando Santiago Caballero<sup>2</sup>, Salomé López González<sup>2</sup> y Pedro Cisneros Saguilán<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, Carretera Acapulco-Pinotepa Nacional km 197, Cuajinicuilapa, Guerrero.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico de Pinotepa, Av. Tecnológico No. 1155, Primera Sección, Col. La Soledad, Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca.

\* Autor para correspondencia: pedro.cs@pinotepa.tecnm.mx

### RESUMEN

En el año 2022, México produjo 1.2 millones de toneladas de sandía (*Citrullus lanatus*), con un valor de la producción de 5,364.7 millones de pesos. Actualmente, el estado de Oaxaca ocupa el 7o lugar en la producción de este fruto (53,258.3 t) y es la entidad con mayor número de distritos productores. El objetivo de la investigación fue realizar un análisis socioeconómico de la producción y comercialización de sandía en una agroempresa de la región costa de Oaxaca. La agroempresa se localiza en Río Grande, Villa de Tututepec, Oaxaca (15°59'25" N y 97°25'22.3" O). Para realizar el análisis socioeconómico se utilizaron las metodologías de presupuestos por actividad y la de Unidades Representativas de Producción. El costo de producción de 1.0 ha sandía ascendió a \$ 131,258.7 y los conceptos más representativos fueron la fertilización (26%) y la mano de obra (17%), esta última incluyó a hombres y mujeres de la región. La relación beneficio-costos de la producción fue de 1.3, con un punto de equilibrio de 380.0 t. En este ciclo la agroempresa exportó 490.6 t de producto fresco a los Estados Unidos, que representa más del 70% de sus ingresos, y el resto fue comercio nacional. Pese a sus pocos años de formación, esta organización se ha consolidado gracias a la habilidad de sus representantes para la creación y fortalecimiento de relaciones comerciales y su capacidad productiva; sin embargo, dada la vulnerabilidad del cultivo y del mercado, se recomienda diversificar su producción con otros cultivos y ampliar sus relaciones con instituciones financieras gubernamentales, principalmente.

**Palabras clave:** Rentabilidad, Costos de producción, Exportación.

## COMPOSICIÓN DE MINERALES DE LOS DIFERENTES ÓRGANOS DE LAS PLANTAS DE CHÍCHARO VERDE Y EJOTE PARA SU USO EN LA INDUSTRIA 4.0

Selena del Rocío Martínez-Betancourt <sup>1\*</sup>, Erich Dietmar Rössel-Kipping <sup>1</sup>; Laura Araceli, López- Martínez <sup>2</sup>; Gerardo Loera-Alvarado <sup>1</sup>; Víctor Manuel, Ruiz-Vera <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados. Programa innovación en manejo de recursos naturales, Iturbide 73, Salinas de Hgo., S.L.P. 78600.Mexico.

<sup>2</sup>Coordinación Académica Región Altiplano Oeste de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Carretera Salinas-Santo Domingo 200, Salinas de Hidalgo, S.L.P., 78600. México.

\*Autor para correspondencia: [martinez.selena@colpos.mx](mailto:martinez.selena@colpos.mx)

### RESUMEN

Existen pocos reportes del contenido mineral de los diferentes órganos de las plantas tradicionalmente no utilizados y el problema es complicado aún más por la falta de datos y conocimiento del contenido químico para los diferentes procesamientos en la industria, por lo que surge la necesidad de adaptar nuevas tecnologías para el aprovechamiento y revalorización de toda la materia orgánica agrícola sin generar residuos en la elaboración de alimentos y biomateriales. La determinación del contenido de minerales fue determinada por medio de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente. Los resultados mostraron las hojas representan una fracción importante de la materia seca en las plantas de chícharo y frijol ejotero (30- 40 % respectivamente) y son ricas en minerales (calcio (6.59 y 3.16 mg g<sup>-1</sup> respectivamente), magnesio (4.81y 2.39 mg g<sup>-1</sup> respectivamente), fósforo (4.82 y 4.66 mg g<sup>-1</sup> respectivamente), potasio (64.70 y 11.23 mg g<sup>-1</sup> respectivamente)), oligoelementos esenciales (manganeso (275.84 y 237.77 mg g<sup>-1</sup> respectivamente), hierro (653.51 y 437.14 mg g<sup>-1</sup> respectivamente), selenio (312.42 y 160.45 ng g<sup>-1</sup> respectivamente) y zinc (14.95 y 74.49 mg g<sup>-1</sup> respectivamente)), oligoelementos tóxicos (aluminio (806.33 y 708.52 mg g<sup>-1</sup> respectivamente), estroncio (263.47 y 118.06 mg g<sup>-1</sup> respectivamente), boro (69.00 y 10.40 mg g<sup>-1</sup> respectivamente), estaño (0 y 36.54 mg g<sup>-1</sup> respectivamente) y bario (43.52 y 15.53 mg g<sup>-1</sup> respectivamente)) y elementos tierras raras en alta concentración solo en las hojas del frijol ejotero (cerio (947.94 mg g<sup>-1</sup>), itrio(808.05 mg g<sup>-1</sup>), lantano (437.60 mg g<sup>-1</sup>) y neodimio( 440.31mg g<sup>-1</sup>)). Por ello los órganos de las plantas de chícharo y frijol ejotero representan una alternativa como materia prima en la elaboración de alimentos y biomateriales enriquecidos con minerales, oligoelementos esenciales, oligoelementos tóxicos y elementos tierras raras, ya que estos se acumulan y bioconcentran en estos órganos y estas plantas pueden utilizarse como indicadoras o como fitoextractoras para ser seleccionados como insumos en procesos de la industria 4.0, además de mejorar el reciclaje de la biomasa y optimizando la disponibilidad de los elementos bioquímicos.

**Palabras claves:** minerales; *Pisum sativum*; *Phaseolus vulgaris*.

## PROPUESTA PARA ELABORAR UNA BEBIDA A BASE DE XOCONOSTLE, MIEL DE ABEJA Y SEMILLAS DE GIRASOL

Regalado Bernal Sara Fabiola, Ibarra Pérez Misael, Camacho Macías Perla Estefanía\*

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km. 18 Carretera Ags.- S.L.P, El Llano Aguascalientes, C.P. 20330.

\*Autor para correspondencia: 20900067@llano.tecnm.mx

### RESUMEN

Se realizó una investigación en relación a los beneficios y aportaciones de alimentos, poco utilizados como el xoconostle, miel de abeja y semillas de girasol de las zonas semiáridas. Por lo anterior, en este trabajo se describe la elaboración de una bebida la cual pudiera tener un sabor agradable y además con propiedades benéficas al consumo. En su elaboración se utilizó el siguiente procedimiento: se consiguieron frutos de xoconostle en el mercado, la miel de abeja fue donada por el ITEL y la semilla de girasol se obtuvo en el mercado. Para elaborar la bebida se pelaron los frutos (500 g), se partieron en trozos, se licuaron con 250 ml de agua, se filtró hasta obtener un líquido ligeramente espeso, luego, de manera separada se molieron 50 gramos de semilla de girasol, se pasó al líquido y se mezcló con 70 gramos de miel. Para su conservación se le adicionó 0.1 gramos de benzoato de sodio y 1800 ml de agua para un volumen final de 2250 ml de la bebida. Al final del proceso, el líquido se colocó en botellas de cristal (365 ml) y se esterilizaron a 120 °C por 15 min. Una vez enfriado se le colocaron las etiquetas las cuales fueron diseñadas con marca DAPIBUS con el eslogan “energía que se bebe” y mencionando los ingredientes: xoconostle, semilla de girasol y miel de abeja. De acuerdo a nuestra percepción y a los componentes que contienen la bebida (365 ml), ésta tiene un sabor agrídulce agradable, es de color beige, es más homogénea que precipitable, puede tener unas 36.3 kcal, proteína y ácidos grasos de la semilla de girasol, específicamente el ácido graso linoleico (el mayor componente de la semilla). Con la bebida elaborada, se procederá a realizar pruebas de degustación, ensayos de venta y promoción para su posible venta.

**Palabras claves:** Nopal, proteína, emprendimiento.

## EXTRACCIÓN AUTOMÁTICA DE UN CONJUNTO DE DATOS PARA ANALIZAR LA VARIACIÓN DEL PRECIO DE LOS CÍTRICOS

Jimmy Josué Peña Koo, Orlando Adrián Chan May

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán. Ingeniería en Sistemas Computacionales.

\*Autor para correspondencia. [jpena@suryucatan.tecnm.mx](mailto:jpena@suryucatan.tecnm.mx)

### RESUMEN

El precio del limón y naranja dulce varía de acuerdo a diversos factores, afectando a productores y comerciantes del Sur del Estado de Yucatán. Con el propósito de obtener un conjunto de datos estructurado y validado, para procesar posteriormente y generar un modelo de predicción del precio de estos cítricos, se desarrolló la presente investigación no experimental, aplicando técnicas de web scraping para el recogido de datos a partir de diferentes portales web, y data wrangling para transformar, limpiar y enriquecer los datos para su análisis. Implementar estas técnicas programadas de forma automática, permitieron la reducción en la inversión de recursos para generar un conjunto de datos de diversas fuentes, con atributos relacionados para el estudio de la variación del precio de los cítricos.

**Palabras clave:** Cítricos, Data wrangling, XPath, Web scraping.

## EMPRESA E INNOVACION



## DESARROLLO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE CHILES SECOS AUTOMATIZADA

Gabriel Calzada-Lara<sup>1\*</sup>, Juan Carlos Reyes-Meléndez<sup>2</sup>, José de Jesús Ibarra-Saldaña<sup>2</sup>, César Arturo Huerta-Contreras<sup>2</sup>  
y Pascual Ortiz-Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Calle de Iturbide No. 73, San Agustín, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. C. P. 78622, Tel. +52 01 496 963 0240.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería. Manuel Nava #8, Zona Universitaria, San Luis Potosí, México.

\* Autor para correspondencia: calzada.gabriel@colpos.mx

### RESUMEN

Existe una gran cantidad de productores y distribuidores de chiles secos a lo largo y ancho del país (la gran mayoría se encuentran en las regiones centro-bajío y occidente; en los estados de San Luis Potosí, Guanajuato, Aguascalientes, Zacatecas y Jalisco). Sin embargo, son los pequeños productores los que carecen de tecnología y/o maquinaria en sus procesos tanto de secado como de empaclado. Estos pequeños productores empaclan sus productos de forma manual en cajas o en pacas, ocupando generalmente su peso corporal haciendo la función de una prensa. En este trabajo se propone el desarrollo de una máquina automatizada que realice la tarea de compactación de los chiles secos con el objetivo de beneficiar a dichos productores para que puedan mejorar y hacer más eficientes sus procesos de empaclado. Se pretende mejorar el tiempo de empaclado y lograr homogeneizar el tamaño y cantidad de producto para su posterior comercialización. Lo anterior se pretende lograr aplicando la metodología de Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger para el diseño y desarrollo de nuevos productos en ingeniería; la cual consta de seis fases a seguir para la correcta realización del proyecto. Como resultado, el desarrollo de este sistema de compactado de chiles busca brindar un trabajo decente y un crecimiento económico para el pequeño productor. Se pretende entonces aportar para el desarrollo de un crecimiento económico inclusivo y sostenido para impulsar el progreso, tratando de crear empleos decentes para todos y mejorar los estándares de vida (siguiendo los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU). Podemos hacer notar que la industrialización inclusiva y sostenible, junto con la innovación y el desarrollo de infraestructura, pueden dar rienda suelta a las fuerzas económicas dinámicas y competitivas que generan el empleo y los ingresos; éstas desempeñan un papel clave a la hora de introducir y promover nuevas tecnologías, facilitar el comercio internacional y permitir el uso eficiente de los recursos.

**Palabras clave:** electroneumática, diseño de máquinas, hardware-libre, procesamiento de alimentos, automatización.

## IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE INNOVACIÓN ALIMENTARIA EN EL CAMPO MEXICANO: ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE PULPA DE GUANÁBANA (*Annona muricata*)

Jimmy Ricardo Mier-Guerra<sup>\*</sup>, Jose Chi-Alcocer, Mixtli Astleik Ordoñez-López, Leydi Mishel Velázquez-Vidal, Sugely Sherlin Barragan-Perez

Tecnológico Nacional de México Campus Escárcega/Instituto Tecnológico Superior de Escárcega  
Calle 85 SN Colonia Unidad Esfuerzo y Trabajo 1, CP 24350 Escárcega, Campeche.

\*Autor para correspondencia: jmier@itsescarcega.edu.mx

### RESUMEN

Se llevó a cabo una investigación en el sector primario de la región sur del estado de Campeche adaptando la metodología de los Nodos Binacionales de Innovación (NoBI), la cual fue creada en conjunto por la National Science Foundation (EUA) y el Conacyt (México) y está enfocada en la generación de empresas de base tecnológica; en este trabajo la metodología se empleó con el objetivo de identificar necesidades de los productores que puedan subsanarse a partir de la innovación en algún eslabón de la cadena agroalimentaria regional. Se encontraron numerosas áreas de oportunidad en la cadena de valor, sin embargo, por su potencial se seleccionó la cadena de valor de la guanábana. La investigación determinó que existe las condiciones para el cultivo de la guanábana, por ejemplo, superficie de siembra disponible y el conocimiento técnico para ello, sin embargo, la principal problemática encontrada es que el segmento de clientes es reducido, por lo que el volumen de venta y, por lo tanto, el beneficio observado en las localidades vinculadas a las plantaciones es menor. En el caso de la fruta fresca comercializada, se identificó que el principal segmento de clientes era el de personas de edad media y adultos mayores, por lo que se concluyó que la mayor área de oportunidad radica en expandir el segmento de clientes, especialmente a personas de menor edad, es así que, se formuló y desarrolló un producto que apelará a este nuevo segmento de clientes. La innovación en cuestión, es una lámina (fruit leather) de pulpa de guanábana complementada con características propias de productos dirigidos a niños, adolescentes y jóvenes. En conclusión, se generó un producto con el potencial de incrementar la demanda de la fruta de guanábana en el Estado de Campeche.

**Palabras claves:** cadena de valor, nodo binacional, segmento de clientes, láminas de frutas (fruit leather).



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



ITEL



# CONGRESO INTERNACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES

AGRONEGOCIOS, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍAS PARA EL CAMPO

## Programa General

LUNES 13

9:00 AM - 9:30 AM

INAUGURACIÓN

Explanada Unidad Multifuncional de Talleres y Laboratorios

10:00 A.M. - 11:00 A.M.

Conferencia Magistral

**Dra. Elisabeth Huber-Sannwald**

"Navegando hacia la sostenibilidad en las zonas áridas mediante un manejo colaborativo y adaptativo del agua verde"

Profesora - Investigador IPICYT

11:10AM - 12:10PM

Foro "Avances de la tecnología y su impacto en la conservación y uso de los recursos naturales"

MARTES 14

15:00 PM

Cierre Cursos Precongreso

Auditorio Unidad Multifuncional de Talleres y Laboratorios

MIÉRCOLES 15

**Mesa Temática: Manejo de Recursos Naturales**

Anexo I Unidad Académica Departamental

9:00 AM - 10:00 AM

Conferencia Magistral

**Dra. Sol Ortiz García**

"Efectos del Cambio Climático: Suelo y Agua en la Producción de Alimentos"

Directora General de Políticas, Prospección y Cambio Climático

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

10:10 AM - 11:10 AM

Conferencia Magistral

**Dra. Nancy Yazmín Hernández Nicolás**

"Importancia y Manejo de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura"

Directora de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SNICS)

11:30 AM - 15:16 PM

Ponencias





**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



ITEL



# CONGRESO INTERNACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES

AGRONEGOCIOS, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍAS PARA EL CAMPO

## Programa General

MIÉRCOLES 15

*Mesa temática: Ciencias Pecuarias*

Anexo II Unidad Académica Departamental

**9:00 AM - 10:00 AM**

Conferencia Magistral

**Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula**

"Investigaciones en Fauna Silvestre y Ecoturismo"

Profesor Investigador Titular - Colegio de Postgraduados

**10:10 AM - 11:10 AM**

Conferencia Magistral

**Dr. José Herrera Camacho**

"Manejo Reproductivo Durante el Parto de la Vaca"

Presidente de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria (AMPA)

**11:30 AM - 14:54 PM**

Ponencias

JUEVES 16

*Mesa Temática: Agrobiotecnología*

Anexo I Unidad Académica Departamental

**9:00 AM - 10:00 AM**

Conferencia Magistral

**Dr. Octavio Paredes López**

"Valorización de Alimentos Mesoamericanos"

Académico - Investigador CINVESTAV-IPN Irapuato

**10:10 AM - 11:10 AM**

Conferencia Magistral

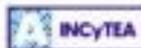
**Dr. Sergio Casas Flores**

"Mejoramiento de semillas de chile y tomate mediante la aplicación de formulaciones probióticas para aumentar el rendimiento de los cultivos"

Profesor- Investigador Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT)

**11:30 AM - 15:52 PM**

Ponencias





**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



**ITEL**



# CONGRESO INTERNACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES

AGRONEGOCIOS, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍAS PARA EL CAMPO

## Programa General

**JUEVES 16**

*Mesa Temática: Internet de las Cosas*

Anexo II Unidad Académica Departamental

**9:00 AM - 10:00 AM**

Conferencia Magistral

**Ing. Juan Carlos Feregrino y Benjamín Cervantes**

"La revolución de los datos y su aplicación en los Agronegocios"

Empresario y emprendedor del Sector Agroalimentario /  
Presidente del Cluster de TI

**10:10 AM - 11:10 AM**

Conferencia Magistral

**Dr. José Fernando Bienvenido Bárcenas**

"Desarrollo agrícola basado en la aplicación de TICs, caso Almería, España"

Universidad de Almería.

**11:20 AM - 12:20 PM**

Conferencia Magistral

**I.S.C. Daniel González**

Ciberseguridad: Cybersecurity & Technology Trusted Advisor -  
Estrategias para Defenderse de Amenazas Internas y Externas

**12:40 PM - 14:04 PM**

Ponencias

*Mesa Temática: Agronegocios y Desarrollo Social*

Anexo I Unidad Académica Departamental

**9:00 AM - 10:00 AM**

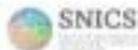
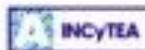
Conferencia Magistral

**Mtra. Paulina Acevedo Díaz**

"Economía Social y Solidaria para el Desarrollo Humano Conferencista"

Directora Ejecutiva de Verdura A.C

**VIERNES 17**





**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLOGÍO  
NACIONAL DE MÉXICO



ITEL



# CONGRESO INTERNACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES

AGRONEGOCIOS, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍAS PARA EL CAMPO

## Programa General

JUEVES 16

*Mesa Temática: Internet de las Cosas*

Anexo II Unidad Académica Departamental

9:00 AM - 10:00 AM

Conferencia Magistral

*Ing. Juan Carlos Feregrino y Benjamín Cervantes*

"La revolución de los datos y su aplicación en los Agronegocios"

Empresario y emprendedor del Sector Agroalimentario /  
Presidente del Cluster de TI

10:10 AM - 11:10 AM

Conferencia Magistral

*Dr. José Fernando Bienvenido Bárcenas*

"Desarrollo agrícola basada en la aplicación de TICs, caso Almería, España"

Universidad de Almería.

11:20 AM - 12:20 PM

Conferencia Magistral

*I.S.C. Daniel González*

Ciberseguridad: Cybersecurity & Technology Trusted Advisor  
Estrategias para Defenderse de Amenazas Internas y Externas

12:40 PM - 14:04 PM

Ponencias

VIERNES 17

*Mesa Temática: Agronegocios y Desarrollo Social*

Anexo I Unidad Académica Departamental

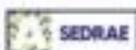
9:00 AM - 10:00 AM

Conferencia Magistral

*Mtra. Paulina Acevedo Díaz*

"Economía Social y Solidaria para el Desarrollo Humano  
Conferencista"

Directora Ejecutiva de Verdura A.C



## INDICACIONES PARA PUBLICAR EN LA REVISTA AgroBioTecNM

La Revista solo acepta presentaciones electrónicas. Las consultas deben dirigirse a: Equipo editorial, Oficina editorial de la Revista, mediante el correo electrónico: hector.se@llano.tecnm.mx

La revista acepta artículos o metodologías de investigación originales en las siguientes áreas temáticas: Manejo de Recursos Naturales, Ciencias Pecuarias, Agrobiotecnología, Internet de las Cosas, Agronegocios y Desarrollo Social y Emprendimiento e Innovación.

Se debe informar a los Editores si alguno de los materiales se ha publicado. No se aceptan trabajos donde se experimente con animales y sean sacrificados para su interpretación.

Guiones / envío de trabajos. Utilizar procesador de texto Word. El envío debe incluir los siguientes documentos: **Carta de envío** indicando que el trabajo es inédito, que no se ha publicado o enviado para el mismo fin a otra revista, lugar donde se realizó el trabajo, una breve reseña sobre el interés de su publicación y los datos de los autores (nombre, email, adscripción) con su firma para autorizar la revisión. Indicar con un "\*" al Autor correspondiente para el seguimiento de la revisión. **Texto del artículo** sin autores, con letra Daytona Condensed Light 10, renglón a 1.0. Los Cuadros pueden llevar letra tamaño 8 cuando así lo permita.

Diseño y estilo. Se prefiere un estilo de escritura sencillo y directo (Formato).

Arbitraje doble ciego. El sistema de arbitraje de la revista preserva el anonimato para autores y árbitros.

### Redacción del artículo

**Título (menor a 150 caracteres, mayúscula, negritas, tamaño 10)**. El título debe ser informativo, conciso y sin abreviaturas. Debe nombrar el organismo estudiado, cuando sea relevante. Los nombres latinos no deben incluirse, pero sí en la primera mención en el texto. Incluir un título breve que no exceda los 50 caracteres.

**El Resumen (250 palabras)**, colocado al principio del texto, debe indicar brevemente los experimentos descritos (incluyendo año y lugar, según corresponda), los principales resultados (preferiblemente incluyendo algunos valores numéricos) y las conclusiones más importantes. No debe repetir la redacción del título.

**El Texto no debe ser mayor a 6000 palabras**. Debe contener 4 secciones principales: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados con Discusión. Deben evitarse demasiados títulos y subtítulos. La Introducción debe situar el trabajo en contexto, presentar solo los antecedentes esenciales e incluir una declaración concisa de los objetivos; no es necesaria una revisión detallada de la literatura. Se deben dar detalles relevantes sobre los materiales y el diseño experimentales y las técnicas y métodos estadísticos utilizados. Los resultados numéricos deben mostrarse en los Cuadros y no repetirse en el texto. Se deben utilizar unidades métricas y SI, p. Ej. kg/ha, mg/l. El uso de % debe restringirse y usarse solo para describir cambios relativos en las respuestas. Los detalles y resultados experimentales se deben informar en tiempo pasado. La Discusión debe reunir los resultados, relacionar brevemente los resultados del autor con otros trabajos sobre el tema, resumir las implicaciones y aplicaciones y dar las conclusiones del autor. No se deben utilizar notas a pie de página. Todas las abreviaturas utilizadas deben explicarse completamente en la primera mención.

**Los Cuadros** deben numerarse en el orden en que se citan en el texto. Los resultados numéricos deben mostrarse como medias con sus errores estándar relevantes y grados de libertad. Normalmente, una media debe redondearse a una décima parte de su error estándar y el error estándar debe darse a un lugar de decimales más que la media. El título debe describir completamente el contenido del Cuadro y explicar las abreviaturas utilizadas en ella. La Revista prefiere

no tener una proliferación de asteriscos, letras en superíndice, etc. en los Cuadros. Si se necesitan notas a pie de página, se pueden utilizar los siguientes símbolos en este orden: \* † ‡ §.

**Las Figuras** no deben contener los mismos datos que los Cuadros y deben citarse en el texto. Las Figuras deben garantizar una reproducción de buena calidad con fines de impresión. Señalar con letras cuando expliquen más de una.

**Referencias.** En el texto, una referencia debe estar citada por el nombre del autor y la fecha entre paréntesis, en orden de fecha, p. Ej. (Jarvis, 1994; Edmondson, 1998). Cuando haya tres o más autores, el primer nombre seguido de **y col.** Se debe proporcionar una lista de referencias al final del texto, en orden alfabético, apellido de los autores e iniciales (en mayúsculas), año de publicación (entre paréntesis), título del artículo, nombre de la revista abreviado (en general) como en la lista de verificación de publicaciones periódicas de CAB International, volumen y la primera y última página de la referencia. Se debe incluir el lugar de publicación y el editor (es), si corresponde, de libros. No se aceptan documentos de Resumen de Congresos.

Ejemplos de citar:

*En texto:*

Azuara, (2018), (Hicks, 2004), (Arditti, 1993; Yong y col., 2009; Hicks, 2007), Silos y col., (2020 a, b). No se aceptan comunicaciones personales.

*En lista de Referencias:*

*Artículo de revista científica:*

Pimienta, B., E. Méndez, M., L. Ramírez, H, B., C., E. García, De A., G., J., E. y Domínguez, A., R. M. (2008). Efecto de la ingestión del fruto de Xoconostle (*Opuntia joconostle*Web) sobre la glucosa y lípidos séricos. *Agrociencia*. 42(6): 645-653.

*Capítulo de libro:*

Barthlott, W., Hunt, D.R., 1993. Cactaceae. In: Kubitzki, K., Rohwer, J.G., ittrich, V. (Eds.), *The Families and Genera of Vascular Plants 2*. Springer, Berlin, pp. 161-197.

Bravo-Hollis, H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol I. Universidad Nacional Autónoma de México. 2ª Edición. 743 p.

*Documento de tesis:*

Martínez, M. 1999. Determinación, cuantificación e hidrólisis de inulina en el aguamiel de Agave pulquero. Tesis de licenciatura, Facultad de Química, UNAM, México, D.F., México. (En español). 91 p.

*Software y websites:*

SAS System. 1989-1996. Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, North Carolina, USA.

Olivares, Sáenz E. 1994. Paquetes de diseños experimentales FAUANL versión 2.5. Facultad de Agronomía. Marín Nuevo León, México.

Si el análisis se realizó en la web, indicar el sitio (URL).

*Documentos de Gobierno:*

INEGI. 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Ojuelos de Jalisco, Jalisco. Clave geoestadística 14064.

Ríos Saucedo, J, C., Trucíos Caciao R., Valenzuela Núñez L. M., Sosa Pérez G. y Rosales Serna R. 2011. Importancia de las poblaciones de mezquite en el Norte-Centro de México. Libro Técnico No. 08: INIFAP-SAGARPA. Durango, Méx. 230 pp.

Los Autores deberán verificar que todas las Referencias que se indican el texto deberán corresponder con la Lista de Referencias y viceversa.



Nota: Las pruebas se envían a los autores en formato PDF para permitirles comprobar la corrección de la composición tipográfica y deben devolverse en el plazo de una semana. Las alteraciones excesivas debido a enmiendas de la copia original acordada por el autor pueden cargarse al autor.

Una vez revisado y Aceptado el manuscrito para su publicación deberá entregar evidencia de recibo del ITEL por concepto de Publicación de Artículo en la Revista AgroBioTecNM por la cantidad de \$2,000.00.



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**  
CAMPUS EL LLANO AGUASCALIENTES



## NUESTRAS CARRERAS

ING. EN BIOTECNOLOGÍA

LIC. EN ADMINISTRACIÓN

ING. EN GESTIÓN EMPRESARIAL

ING. EN AGRONOMÍA

ING. EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIA

DOCTORADO EN CIENCIAS EN BIOTECNOLOGÍA EN PROCESOS AGROPECUARIOS

## MÁS INFORMACIÓN

 [www.llano.tecnm.mx](http://www.llano.tecnm.mx)

 [escolares@llano.tecnm.mx](mailto:escolares@llano.tecnm.mx)

 449-962-11-00  
ext. 208

 449-507-01-93

 @TecNMLlanoAgs

 @TecNMLlanoAgs

 @itel\_ags

Km. 18 Carretera Ags.-S.L.P., El Llano Aguascalientes, C.P. 20330.

## REQUISITOS DE INGRESO

### Documentos a presentar:

- » Título y cédula profesional de licenciatura de un área afín a la maestría (original y copia).
- » Certificado de licenciatura con promedio mínimo de 8 (ocho) o equivalente (original y copia).
- » Constancia de examen EXANI III-CENEVAL, cuya fecha de presentación no sea anterior a 2022. Con un puntaje global mínimo 950 puntos.
- » Carta de solvencia firmada por el obligado solidario.
- » Acta de nacimiento (original y copia).
- » CURP (original y copia).
- » Cuatro fotografías tamaño infantil.
- » Certificado médico (original).
- » Curriculum vitae (con documentos probatorios).
- » Carta de exposición de motivos.
- » Anteproyecto propuesto en tres cuartillas.
- » Dos cartas de recomendación académica firmadas por especialistas en el área.

### FECHAS

#### Proceso de selección

- \*Examen diagnóstico de inglés: 19 de junio 2023.
- Examen psicométrico: 20 de junio 2023
- Entrevista con comité de admisión: 21 de junio 2023
- Publicación de resultados: 28 de junio 2023



\* Si cuenta con constancia de TOEFL Oficial que acredite un puntaje igual o superior a 450 puntos, no requiere realizar el examen.

RECEPCIÓN DE DOCUMENTOS  
1 de abril al 16 de junio de 2023

INSCRIPCIONES Y REINSCRIPCIONES  
17 de julio al 18 de agosto de 2023

EXAMEN ADMISIÓN  
\$800

COSTO  
Inscripción semestral: \$ 4,500  
Créditos: \$ 250 por cada uno.  
(Costos sujetos a cambio).

INICIO DE CURSOS:  
21 de agosto de 2023

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

01 (449) 962 1100 Ext. 212 y 101  
depi\_llano@tecnm.mx  
monica.gr@llano.tecnm.mx  
https://llano.tecnm.mx/  
Km. 18 Carretera Ags. - S.L.P. 20330,  
El Llano Aguascalientes.



## MAESTRÍA EN CIENCIAS EN BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIA

Reconocido en el  
SISTEMA NACIONAL DE POSGRADOS  
(SNP)



La MAESTRÍA EN CIENCIAS EN BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIA es una alternativa de estudios de Posgrado para profesionistas del Área Químico-Biológica (Ingeniero Agrónomo, Biólogo, Médico Veterinario, Químico, Bioquímico y afines) interesados en el conocimiento de vanguardia para la manipulación y utilización de los sistemas biológicos de manera armonizada y sustentable.

### OBJETIVO

Formar recursos humanos de alta calidad científico-tecnológica en Biotecnología Agropecuaria, que les permita incidir en el sector productivo, educativo y en la preservación de la biodiversidad.

### QUEHACER PROFESIONAL

La consolidación del sector agropecuario como actividad económica importante es posible cuando se produce con oportunidad y competitividad. Además, se precisa de la formación de personal altamente competente en investigación y desarrollo tecnológico relacionado con plantas, animales y microorganismos útiles para generar y aplicar sistemas eficientes e inocuos, solucionar los problemas en los ámbitos: agropecuario, ambiental, industrial y de salud. En este sentido, la Biotecnología Agropecuaria ofrece poderosas herramientas al egresado mediante una sólida formación en disciplinas como biología celular y molecular, bioquímica, microbiología, genética y fisiología, con habilidades en la manipulación de ADN, cultivo de tejidos vegetales y transformación genética de microorganismos.

### CUERPOS ACADÉMICOS

El programa de MCBA lo integran dos Líneas de Generación y Aplicación del conocimiento (LGAC) acordes a Cuerpos Académicos que a la vez conforman el Núcleo Académico con base a disciplina de formación profesional y son dirigidas a la atención de problemática diversa que se presenta en la producción primaria.

### LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

#### BIOTECNOLOGÍA PARA PLANTAS DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS

Mejoramiento y conservación del germoplasma in vitro. Manejo integrado de cultivos.

#### BIOTECNOLOGÍA EN CIENCIA ANIMAL

Diagnóstico y epidemiología de enfermedades. Alimentación y Nutrición.

### NÚCLEO ACADÉMICO

#### BIOTECNOLOGÍA PARA PLANTAS DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS

Dra. Silvia Flores Benítez  
Dr. Catarino Perales Segovia  
Ph.D. Luis L. Valera Montero  
Dr. Héctor Silos Espino

Biología Molecular  
Entomología  
Biología Molecular  
Alimentos

#### BIOTECNOLOGÍA EN CIENCIA ANIMAL

Dr. Carlos R. Cruz Vázquez  
Dra. Leticia E. Medina Esparza  
Dra. Irene V. Vitela Mendoza  
Dr. Miguel Ramos Parra  
Ph.D. Ignacio Mejía Haro  
Dra. Mónica González Reyes

Ciencias Veterinarias  
Ciencias Pecuarias  
Ciencias Pecuarias  
Ámbitos antrópicos  
Nutrición Animal  
Rec. Genéticos y Ganadería



### PLAN DE ESTUDIOS

#### ESTRUCTURA ACADÉMICA

Asignaturas básicas	24
Asignaturas optativas	24
Seminario I	4
Seminario II	4
Seminario III	4
Tesis	40
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

#### PLAN DE ESTUDIOS

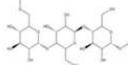
El Programa de Maestría comprende como mínimo 100 créditos, de los cuales 60, se cumplen con las materias elegidas por el alumno y su asesor según necesidades de formación y los 40 créditos restantes se completan con el trabajo de tesis.

Las materias se cursan por semestre, se incluyen materias básicas, que proporcionan los conocimientos y habilidades necesarias para su formación y materias complementarias que orientan su vocación profesional. El estudiante presentará ante la comunidad académica y estudiantil, tres Seminarios de Investigación a partir del primer semestre. Al término de los cuatro semestres y habiendo cumplido con la normatividad y requisitos académicos, se otorga el grado de Maestro en Ciencias, avalado por la Secretaría de Educación Pública.



## PERFIL DE INGRESO

- Tener grado de Maestría en Ciencias en áreas biológicas, alimentos, farmacéutica, veterinaria o áreas afines.
- Capacidad para investigar y trabajar en equipo.
- Interés y habilidad para entender problemáticas en el área.
- Conocimiento de métodos estadísticos, de abstracción, capacidad de redacción, análisis e investigación.



Pululano



Proteína de papa Extracto

### OBJETIVO DEL PROGRAMA

Formar investigadores de excelencia a nivel Doctorado que realicen investigación en el área de la Biotecnología Aplicada a los Procesos Agropecuarios y transformación de alimentos, con la finalidad de generar conocimiento original e innovador que pueda ser transferido a los sectores correspondientes.

## LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Las Líneas de Investigación son pertenecientes a las demandas del entorno para la generación de soluciones y formación de recursos humanos de excelencia en el campo de la seguridad agroalimentaria en México. Coadyuvar en la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, priorizando las áreas de la producción vegetal y pecuaria con un enfoque biotecnológico.

### INTEGRANTES DEL PROGRAMA

#### BIOTECNOLOGÍA Y ALIMENTOS (ITTJ)

Juan F. Gómez Leyva  
Irma C. López Muraira  
Isaac Andrade González  
Mayra I. Montero Cortés  
Arturo M. Chávez Rodríguez  
Héctor Flores Martínez  
Miguel Ángel Segura Castrito

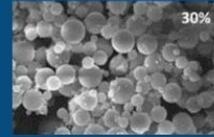
#### BIOTECNOLOGÍA DE PLANTAS (ITEL)

Luis L. Valera Montero  
Silvia Flores Benítez  
Héctor Silos Espino  
Catarino Perales Segovia

#### BIOTECNOL. APLIC. A CIENCIA ANIMAL

Ignacio Mejía Haro  
Irene V. Vitela Mendoza  
Leticia E. Medina Esparza  
Carlos R. Cruz Vázquez  
Mónica Reyes González

## PROGRAMA MULTISEDE



### Estructura Académica

### Créditos

Seminario de Investigación	16
Seminario Predoctoral	8
Proyecto de Investigación I	16
Proyecto de Investigación II	16
Proyecto de Investigación III	16
Proyecto de Investigación IV	16
Proyecto de Investigación V	16
Examen Predoctoral	8
Tesis	52

### Total

164



## REQUISITOS DE INGRESO

## PROCESO DE SELECCIÓN

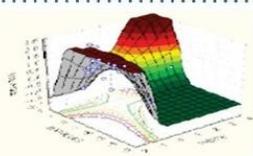
### Documentos a presentar:

1. Acta de nacimiento\*.
2. Clave Única de Población (CURP).
3. Título de Licenciatura\*.
4. Título o Acta de grado de Maestría en Ciencias\*.
5. Certificado con promedio mínimo de 8.0 o equivalente\*.
6. Curriculum vitae resumido con evidencias de investigación.
7. Dos cartas de recomendación de Profesores-Investigadores con reconocimiento SNI.
8. Carta de Reconocimiento para exbecarios CONACYT.
9. Certificado oficial TOEFL 450 puntos.
10. Solicitud de ingreso.
11. Propuesta de investigación de 3 a 5 páginas.
12. Carta de Interés.

\*En original y copia.

### COSTO

Inscripción \$8,900<sup>00</sup> /semestre  
Cobro por Servicios Administrativos \$7,100<sup>00</sup>



1. Entrega de documentos (Requisitos de Ingreso) hasta el 13 de Noviembre.
2. Pago de ficha de derecho a examen (\$1,000.0): 14 y 17 de Noviembre.
3. Presentación de Propuesta de Investigación ante el Comité de Admisión: 27 de Noviembre.
4. Presentar comprobante de EXANI III: Hasta el 30 de noviembre.

## INFORMES

Instituto Tecnológico El Llano  
Aguascalientes

Tel. (449) 962 11 00 ext. 212  
e-mail: asistente.depi@llano.tecnm.mx  
web: www.llano.tecnm.mx  
hector.se@llano.tecnm.mx

Instituto Tecnológico de Tlajomulco  
Jalisco

Tel. (33)3772-4426 y 3772-4427  
Webmaster@ittlejomulco.edu.mx  
hectorfloresmtz@hotmail.com



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



CONACYT  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



ITTJ  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TLAJOMULCO



ITEL  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE EL LLANO



DOCTORADO EN CIENCIAS EN:  
**BIOTECNOLOGÍA EN PROCESOS AGROPECUARIOS**



**TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO**



**ITEL**  
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE  
AGUASCALIENTES