



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. VICTORIA**

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

**SEP**

# TecnoINTELECTO

Órgano de Divulgación Científica

**Una Publicación del Tecnológico Nacional de México -  
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria**

Volumen 16

No. 1

Julio 2019

ISSN 1665-983X

## CIENCIAS BASICAS Y NATURALES

*Medios de cultivo alternativos para la producción de Scenedesmus spp., nativa del Valle del Yaqui, Sonora, México.* A. R. Ochoa-Meza, J. I. Galindo-Félix, C. Molina-Maldonado & D. L. Castillo-Galaviz.....1

*Evaluación de la densidad de siembra en el crecimiento de juveniles de palometa Trachinotus falcatus (Linnaeus, 1758), en estanques de media caña de fibra de vidrio.* R. R. García-Torcuato, A. Ancona-Ordaz, J. A. Solís-Echeverría, M. Guerrero-Castañeda & A. Acal-Yerbes.....6

## INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

*Efectos a largo plazo en los capacitores de tantalio debido a fracturas en su resina epóxica.* H. Jasso-Guerrero & R. A. Derat-Solis.....17

*Aula didáctica autosustentable energéticamente mediante sistema fotovoltaico.* A. Olvera-De-Miguel & J. Méndez-Palacios.....26

## DIRECTORIO

**Dr. Enrique Fernández Fassnacht**  
Director General del Tecnológico Nacional de México

**Ing. Fidel Aguillón Hernández**  
Director

**M.A. Gabriela Lotzin Rendón**  
Subdirectora Académica

**Ing. Víctor M. García Loera**  
Subdirector de Planeación y Vinculación

**Ing. Miguel A. Macías Pérez**  
Subdirector de Servicios Administrativos

**COMITÉ EDITORIAL**  
**Instituto Tecnológico de Cd. Victoria**  
**División de Estudios de Posgrado e Investigación**

**COORDINACIÓN EDITORIAL**  
Ludivina Barrientos-Lozano, Ph. D.  
Pedro Almaguer-Sierra, Dr.

### Asistencia Editorial:

Dra. Aurora Y. Rocha-Sánchez

### INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

**Dr. Juan Flores Gracia.** Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. División de Estudios de Posgrado e Investigación.

**Dra. Aurora Y. Rocha Sánchez.** Hospital Regional de Alta Especialidad. Cd. Victoria, Tam.

**Dr. Alfonso Correa-Sandoval.** Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. División de Estudios de Posgrado e Investigación.

**Dr. Edgar Pérez Arriaga.** Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. Dpto. de C. Económico Administrativas

**Dra. Lilia del Carmen García Mundo.** Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico Cd. Victoria. Depto. de Ing. en Sistemas e Informática.

**Dra. Araceli Maldonado Reyes.** Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. Dpto. de Metal Mecánica.

**Dr. Carlos A. Salazar Olivo.** Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. Dpto. de Ing. Química y Bioquímica.

**Dr. Ricardo Daniel López García.** Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. Dpto. de Metal Mecánica.

### CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

**Dra. Ludivina Barrientos-Lozano.** Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. División de Estudios de Posgrado e Investigación.

**Dr. Pedro Almaguer-Sierra.** Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. División de Estudios de Posgrado e Investigación.

**TecnolINTELECTO** (ISSN 1665-983X y reserva: 04-2004-072626452400-102) es un órgano de divulgación científica de forma semestral del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. Boulevard Emilio Portes Gil No. 1301, C. P. 87010, Cd. Victoria, Tamaulipas, México; Tels. (834) 153 20 00 Ext. 364. El contenido y la sintaxis de los artículos presentados son responsabilidad del autor (es). Editor Principal: División de Estudios de Posgrado e Investigación. Apoyo editorial-informático: Dra. Aurora Y. Rocha Sánchez. Envío de documentos, consultas y sugerencias al correo electrónico: [ludivinab@yahoo.com](mailto:ludivinab@yahoo.com), [almagavetec@hotmail.com](mailto:almagavetec@hotmail.com). Todos los derechos son reservados y propiedad del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. TecnolINTELECTO, Vol. 16 No. 1. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

Consúltanos en el Índice Latinoamericano [www.latindex.org](http://www.latindex.org) y en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias PERIÓDICA [www.dgb.unam.mx/periodica.html](http://www.dgb.unam.mx/periodica.html)



## MEDIOS DE CULTIVO ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE *Scenedesmus* spp., NATIVA DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO

A.R. Ochoa-Meza, J.I. Galindo-Félix, C. Molina-Maldonado & D.L. Castillo-Galaviz

Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui.

aochoa.meza@itvy.edu.mx, jgalindo.felix@itvy.edu.mx, cmolina.maldonado@itvy.edu.mx

**RESUMEN:** Recientemente el uso de las microalgas se ha diversificado, el potencial que representan, está siendo aprovechado de manera significativa. En la región noroeste de México, las microalgas son un recurso poco estudiado, en el Valle del Yaqui, *Scenedesmus* spp., es una especie dominante, por lo cual, el objetivo del presente fue evaluar medios de cultivo alternativos para su producción, así como las condiciones de cultivo en laboratorio. Partiendo de un cultivo previamente aislado de la región aledaña a la presa el Oviachic en Cajeme, Sonora. Se evaluaron siete medios de cultivo: extracto de suelo, (ES), extracto de suelo más vitaminas y minerales (ES+V+M), extracto de suelo más lombrihumus (ES+LH), extracto de material compostado (EMC), extracto de material compostado más vitaminas y minerales (EMC+V+M), extracto de material compostado más lombrihumus (EMC+LH) y el medio estándar F/2, por triplicado. Se utilizaron botellas de 600 ml, que se mantuvieron a 24 °C con lámparas de luz fría de 60 whatts durante 15 días, realizando conteos cada 72 horas en hematocitometro. Los resultados mostraron que el mejor medio de cultivo fue EMC+LH, siendo éste mejor que el medio estándar F/2, ya que presentó la mayor producción de biomasa a los 15 días. Así mismo se observó que los medios alternativos, representan un ahorro económico de hasta el 90%, por lo que son una opción sustentable que permitirá la explotación masiva de esta especie aprovechando así su potencial biotecnológico.

**PALABRAS CLAVE:** Microalgas, nutrientes, orgánicos.

**ABSTRACT:** The use of microalgae has diversified recently, the potential they represent is being exploited significantly. In the northwestern region of Mexico, microalgae are a poorly studied resource, in the Yaqui Valley, *Scenedesmus* spp., is a dominant species, so the objective of this work was to evaluate alternative culture media for its production, as well as laboratory growing conditions. Starting from a crop previously isolated from the region next to the dam the Oviachic in in Cajeme, Sonora. Seven culture media were evaluated by triplicate: soil extract (ES), soil extract plus vitamins and minerals (ES+V+M), soil extract plus lombrihumus (ES+LH), composted material extract (EMC), composted material extract plus vitamins and minerals (EMC+V+M), composted material extract plus lombrihumus (EMC+LH), and standard medium F/2. Bottles of 600 ml were used, for the experimental purpose they were maintained at 24 °C with 60 whatts cold light lamps for 15 days; counting were performed every 72 hours in hematocytometer. Results showed that the best growing medium was EMC+LH, this being better than the standard medium F/2, since yielded the highest production of biomass at 15 days. It was also observed that the alternative culture media, represent an economic saving of up to 90%. Therefore, they are a sustainable option that may allow mass exploitation of this species taking advantage of its biotechnological potential.

**KEY WORDS:** Microalgae, Nutrientes, organic.

### 1. INTRODUCCIÓN

Las microalgas son importantes en los diferentes ecosistemas y como tal cumplen una función en los mismos. Su uso presenta importancia en la industria farmacéutica, agronómica y alimenticia. En el consumo humano es relevante, y se basa en el alto contenido de ácidos grasos poli-insaturados. Esta reportado que se utilizan en procesos de

biorremediación con el fin de remover metales pesados y materia orgánica (Abdel-Raouf, *et al.*, 2012). Los componentes de su pared celular contribuyen a la capacidad para retener contaminantes ambientales presentes en cuerpos de agua (Andrade *et al.*, 2009). La información sobre especies de microalgas dulceacuícolas para el noroeste de México es escasa y por lo tanto la aplicación de las mismas. Así mismo, el cultivo de ellas resulta

relativamente caro por el uso de reactivos químicos para su nutrición. Estudios previos han demostrado que con el uso de fertilizantes agrícolas se obtiene un mayor crecimiento, una similar composición proximal y un menor costo que con aquellos medios específicos para el cultivo de microalgas como el F/2 (Valenzuela-Espinoza *et al.*, 2005). Por otro lado, se reporta el uso de medios orgánicos a base de estiércol, los cuales son más económicos y generan densidades celulares altas (Muñoz-Peñuela *et al.*, 2012). El objetivo del presente estudio, fue evaluar medios de cultivo alternativos económicos y accesibles para la producción de *Scenedesmus* spp.

## 2. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1 Generalidades

El presente trabajo se llevó a cabo en el Tecnológico Nacional de México Campus Valle del Yaqui (ITVY) en el laboratorio de acuicultura del mismo, el cultivo de *Scenedesmus* spp., (Fig. 1) se aisló por dilución seriada de muestras recolectadas entre marzo y octubre de 2017, en los alrededores de la presa del Oviachic en Cajeme, Sonora.

### 2.1 Medios de cultivo

Se evaluaron siete medios de cultivo: extracto de suelo (ES), extracto de suelo enriquecido con vitaminas y minerales (ES+V+M), extracto de suelo con *Lombrihumus* (ES+LH), extracto de material compostado (EMC), Extracto de material compostado con vitaminas y minerales (EMC+V+M), extracto de material compostado con *Lombrihumus* (EMC+LH) y medio

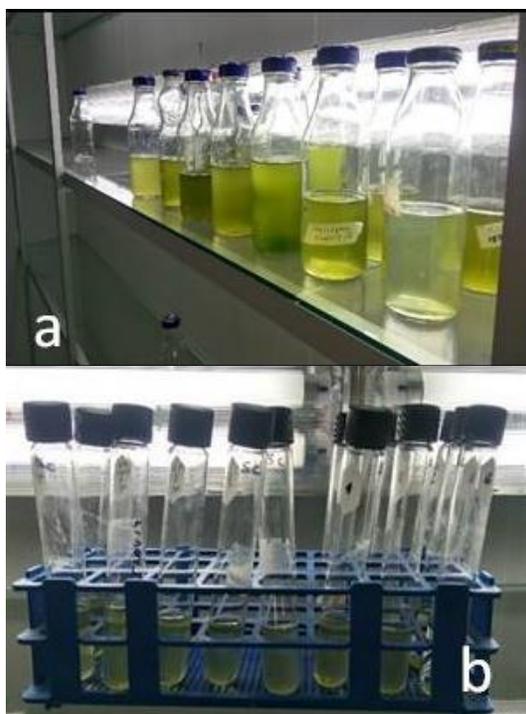
químicamente definido F/2 Guillard, como testigo (Tabla 1). Los cultivos se mantuvieron en botellas de vidrio de 600 ml con 195 ml de cada medio y 5 ml de cultivo puro de *Scenedesmus* (Fig. 2) obtenido de cuerpos de agua regionales, cada tratamiento por triplicado, a 24 °C con periodos de 24 horas luz, emitida por lámparas de luz fría de 60 whatts. Se realizaron conteos celulares cada 72 horas con un hematocitometro para determinar la velocidad de crecimiento y el pico máximo de producción.



**Figura 1.** Microalgas del genero *Scenedesmus* usadas en la evaluación de medios de cultivo.

**Tabla 1.** Preparación de medios de cultivo alternativos.

Medio de cultivo	Por cada litro de medio					
	Extracto Suelo (ml)	Extracto de material compostado (ml)	Vitaminas (ml)	Minerales (ml)	LH(ml)	Agua destilada (ml)
ES	30	---	--	--	--	970
ES+V+M	30	--	0.5	0.5	--	969
ES+LH	30	--	--	--	30	940
EMC	--	30	--	--	--	970
EMC+V+M	--	30	0.5	0.5	--	969
EMC+LH	--	30	--	--	30	940



**Figura 2.** Cultivo y escalamiento de *Scenedesmus* spp a) 200 ml, b) 20 ml en los distintos medios de cultivo.

### 2.3 Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza y de medias con Tukey y DMS con ayuda del programa estadístico SPSS Statistics Visor versión (IBM). Los datos para su procesamiento fueron convertidos a log 10 y se realizaron ajustes para probar la normalidad de los datos.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Evaluación de medios de cultivo

En la Tabla 2, se muestra el análisis estadístico de la comparación de medias (DMS) de los diferentes medios de cultivo evaluados para la producción de *Scenedesmus* spp. Se observa que existe una diferencia altamente significativa entre el mejor tratamiento: mezcla de material compostado más lombrihumus (EMC+LH) y el resto de los tratamientos. Este resultado puede atribuirse a que los componentes de estos medios son ricos en nutrientes, según lo reportado por Saval, (2012). Así mismo, los desechos animales en su forma líquida, se utilizan como fuente de fósforo, nitrógeno y carbono para el crecimiento microalgal, siendo de particular interés los desechos de la avicultura y porcicultura por sus grandes volúmenes y constante producción según lo

reportado por Moreno-Ortiz *et al*, (2012). Por otro lado, los mismos autores mencionan que el uso de estiércoles líquidos como fuentes de nutrientes para el cultivo de algas han sido evaluado ampliamente, pero la magnitud de sus efectos es variable debido a que las propiedades fisicoquímicas de los estiércoles son heterogéneas y varían dependiendo de las condiciones fisiológicas de los animales, fuente de la calidad de su alimento y las condiciones climáticas. Lo anterior concuerda con los resultados aquí obtenidos ya que los componentes utilizados para la elaboración del material compostado fueron estiércol paja y agua. El tratamiento que mostro menor producción de la microalga fue el de extracto de suelo (ES), lo cual puede atribuirse a que el suelo utilizado fue del área agrícola del Valle del Yaqui, los cuales son considerados pobres en materia orgánica (Macías-Zamora *et al*, 2008). Por lo tanto, al no contar con los nutrientes necesarios como son Carbono, Nitrógeno y Fosforo su capacidad para la producción de microalgas es mucho menor, lo cual coincide con los resultados expuestos en este trabajo. Otro aspecto importante a destacar es que el testigo (F2) mostró un rendimiento bajo comparado con los medios alternativos, a pesar de considerarse éste como un medio completo para el cultivo de microalgas (FAO, 1989).

Los resultados de la comparación de medias de la producción a través del tiempo se observa que la mayor producción de biomasa se presentó a los 15 días de cultivo (Tabla 3 y figura 3), para los medios Testigo (F2), Extracto de material compostado (EMC), extracto de suelo más lombrihumus (ES+LH) y extracto de material compostado más lombrihumus (EMC+LH), lo cual se atribuye a que las microalgas tienen la capacidad de crecer y hacer fotosíntesis con diferentes fuentes de nutrientes como las sales minerales, en condiciones autotróficas y sustancias orgánicas como estiércoles y aguas residuales (Chinasamy, 2010).

*Scenedesmus* spp., logra adaptarse a las condiciones de cultivo externas, tanto a temperaturas diurnas elevadas de  $30 \pm 4^\circ\text{C}$ , como a periodos de lluvias ocasionales; exhibiendo en todo momento un cultivo unialgal. Es decir, a pesar de ser cultivos a cielo abierto, no se observó presencia de otras especies de microalgas o de cianobacterias

contaminantes; lo cual indica una ventaja competitiva para estos tipos de cultivos a escala piloto (Charity et al, 2009).

Con respecto al costo, se encontró que es 90 % más económico utilizar medios de cultivo alternativos, para el cultivo de *Scenedesmus*

*spp.* Lo anterior marca la pauta para migrar al uso de compuestos orgánicos derivados de la industria agroalimentaria. Además del costo, este tipo de medios de cultivo estarían más disponibles y lo más importante amigables con el ambiente.

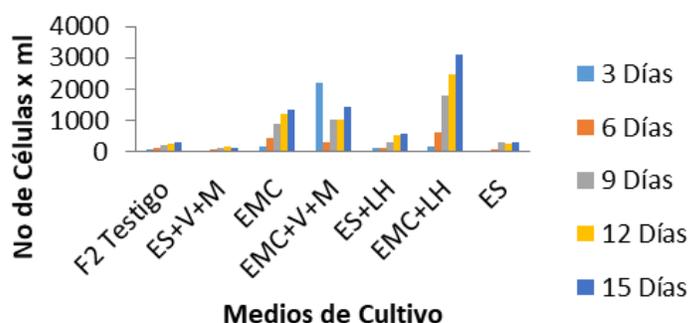
**Tabla 2.** Comparación de medias (DMS), de los medios de cultivo utilizados en la producción de *Scenedesmus spp.*

Medio de Cultivo	Media	P 0.05	P 0.01
EMC + LH	1634.00	a	a
EMC + V+M	1194.67	b	b
EMC	809.33	c	c
ES + LH	331.33	d	d
ES	217.33	d	d
F2	210.00	d	d
ES + V + M	104.00	d	d

**Tabla 3.** Comparación de medias (DMS), para determinar el mejor tiempo de cultivo para la producción de *Scenedesmus spp.*

Tiempo en Días	Media No de Células/ml	P 0.05	P 0.01
15	1031.91	a	a
12	844.76	ab	a
9	664.76	bc	ab
3	410.95	cd	bc
6	262.38	d	c

Nota: La media esta expresada en No de células/ml X 10<sup>6</sup>



**Figura 3.** Crecimiento de *Scenedesmus spp.*, en los diferentes medios de cultivo.

#### 4. CONCLUSIONES

En los últimos años las microalgas se han convertido en una fuente prometedora y sustentable para la producción de compuestos

de interés comercial, ya que al ser microorganismos autótrofos solo requieren de agua, luz (como fuente de energía) y CO<sub>2</sub> (como fuente de carbono). El medio de cultivo EMC+LH fue el que presentó las mejores

condiciones para el crecimiento de la microalga *Scenedesmus spp*, comparado con el testigo Guillard (F2), y los otros medios de cultivo evaluados. El medio EMC+LH permite un rápido crecimiento celular, en bajas concentraciones, siendo este el mejor desde el punto de vista económico y sustentable. Por lo tanto, es el indicado para la producción masiva de biomasa de *Scenedesmus spp*. Con fines industriales tales como: industria farmacéutica, agronómica, y alimenticia.

## 5. LITERATURA CITADA

- Abdel-Raouf N, A.A. Al-Homaidan y IBM Ibraheem. 2012. Microalgae and wastewater treatment. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19: 257-275.
- Andrade, C., A. Vera., C. Cárdenas y E. Morales. 2009. Producción de biomasa de la microalga *Scenedesmus* sputilizando aguas residuales de pescadería. *Revista Técnica de Ingeniería de 46 la Universidad del Zulia*, 32 (3)
- Charity E., R. Andrade., L. Alexandra., B. Vera., H. Carmen., L. Cárdenas., D. Ever., A. Morales. 2009. Producción de biomasa de la microalga *Scenedesmus* sp., utilizando aguas residuales de pescadería. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia, Maracaibo*, v. 32, n. 2, p. 126-134.
- Chinnasamy S., A.Bhatnagar., R.W. Hunt., KC Das., 2010. Microalgae cultivation in a wastewater dominated by carpet mill effluentsfor biofuel applications, *Bioresource Technology* 2010; 101: 3097–3105.
- Macias-Zamora, J.V., J. L. Sánchez Osorio., N. Ramírez-Álvarez y J. Hernández.2008. Diagnóstico de contaminantes orgánicos persistentes (COP) en el Valle del Yaqui. Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana y Regional Dirección de Investigación sobre Sustancias Químicas y Riesgos Eco-toxicológicos. Reporte Final.
- Moreno-Ortiz, M. L., C. E. Castillo., J. Sánchez-Villarraga., J. Padilla., y A. M. Otero-Paternina. 2012. Evaluación del crecimiento de la microalga *Chlorellasorokiniana* en diferentes medios de cultivo en condiciones autotróficas y mixotróficas. *Orinoquia*, 16(1), 11-20.
- Muñoz-Peñuela, M., J. A. Ramírez-Merlano., A. M. Otero-Paternina., V. M. Medina-Robles., P. E. Cruz-Casallas y Y. M. Velasco-Santamaría. 2012. Efecto del medio de cultivo sobre el crecimiento y el contenido proteico de *Chlorellavulgaris*. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(3), 438-449.
- Saval S.2012. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro *Bioteología*, 16:2. Pp.14-46.
- Valenzuela-Espinoza, E., R. Millán-Núñez., y F. Núñez-Cebrero. 2005. Protein, carbohydrate, lipid and chlorophyll a content in *Isochrysisaff. Galbana* (clone T-Iso) cultured with a low cost alternative to the f/2 medium. *Aquacult. Eng.*, 25: 207–216.

## EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL CRECIMIENTO DE JUVENILES DE PALOMETA *Trachinotus falcatus* (Linnaeus, 1758), EN ESTANQUES DE MEDIA CAÑA DE FIBRA DE VIDRIO

R.R. García-Torcuato, A. Ancona-Ordaz, J.A. Solís-Echeverría, M. Guerrero-Castañeda & A. Acal-Yerbes

Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Lerma. Km 10 Carretera Campeche-Champotón s/n Lerma, Campeche, C.P. 24500, Campeche, México. tor6900@yahoo.com.mx

**RESUMEN:** Entre las especies marinas con demanda a nivel local y regional, se encuentra la palometa (*Trachinotus falcatus*), la cual ha sido poco estudiada y utilizada para cultivar en estanques o jaulas marinas en sistemas de cultivo semiintensivo o intensivos. En las instalaciones del Instituto Tecnológico de Lerma, Campeche, se desarrolló la engorda de *T. falcatus* en estanques de fibra de vidrio de media caña con capacidad de 2.5 m<sup>3</sup>, mediante un manejo adecuado de los estanques de cultivo y eficiencia en el suministro del alimento. Se evaluó el crecimiento en juveniles utilizando una prueba de "t" Student a dos densidades de cultivo: 50 y 30 organismos/m<sup>3</sup>, por triplicado. Los juveniles utilizados en el experimento presentaron un peso inicial promedio de 7.62 ± 2.47 g, a los 90 días incrementaron a 35.26 ± 8.1 g y a los 180 días alcanzaron un peso promedio final de 94.33 ± 5.85 g y 91.16 ± 15.41 g, para los tratamientos 1 y 2, respectivamente. El mayor incremento de peso por día fue de 0.52 g para el T1. Los valores en los parámetros ambientales fueron para la temperatura 27.23 ± 1.18°C, oxígeno disuelto de 6.03 ± 0.36 mg/l, salinidad de 39.58 ± 0.82 ups y pH promedio de 6.85 ± 0.34, durante las 24 semanas del experimento. De lo anterior se pudo determinar que no existen diferencias significativas entre las densidades de cultivo ( $p > 0.05$ ). En la alimentación de los organismos se suministró alimento pelletizado para camarón con un 32 % de proteína. El Factor de Conversión Alimenticia fue de 1.62, valor que se considera dentro del rango de peces marinos cultivados comercialmente. En cuanto a la sobrevivencia al final del experimento el porcentaje fue del 52 %, la cual se encuentra dentro de un rango aceptable para juveniles de peces marinos.

**PALABRAS CLAVE:** Densidad siembra, conversión alimenticia, crecimiento, juveniles.

**ABSTRACT:** *Trachinotus falcatus* is found among the freshwater species with great demand at local and regional level. This species has been little studied and used to cultivate in ponds or cages in semi intensive or intensive farming systems. In the facilities of the Technological Institute of Lerma, Campeche has been developed the fattening of *T. falcatus* in half cane fiberglass ponds with 2.5 m<sup>3</sup> capacity, through an adequate management of the culture ponds and greater food supplies efficiency. Growth in juveniles was evaluated, using a Student "t" test in order to compare two culture density treatments: 50 and 30 organisms / m<sup>3</sup> in triplicate. The juveniles used in the experiment had an average initial weight of 7.62 ± 2.47 g, in 90 days they increased to 35.26 ± 8.1 g, and in 180 days reached a final average weight of 94.33 ± 5.85 g and 91.16 ± 15.41 g for treatments 1 and 2, respectively. The higher increase in weight per day was 0.52 g for treatment 1. Average environmental parameter values, during the 24 weeks the experiment lasted, were as follows: Temperature 27.23 ± 1.18 ° C, dissolved oxygen 6.03 ± 0.36 mg / l, salinity of 39.58 ± 0.82 ppt, pH 6.85 ± 0.34. From the above follows, that there are no significant differences between the cultures densities ( $p > 0.05$ ). Organisms were fed pelletized food for shrimp with 32% protein. The Feed Conversion Factor was 1.62; this value is considered within the marine fish range of commercially grown. Regarding survival at the end of the experiment, 52% was obtained which is an acceptable range for marine fish juveniles.

**KEY WORDS:** Sowing density, feed conversion, growth, juveniles.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los peces marinos incluidos en la familia Carangidae, soportan una amplia gama de pesquerías de importancia comercial en aguas tropicales y subtropicales alrededor del mundo (Crabtree *et al.*, 2002), de estas al menos 20 especies integran el género *Trachinotus*, la mayoría de las cuales son valoradas como alimento y consideradas como pesquería comercial. La mayor parte forman cardúmenes y se encuentran en ambientes costeros y salobres (especialmente juveniles), aunque algunas son oceánicas (McMaster y Gopakumar, 2016). En el Golfo de México existen al menos cuatro especies del género *Trachinotus* que tienen importancia comercial: *T. carolinus* (pámpano amarillo), *T. falcatus* (palometa) (Fig. 1), *T. goodei* (palometa rayada) y *T. ovatus* (palometa blanca) (Millares y Ceballos, 2017). En los países Asiáticos, como China, Taiwan y la India, *T. blochii* y *T. mookalee* son de las especies de pámpano más representativa y con mayor potencial para la maricultura (Kalidas *et al.*, 2012; Ranjar *et al.*, 2018).



**Figura 1.** Palometa (*T. falcatus*) (Linnaeus, 1758).

Las especies del género *Trachinotus* son consideradas candidatos ideales para la maricultura debido a su fácil adaptación a sistemas de cultivo, aceptación de alimento formulado y rápido crecimiento (Da Cunha *et al.*, 2013), además toleran un rango amplio de salinidad y niveles bajos de oxígeno disuelto (McMaster *et al.*, 2004; Weirich *et al.*, 2006). Aunado a factores como un alto valor en el mercado, disponibilidad de juveniles silvestres y un desembarco comercial bajo, lo hacen atractivo para que investigadores y inversionistas determinen la viabilidad del cultivo del pámpano (Groat, 2002).

El cultivo de pámpano se ha establecido exitosamente en muchos países de Asia-Pacífico, como Taiwan e Indonesia. En donde el cultivo de el pámpano lunero (*T. blochii*) y la palometa blanca (*T. ovatus*) se realiza en estanques, tanques y jaulas marinas flotantes (Jayakumar *et al.*, 2014). En América, algunas especies tienen un gran potencial para el cultivo en estanques y jaulas en el Golfo de México y el Caribe, con una preferencia por el pámpano amarillo o de Florida (*Trachinotus carolinus*) que se cultiva en tanto en Florida como en Campeche, México (Millares y Ceballos, 2017). Ibarra-Castro *et al.*, (2015) señalan que el cultivo de peces marinos, en los últimos años, en México ha sido una importante alternativa de producción tanto para el sector privado como social, donde los esfuerzos se han encaminado en diversificar la producción mediante la acuicultura y la investigación, enfocándose en la búsqueda de nuevas especies marinas con un futuro prometedor (Chatzifotis *et al.*, 2006).

La densidad de siembra se define como el número de individuos por unidad de volumen en un estanque de cultivo (Anderson y Cason, 2015). Esta es uno de los factores bióticos más importantes que influye en el crecimiento y consumo de alimento de los peces en cultivo (Pirozzi *et al.*, 2008), así como también en la sobrevivencia de larvas y crecimiento de muchos peces cultivados en sistemas intensivos (Sahoo *et al.*, 2010; Rahmah *et al.*, 2014 y Manley *et al.*, 2014) y extensivos experimentales (Anderson y Cason, 2015). La densidad de siembra es un factor clave que afecta el crecimiento y la maduración de peces cultivados y silvestres además del suministro de alimento, genética y condiciones ambientales (Khattab *et al.*, 2004). Las altas densidades de cultivo se han asociado con un aumento del estrés y cambios de comportamiento (Manley *et al.*, 2014), lo que podría resultar en una reducción del crecimiento y la supervivencia (Anderson y Cason, 2015).

En muchas especies cultivadas, el crecimiento esta inversamente relacionado con la densidad de siembra lo cual puede ser atribuido a interacción social (Chávez *et al.*, 2011). Ellis *et al.*, (2004) han demostrado que el cultivo de peces a densidades de siembra inapropiadas

pueden impedir el crecimiento y deteriorar la calidad del agua, lo cual puede afectar el consumo de alimento, la interacción social y la conversión eficiente de los peces.

Debido a que el pámpano exhibe un fuerte comportamiento a formar cárdumenes, es posible que su crecimiento pudiera incrementarse a densidades de siembra moderada o alta. Sin embargo, debido a que el pámpano es un pez extremadamente activo, densidades de siembra elevadas pudieran inducir a estrés e inhibir su crecimiento (Groat, 2002). Álvarez-Lanjonchère y Ibarra-Castro (2012) describen el índice de rendimiento de juveniles (IRJ) como un indicador para evaluar la eficiencia de la utilización de juveniles de peces marinos cultivados de talla comestible, reportando, para *T. falcatus*, con un índice de crecimiento absoluto de 2.5 g/día y un IRJ de 1389 (cantidad de juveniles para producir una tonelada por año) con una mortalidad del 20%. El cual es ligeramente superior al 2.3 g/ (IRJ, 1489) y 1.9 (IRJ, 1802) reportando para *T. carolinus* y *T. goodie*, respectivamente.

Para estudios a nivel piloto, Álvarez-Lanjonchère y Ibarra-Castro (2013), mencionan que *T. falcatus* puede alcanzar un crecimiento de 3.3 g/día para, el cual está por debajo de los 3.8 g/día para *T. carolinus* y por arriba de 1.2 g/día para *T. goodie*. Thouard *et al.*, (1990) reportan que en el cultivo de *T. goodei*, en jaulas de 15 m<sup>3</sup>, los juveniles 17.0 g alcanzan un peso de 403 g en siete meses, con sobrevivencia de 91 %, FCA inferior a 2.0 y tasa de crecimiento de 1.77 g/día. Cremer y Jian (1999) cultivaron juveniles de 2.7 g de *T. ovatus* a densidad de 400 org/m<sup>3</sup> en jaulas flotantes, con dos tipos de alimento harina de soya y harina de pescado como fuente de proteína, reportando no haber encontrado diferencias significativa en el crecimiento y FCA. Groat (2002) investigó el cultivo de *T. carolinus* bajo dos densidades: 6 y 12 org/m<sup>3</sup>, alimentados con dos modalidades, alimentación fija (2 raciones por día) y alimentación a saciedad, ambas a 5% de la biomas, logrando el mayor crecimiento a densidad de 12 org/m<sup>3</sup> y alimentación a saciedad, obteniendo una sobrevivencia mayor al 95% en todos los casos. En este mismo sentido, Weirich *et al.*, (2006) han demostrado que juveniles de *T. carolinus* cultivados a densidades relativamente bajas, con peso

inicial de 17 g, pueden obtener 450 g en 4 a 5 meses de cultivo, o bien se pueden lograr 700 g en 8 a 9 meses, con sobrevivencia superiores al 95%.

Para este misma especie, Freitas *et al.*, (2012) realizaron un estudio del cultivo intensivo de *T. carolinus* en jaulas flotantes a una densidad de 20 org/m<sup>3</sup> y con peso inicial de 1.37 g, obteniéndose en un año ejemplares de 391 g con supervivencia de 62 %. Así mismo, Weirich *et al.*, (2009) a densidades de cultivo de 25 y 50 org/m<sup>3</sup> en tanques de 8 m<sup>3</sup> para *T. carolinus*, reportan crecimiento diario de 3.4 y 2.8 g/día, respectivamente, con sobrevivencia del 89%. Chávez *et al.*, (2011) estudiaron la densidad de siembra en *T. blochii*, bajo tres niveles: 25, 30 y 35 org/m<sup>3</sup> en jaulas flotantes, no encontrado diferencias significativas en el crecimiento a los 120 días de cultivo, alimentando con pellet comercial con 48, 46 y 44% de proteína. Hamed *et al.*, (2016) para esta misma especie, estudiaron la alimentación, con pellet de 50% de proteína, bajos tres porcentajes de biomasa: 3, 5 y 10% y a diferentes raciones por día, a una densidad de 10 org/m<sup>3</sup>, encontrando mayor crecimiento y sobrevivencia con 10% de la biomasa a tres raciones por día. Nguyen *et al.*, (2017) estudiaron el efecto de dietas a diferentes concentraciones de proteína y lípidos crudos en *T. falcatus*, determinado que la dieta de 500/200 g/kg de proteína/lípidos alcanza un crecimiento de 1.96 g/día y un FCA de 1.6, a densidad de 60 org/m<sup>3</sup>, siendo estos los valores más altos para este estudio. Millares y Ceballos (2017) mencionan que para esta misma especie se han alcanzado valores de FCA de 1.3 a 2.8 y peso de 0.9 kg en 12 meses, con un rendimiento de 30 kg/m<sup>3</sup>. Este intervalo del FCA está dentro de los reportados para *T. marginatus* con 1.54 (Da Cunha *et al.*, 2013), de 1.58 a 1.94 para *T. blochii* (Chávez *et al.*, 2011; Damodaran *et al.*, 2019).

El presente trabajo se realizó con el fin de evaluar el crecimiento en cautiverio de la palometa (*T. falcatus*) bajo dos densidades de siembra en un sistema semi-intensivo, lo anterior encaminado a generar alternativas que permitan el aprovechamiento de los recursos pesqueros y acuícolas de las regiones costeras del estado de Campeche.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento de juveniles de palometa (*Trachinotus falcatus*), en estanques de media caña de fibra de vidrio bajo un sistema semi intensivo de cultivo.

### 2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el crecimiento a diferentes densidades de cultivo.
- Evaluar la sobrevivencia en los tratamientos.
- Evaluar los parámetros ambientales del cultivo.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1 Zona de estudio

El estudio se realizó en el Laboratorio de Ciencias Marinas del Instituto Tecnológico de Lerma, ubicado en las siguientes coordenadas, Lat. 19°47'54.6" N y Long. 90°36' 34.3" W.

### 3.2 Captura de organismos

Para el experimento, se capturaron 240 juveniles de palometa (*T. falcatus*) en la zona costera de la localidad de Kila, Lerma, Campeche. La captura fue mediante el arte de pesca denominado atarraya.

### 3.3 Transporte de organismos al área de cultivo

Los organismos fueron transportados en 2 tinas de plástico con capacidad de 50 litros c/u, en los cuales se repartieron los juveniles a razón de 40 organismos, a estos se les realizó recambios continuos de agua hasta capturar el total de organismos. El transporte se realizó en un tiempo aproximado de 10 minutos, de la zona de captura hasta el Instituto Tecnológico de Lerma.

### 3.4 Aclimatación y siembra de organismos.

Previo a la siembra, se procedió al registro de los parámetros ambientales como: temperatura, oxígeno, salinidad y pH, tanto en las tinas de transporte como en los estanques donde se sembraron los organismos, los cuales fueron preparados previamente. La diferencia de la temperatura del agua de transporte y el agua del estanque fueron menores de 2°C, esto permitió una rápida homogenización de la temperatura, concluyendo el proceso de

aclimatación en 20 minutos. Posteriormente, los organismos fueron colocados en 6 estanques de fibra de vidrio con un volumen de 2.5 m<sup>3</sup> c/u (Fig. 2).

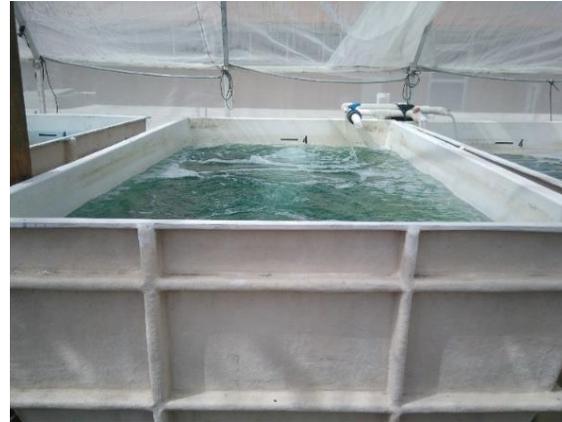


Figura 2. Estanques de cultivo de *T. falcatus*.

El sistema de aireación fue continuo para todo el ciclo de cultivo, empleando para esto un blower de 2 HP. Previo a la siembra en los tanques de cultivo, a los organismos se les aplicó un baño profiláctico con azul de metileno (20 mililitros x 300 L de agua dulce) durante 5 minutos con la finalidad de eliminar microorganismos en los peces. La siembra se realizó de manera aleatoria utilizando dos tratamientos (T1= 30 org/m<sup>3</sup> y T2= 50 org/m<sup>3</sup>).

### 3.5 Parámetros fisicoquímicos

Diariamente se registraron los parámetros fisicoquímicos en los estanques de cultivo, durante los 6 meses que duró el experimento. Los parámetros registrados fueron el pH, medido con un potenciómetro de campo, marca HANNA, modelo HI-8519, serie 1128172; el oxígeno disuelto y la temperatura, se determinaron con un oxímetro EcoSense, Marca YSI, modelo DO200A y la salinidad con un refractómetro marca YSI con escala de 0-100 ups. Los parámetros se registraron 3 veces al día (08:00, 12:00 y 16:00 horas).

### 3.6 Alimento suministrado

La alimentación de los peces inició al día siguiente de que los organismos fueron sembrados en los estanques, a estos se les suministraron tres raciones diarias (8:00, 12:00 y 16:00 horas) con alimento peletizado para camarón (Fig. 3), la alimentación fue del 8% del total de la biomasa de los organismos. El porcentaje de proteína del alimento

suministrado durante el cultivo de los juveniles fue del 32%.



**Figura 3.** Alimento peletizado para camarón.

### 3.7 Biometrías

La medición morfológica de los peces se realizó cada 15 días (Fig. 4). Para determinar el peso (g) alcanzado se muestreo el 20 % de los peces (Haruna *et al.*, 2013 y García *et al.*, 2016), de cada estanque, esto debido a que la población presento un factor de variabilidad muy homogéneo con respecto al peso, empleando la ecuación peso ganado (g)=peso promedio final – peso promedio inicial (Poot-López *et al.*, 2012). Con esto se determinará el peso promedio individual y así poder obtener un peso estimado por m<sup>3</sup>. El peso diario ganado (DWG) fue determinado de acuerdo a Damodaran *et al.*, (2019) mediante:  $DWG = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$ , donde  $W_2$ = peso final,  $W_1$ = peso inicial,  $t_2$ = tiempo final y  $t_1$ = tiempo inicial. Para lo anterior se utilizó una balanza digital marca Ohaus con capacidad de 2000 g. El periodo de estudio fue del 02 de febrero al 02 de septiembre de 2019. El peso promedio de los organismos utilizados al inicio de cultivo fue de  $7.62 \pm 2.47$  g.

### 3.8 Factor de Conversión Alimenticia

El Factor de Conversión Alimenticia (FCA) se determinó al final de experimento según Da Cunha *et al* (2013) con la siguiente ecuación:  $FCA = \text{alimento seco suministrado (g)}/\text{biomasa ganada (g)}$ .



**Figura 4.** Biometría de la palometa durante el cultivo.

### 3.9 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó la prueba “t” Student para muestras independientes con un nivel de significancia del 95% para determinar si existen diferencias significativas en el peso promedio (g) obtenido entre los tratamientos. Se empleó STATGRAPHICS® Centurion XV (STATPOINT, Inc. Versión 15.2.06) para el análisis de los resultados.

### 3.10 Sobrevivencia

La sobrevivencia fue calculada diariamente durante los 6 meses del estudio, registrándose en una bitácora las mortalidades; esto con la finalidad de ajustar el % de alimentación por semana. Para determinar la sobrevivencia al final de período de estudio, se aplicó la ecuación propuesta por Ferdous *et al.*, (2014) donde:  $\text{Sobrevivencia (\%)} = \text{Número de peces cosechados}/\text{Número de peces sembrados} \times 100$ .

### 3.11 Diseño experimental

El diseño experimental empleado para este estudio consistió en probar dos densidades de cultivo como tratamientos: 30 org/m<sup>3</sup> (T1) y 50 org/m<sup>3</sup> (T2), teniendo como referencia los estudios realizados por (García *et al.*, 2018), el experimento se realizó por triplicado (Fig. 5). Los organismos fueron divididos aleatoriamente en los seis estanques, manteniendo 90 organismos en 3 estanques y 150 organismos en los restantes, para ajustar con esto a las densidades bajo estudio.

### 3.12 Manejo del cultivo

Los recambios de agua realizados por día fueron del 100 % de la capacidad del estanque. El abastecimiento de agua marina paso por sistema de filtración (arena y cartucho) para una mejor calidad del agua. De igual manera,

se realizó diariamente el sifoneo de los estanques de cultivo con una manguera de 1 ½ pulgada, la limpieza de superficie de éstos se realizó con redes tipo cuchara.

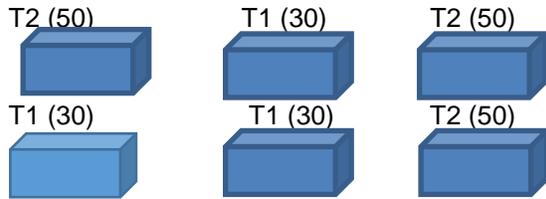


Figura 5. Módulo experimental.

#### 4. RESULTADOS

El crecimiento de los organismos mostró un comportamiento similar para cada tratamiento en cada una de las repeticiones (Tabla 1). Al final de experimento el peso (g) promedio fue de  $94.33 \pm 5.85$  g y  $91.16 \pm 15.41$  g para T1 y T2, respectivamente (Fig. 6, 7).

Tabla 1. Resultados de las biometrías del cultivo de Palometa (datos en gramos).

Biometría	T1 (30 org/m <sup>3</sup> )			T2 (50 org/m <sup>3</sup> )		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Inicial	7.2	7.7	7.2	3.6	11.2	8.8
Intermedia	36.8	35	31.8	21.6	41.6	44.8
Final	98.2	97.2	87.6	73.4	101	99.1

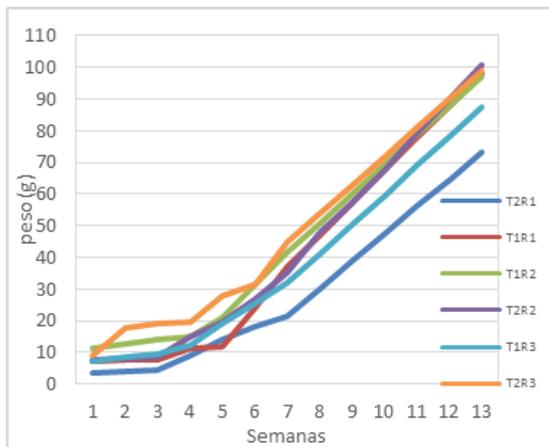


Figura 6. Incremento de Peso (g) obtenido por semana en el cultivo de palometa por tratamiento y repetición (T1 y T2).

El análisis estadístico indicó que no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las densidades de cultivo de 30 org/m<sup>3</sup> (T1) y 50 org/m<sup>3</sup> (T2), indicando un valor de  $t = 0.21$  con 95% de confiabilidad, por lo que las densidades de siembra no influyen en el crecimiento de la palometa. El peso promedio ganado por mes fue de 14.23 g y el peso promedio ganado por día fue 0.47 g.

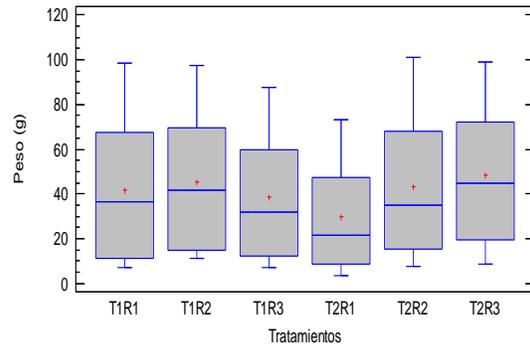


Figura 7. Pesos (g) máximos y mínimos obtenido en el cultivo de palometa por tratamiento y repetición (T1 y T2).

En cuanto a la sobrevivencia promedio mensual (Fig. 8), para cada tratamiento al final del experimento, se registró un 41% para el tratamiento 1 (T1) y 63 % para el tratamiento 2 (T2) en los 7 meses de cultivo.

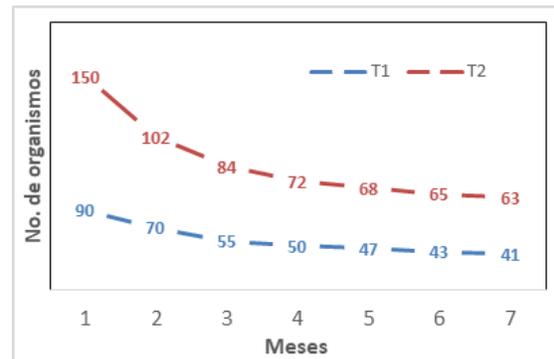
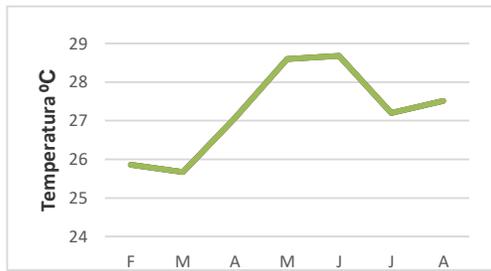
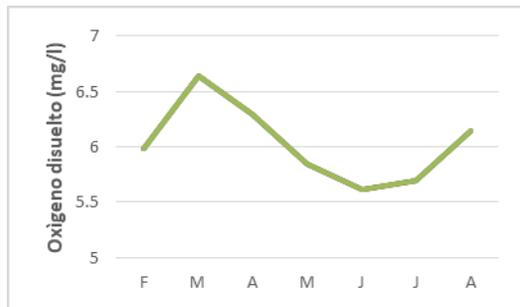


Figura 8. Porcentaje de sobrevivencia promedio mensual por tratamiento del cultivo de palometa.

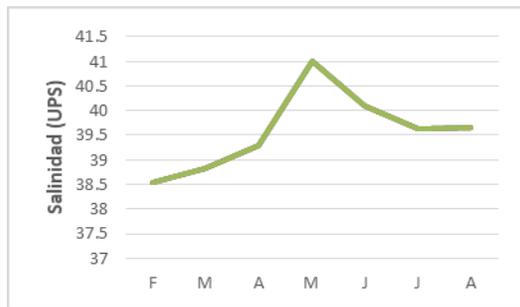
Con respecto a los parámetros físicos y químicos del cultivo, estos se mantuvieron en los intervalos aceptables para esta especie, obteniendo los siguientes valores promedio: temperatura  $27.23 \pm 1.18^\circ\text{C}$ , oxígeno disuelto  $6.03 \pm 0.36$  mg/l, salinidad de  $39.58 \pm 0.82$  ups y un pH de  $6.85 \pm 0.28$ , para los 7 meses que duro el experimento (Figuras 9,10, 11 y 12).



**Figura 9.** Temperatura (°C) promedio mensual registrada en el cultivo de palometa.



**Figura 10.** Oxígeno disuelto (mg/l) promedio mensual registrado en el cultivo de palometa.



**Figura 11.** Salinidad (ups) promedio mensual registrado en el cultivo de palometa.



**Figura 12.** pH promedio mensual registrado en el cultivo de palometa.

En la tabla 2, se presentan los datos de parámetros ambientales promedio para cada una de las densidades de cultivo.

**Tabla No 2.** Parámetros ambientales en los tratamientos.

Biometrías	T1 (30 org/m <sup>3</sup> )	T2 (50 org/m <sup>3</sup> )
Oxígeno	5.8 mg/l	6.26
Temperatura	27.64 °C	26.82
Salinidad	39.18 ups	39.98
pH	7.18	6.52

## 5. DISCUSIÓN

De acuerdo a estudios realizados por Weirich *et al.* (2009), Nguyen *et al.* (2017) y Damodaran *et al.* (2019) en relación al crecimiento y sobrevivencia del género *Trachinotus*, y en comparación con nuestros resultados nos permiten concluir de manera preliminar que el cultivo de palometa (*T. falcatus*) a densidades intensivas (mayores a 30 y 50 org/m<sup>3</sup>) en estanques de media caña, es factible para llevar la engorda a nivel piloto.

Respecto a la sobrevivencia se debe considerar que el porcentaje fue del 52 % debido a que se tuvieron problemas con el sistema de filtrado mecánico en el agua, lo que posiblemente afecto la calidad del agua utilizada en el cultivo, en el cual se pudo apreciar la presencia de microorganismos que afectaron a los juveniles.

En cuanto a las densidades de cultivo, en éste estudio se evaluaron densidades semiintensivas iniciales de 30 y 50 org/m<sup>3</sup>, las cuales son superiores a las reportadas por Groat *et al.* (2002) y Freitas *et al.* (2012) para *T. coralinus*, quienes evaluaron densidades de 6 a 12 y de 20 org/m<sup>3</sup>, respectivamente. Estos autores concluyen que a densidades relativamente bajas de cultivo se logran crecimientos aceptables y sobrevivencias del 95 y 62 %, respectivamente. Resultados similares son reportados por Weirich *et al.* (2009) para esta misma especie, a densidades de cultivo de 25 y 50 org/m<sup>3</sup>, obtuvieron sobrevivencia del 89%. Nuestros resultados indican una sobrevivencia promedio del 52% para *T. falcatus*, la cual está por debajo de estos reportes que emplearon dietas altas en proteína y lípidos las cuales pudieran tener un

efectos en la sobrevivencia, esto ha sido demostrado por Nguyen *et al.* (2017) para *T. falcatus*, quienes obtuvieron una sobrevivencia del 94% empleando dietas con alta concentración de proteína cruda y lípidos.

El factor de conversión alimenticia obtenido en el presente trabajo es similar a los comparados con la mayoría de los peces cultivados comercialmente en el mundo y alimentados con piensos secos hasta la talla comercial. En este estudio se obtuvo un factor de 1.62 para *T. falcatus*, similar a los reportados para esta misma especie por Nguyen *et al.*, (2017) con 1.6 y Millares y Ceballos (2017), con valores de 1.3 a 2.8, respectivamente. Este intervalo de FCA está dentro de los reportados para *T. marginatus* con 1.54 (Da Cunha *et al.*, 2013), de 1.58 a 1.94 para *T. blochii* (Chávez *et al.*, 2011; Damodaran *et al.*, 2019).

En el presente trabajo se logró un crecimiento de 0.522 g/día para *T. falcatus*, los cuales están por debajo para los reportados para *T. coralinus*, *T. blochii* y *T. falcatus* con 2.8, 2.16 y 2.3 g/día, respectivamente (Weirich *et al.*, 2009; Damodaran *et al.*, 2019; y Nguyen *et al.*, 2017). Es posible que esta diferencia en crecimiento diario, en relación con nuestros resultados, se debe a las diferencias en la concentración de proteína en las dietas, ya que en este estudio se proporcionó un 32 % de proteína, lo cual está por debajo de los reportes para *T. blochii*, *T. marginatus* y *T. ovatus*, que mantuvieron 45, 59 y 43 % de proteína, respectivamente (Damodaran *et al.*, 2019; Da Cunha *et al.*, 2013; y Cremer y Jian *et al.*, 1999). Los estudios con otras especies de *Trachinotus* han demostrado que los altos requerimientos de proteínas y energía en la dieta (Lazo *et al.*, 1998) soportan la estricta naturaleza carnívora y comportamiento altamente activo y, en consecuencia, altas demandas metabólicas (Tutman *et al.* 2004; Riche, 2009).

La mayoría de los peces marinos de hábitos carnívoros, necesitan del 35 al 45 % de contenido proteico, aunque algunas especies pueden requerir una mayor cantidad en función de la temperatura (Tucker, 1992). Por lo anterior consideramos seguir con estudios que nos permitan encontrar la relación adecuada entre la densidad de siembra y el porcentaje de proteína en la dieta.

## 6. CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio mostraron crecimiento similar en las dos densidades de cultivo: 94.33 g y 91.16 a 30 y 50 org/m<sup>3</sup>, respectivamente. El crecimiento promedio de los organismos fue de 86 g en 180 días de cultivo, con un crecimiento promedio mensual de 14.23 g y un crecimiento promedio diario de 0.47 g. El crecimiento encontrado en este estudio es inferior a los reportados en la bibliografía, sin embargo, se debe continuar con la realización de ensayos a densidades mayores de cultivo, con diferentes dietas que satisfagan las necesidades nutricionales de la palometa. Se logró obtener un Factor de Conversión Alimenticia de 1.62 (1.52 para T1 y 1.72 para T2) y una sobrevivencia de 46 % para el tratamiento T1 y 42 % para T2), presentándose la mayor mortalidad en los dos primeros meses de cultivo. Los parámetros ambientales del cultivo (oxígeno, temperatura, pH y salinidad) se mantuvieron en los rangos permisibles para el crecimiento adecuado de esta especie.

En el presente trabajo, se establecen los principios básicos que permitirán continuar con la investigación enfocada al desarrollo del cultivo de la palometa en el Instituto Tecnológico de Lerma. Se recomienda utilizar porcentajes de proteína mayores a 35 %, así como incluir en el sistema de filtración de agua marina, los filtros de arena sílica y cartucho para mejorar la calidad del agua, ya que esto podría influir en una mayor sobrevivencia dentro de las primeras etapa del cultivo en la cual los peces presentan un peso de 5 a 30 g.

## 7. LITERATURA CITADA

- Anderson, J.D. y P.D. Cason. 2015. Density-dependent impacts on growth and body condition of red drum in stock enhancement rearing ponds. *North American Journal of Aquaculture*, 77(4): 491-496.
- Álvarez-Lajonchère, L. y L. Ibarra-Castro. 2012. Juvenile yield index to highlight intensive culture potential in tropical marine fish. *Hidrobiológica*, 22(1): 42-48.
- Álvarez-Lajonchère, L. y L. Ibarra-Castro. 2013. Aquaculture species selection method applied to marine fish in the Caribbean. *Aquaculture*, 408-409: 20-29.

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.05.020>
- Chávez, H.M., M. Fang y A. Carandang. 2011. Effect of stocking density on growth performance, survival and production of silver pompano, *Trachinotus blochii*, (Lacépède, 1801) in marine floating cages. *Asian Fisheries Science*, 24:321-330.
- Crabtree, R.E., P.B. Hood y D. Snodgrass. 2002. Age, growth and reproduction of permit (*Trachinotus falcatus*) in Florida waters. *Fishery Bulletin*, 100: 26-34.
- Crermer, M. y Z. Jian. 1999. Pompano (*Trachinotus ovatus*) growth performance in 1.5-m<sup>3</sup> cages with soybean meal and fishmeal based feed rations. *ASA Trial*, 35-99-73:1-6.
- Da Cunha, V.L., R. Pereira, O.M. Hideo, R.R. Vieira y L. Sampaio. 2013. Feeding rate and frequency on juvenile pompano growth. *Pesq. Agropec. Bras.*, 48(8): 950-954.
- Damodaran, D., M.S. Kumar, V.V. Kumar, K. Sukhdane, A. Azeez y R. Kumar. 2019. Intercropping of marine finfish in shrimp ponds: A maiden feasibility study. *PLoS ONE*, 14(5): 1-14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216648>
- Ellis, T., B. North, A.P. Scott, N.R. Bromage, M. Porter y D. Gadd. 2004. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 61: 493-531.
- Ferdous, Z., M. Ajaz y A. Moshin. 2014. Influence of stocking density on growth performance and survival of monosex tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fry. *International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture*, 4(2): 99-103.
- Fitzsimmons, K. 2000. Future trends of tilapia aquaculture in the Americas. Pp. 252-264. B. A. Costa - Pierce and J.E. Rakocy. *Tilapia aquaculture in the Americas*, Vol. 2. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA.
- Freites, L.C., M. Guevara, J. Alió y C. Graziani. 2012. Experiencias en el cultivo de organismos marinos en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Saber. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 24(1): 5-24.
- García, T.R., A. Ancona, J.A. Solis, D. Cabañas, A. Escamilla, K. Castillo y A. Escamilla. 2016. Evaluación del crecimiento del pargo canane (*Ocyurus chrysurus*) y biajaiba (*Lutjanus synagris*) cultivados en jaulas flotantes en la costa de Lerma, Campeche, México. *TecnolIntelecto*, 13 (2): 6-15.
- Groat, D. R. 2002. Effects of feeding strategies on growth of Florida pompano (*Trachinotus carolinus*) in closed recirculating systems. *LSU Master's Theses*. 3513. [https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool\\_theses/3513](https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_theses/3513)
- Hamed, H.S., N. Jiddawi, O.J. Bwathondi y A. Mmochi. 2016. Effect of feeding frequency and feeding rate on growth performance of juvenile silver pompano, *Trachinotus blochii*. *Journal of Marine Science*, 15(1): 93-47.
- Haruna, A.E., A. Delwin y C. Larby. 2013. Effects of stocking density on the growth and survival of *Oreochromis niloticus* cultured in hapas in a concrete tank. *African Journal of Agricultural*, 7(15): 2405-2411.
- Ibarra-Castro, L., I. Gutiérrez-Sigeros, L. Álvarez-Lanjonchère, C. Durruty-Lagunes y A. Sánchez-Zamora. 2015. Desempeño reproductivo y primeros estadios de vida en corvina pinta *Cynoscion nebulosus* en cautiverio. *Biología Marina y Oceanografía*, 50(3): 439-451.
- Jayakumar, R., G. Abdul Nazar, G. Tamilmani, M. Sakthivel, C. Kalidas, P. Rameshkumar, G. Hanumantar y G. Gopakumar. 2014. Evaluation of growth and production performance of hatchery produced silver pompano *Trachinotus blochii* (Lacepède, 1801) fingerlings under brackishwater pond farming in India. *Indian Fish*, 61(3): 58-62.
- Kalidas, C., M. Sakthivel, G. Tamilmani, P. Ramesh, A. Abdul Nazar, R. Jayakumar, R. Balamurugan, A. Ramkumar, J. Prem y G. Gopakumar. 2012. Survival and growth of juvenile silver pompano *Trachinotus blochii* (Lacepède, 1801) at different salinities in tropical conditions. *Indian Fish*, 59(3): 95-98.
- Khatab, Y.A., M. Abdel-Tawwab y M.H. Ahmad. 2004. Effect of protein level and stocking density on growth performance, survival rate, feed utilization and body composition of Nile tilapia fry (*Oreochromis*

- niloticus* L.). New Dimension in Farmed Tilapia. Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Eds. R.B. Bolivar, G.C. Mair y K. Fitzsimmons, Manila, Philippines, 1: 264-276.
- Lazo, J. P., A. Davis y R. Arnold. 1998. The effects of dietary protein level on growth, feed efficiency and survival of juvenile Floriada pompano (*Trachinotus carolinus*). *Aquaculture*, 169: 225–232.
- McMaster, M.F, T.C. Kloth y J.F. Coburn. 2004. Prospects for commercial pompano mariculture. *Aquaculture America*, 15 pp.
- McMaster, M.F. y G. Gopakumar. 2016. Cultured aquatic species information programme *Trachinotus carolinus*. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome.
- Manley, C. B., C.F. Rakocinski, P.G. Lee y R.B. Blaylock. 2014. Stocking density effects on aggressive and cannibalistic behaviors in larval hatchery reared Spotted Seatrout, *Cynoscion nebulosus*. *Aquaculture* 420:89–94.
- Millán, A., S. Cárdenas y J.M Mancera. 2011. Efecto de la densidad de cultivo sobre el crecimiento y su sistema de estrés en corvina *Argyrosomus regius* (Asso, 1801). XIV Foro de los Recursos Marinos y la Acuicultura de las Rías Gallegas O Grove (Pontevedra) 6-7 de octubre de 2011.
- Millares, N.M. y B.J. Ceballos. 2017. Especies con potencial para el maricultivo en Cuba: pámpanos y palometas. *Revista cubana de Investigación Pesquera*, 34(2): 90-97.
- Nguyen, H.Q., C.T. Chi y T. Nguyen. 2017. Effects of dietary digestive protein and energy levels on growth performance, feed utilization, and body composition of juvenile permit, *Trachinotus falcatus* (Linnaeus, 1758). *Journal of the World Aquaculture Society*. doi: 10.1111/jwas.12433.
- Pirozzi, I., M.A. Booth y P.M. Pankhurst. 2008. The effects of stocking density and repeated handling on the growth of juvenile mulloway, *Argyrosomus japonicus* (Temminck and Schlegel, 1843). *Aquacult. Int.*, 17: 199-205.
- Poot-López, G., E. Gasca-Leyva y A. Olvera-Novoa. 2012. Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidoscolus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40(4): 835-846.
- Rahmah, S., K. Kato, S. Yamamoto, K. Takii, O. Muramata y S. Senoo. 2014. Improved survival and growth performances with stocking density manipulation and shelter availability in bagrid catfish *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes 1840) larvae. *Aquaculture Research*, 45: 200-209.
- Ranjar, R., S. Megarajan, B. Xavier, S. Ghosh y A. Santhosh. 2018. Broodstock development, induced breeding and larval rearing of Indian pompano, *Trachinotus mookalee*, (Cuvier, 1832) a new candidate species for aquaculture. *Aquaculture*, 495: 550-557.
- Riche, M. 2009. Evaluation of digestible energy and protein for growth and nitrogen retention in juvenile Florida pompano, *Trachinotus carolinus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40: 45–57.
- Sahoo, S. K., S.S Giri, S. Chandra y A.K. Sahu. 2010. Stocking density-dependent growth and survival of Asian Sun Catfish, *Horabagrus brachysoma* (Gunther 1861) larvae. *Journal of Applied Ichthyology*, 26: 609– 611.
- Thouard, E., P. Soletchnik y J. Marion. 1990. Selection of finfish species for aquaculture development in Martinique (F.W.I.). *Aquaculture*, 89: 193-197.
- Trejo-Igueravide, R. 2017. Evaluación de los cultivos acuícolas en Tamaulipas, México. *Ciencia UAT*, 12(1):114-133.
- Tucker, W.J. 1992. Marine fish nutrition. Proceedings: *Aquaculture nutrition Workshop*. Allan G.L. y W. Dall Editions Salamander Bay, Australia: 25-40.
- Tutman, P., N. Glavic, V. Kožul, B. Skaramuca y B. Glamuzina. 2004. Preliminary information on feeding and growth of pompano, *Trachinotus ovatus* (Linnaeus 1758) (Pisces; Carangidae) in captivity. *Aquaculture International* 12:387–395.
- Weirich, C.R., D.R. Groat, R.C. Reigh, E.J. Chesney y R.F. Malone. 2006. Effect of feeding strategies on production characteristics and body composition of Florida pompano reared in marine

recirculating systems. North American Journal of Aquaculture 68:330-338

Weirich, C.R., P. Wills, M. Baptiste y P. Woodward. 2009. Production characteristics and body composition of Florida pompano reared to market size at two different densities in low-salinity recirculating aquaculture systems. North American Journal of Aquaculture 71:165-173.

## EFFECTOS A LARGO PLAZO EN LOS CAPACITORES DE TANTALIO DEBIDO A FRACTURAS EN SU RESINA EPÓXICA

*H. Jasso-Guerrero & R.A. Derat-Solis*

*Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. Blvd. Emilio Portes Gil No. 1301. Ciudad Victoria, Tamaulipas. México. C. P. 87010.*

*[jassoquerrero@hotmail.com](mailto:jassoquerrero@hotmail.com)*

**RESUMEN:** Este artículo está enfocado en la evaluación de capacitores de Tantalio (Ta) con cátodo de Dióxido de Manganeso ( $MnO_2$ ) que presentan fractura en su resina epóxica. Los usuarios de este tipo de capacitores han sido renuentes en aceptar las fracturas en la resina epóxica como un asunto puramente estético y no funcional, con los costos que esto representa para la industria. Se presentan los resultados de una prueba de confiabilidad conocida como HAST (High Accelerated Stress Test) en un grupo de capacitores con fractura y un grupo sin fractura (de control). De los parámetros evaluados solo la capacitancia mostró diferencia estadística en el grupo con resina fracturada. Ambos grupos mostraron un incremento en los parámetros, por lo que se concluye que es debido al comportamiento normal de las partes y no a la presencia de fracturas. No se encontraron partes fuera de especificación.

**PALABRAS CLAVE:** dieléctrico, dióxido de manganeso, prueba de confiabilidad, degradación.

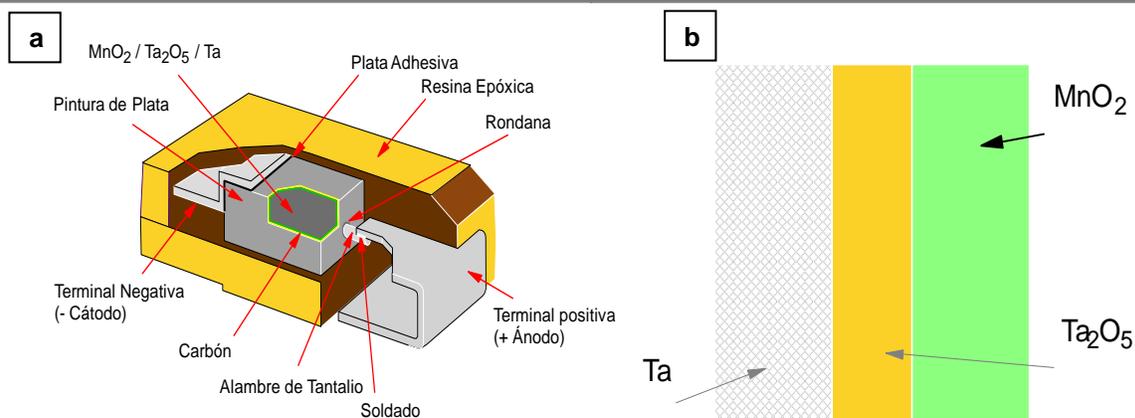
**ABSTRACT:** This article focuses on the evaluation of Tantalum capacitors with Manganese Dioxide ( $MnO_2$ ) as cathode that show fractures on the epoxy resin. Users of this type of capacitors have been reluctant to accept fractures as a purely aesthetic and not functional issue, with the costs this represents for the industry. Results of a reliability test known as HAST (High Accelerated Stress Test) in a group of fractured capacitors and a non-fractured (control) group are presented. Of the evaluated parameters only capacitance showed statistical difference in the group with fractured resin. Both groups showed an increase in the evaluated parameter, so it is concluded that it is due to the normal behavior of the parts and not to the presence of fractures. No parts were found out of specification.

**KEY WORDS:** dielectric, manganese dioxide, reliability test, degradation.

### 1. INTRODUCCIÓN

En un concepto simple, un capacitor es un dispositivo electrónico pasivo capaz de almacenar energía en forma de campo eléctrico en un par de placas conductoras separadas por un dieléctrico. Las placas conductoras son conocidas como ánodo (terminal positiva) y cátodo (terminal negativa); el dieléctrico que las separa es un material poco conductor por lo que el paso de corriente a través de él es prácticamente nulo. El presente trabajo está enfocado a un tipo particular de capacitor electrolítico: el capacitor de Tantalio (Ta) con cátodo de Dióxido de Manganeso ( $MnO_2$ ). El capacitor de Tantalio con cátodo de Dióxido de

Manganeso está formado en su terminal positiva o ánodo por un alambre de Tantalio insertado dentro del cuerpo del capacitor, que también es de Tantalio, su dieléctrico está formado por Pentóxido de Tantalio ( $Ta_2O_5$ ), el cual es el producto de la oxidación del Tantalio durante su proceso electroquímico. Finalmente, las partes son recubiertas por una capa de Dióxido de Manganeso, el cual fungirá como cátodo o terminal negativa. La figura 1 muestra estos tres componentes, más otros elementos auxiliares que ayudan a optimizar las características eléctricas del capacitor.



**Figura 1.** Partes del Capacitor de Tantalio con dióxido de Manganeso. **a**, vista general del capacitor de Tantalio con dióxido de Manganeso. **b**, orden de las capas que dan forma al capacitor en sí mismo: Tantalio (Ta) - Pentóxido de Tantalio ( $Ta_2O_5$ ) – Dióxido de Manganeso ( $MnO_2$ ). Tomado del documento *Materials Structures Performance*, KEMET.

El objetivo de este artículo es empezar a documentar una serie de pruebas de confiabilidad en capacitores con fractura en su resina epóxica con el propósito de establecer si la condición de fractura tiene un efecto en el rendimiento a largo plazo de los capacitores. Los parámetros eléctricos bajo evaluación son los siguientes:

1. Capacitancia (CAP)
2. Resistencia Equivalente en Serie (ESR)
3. Factor de Disipación (DF)
4. Fuga de Corriente (Lkg)

Los resultados se comparan con un grupo de control con el objetivo de tener una base de comparación. Los resultados servirán de apoyo a fabricantes y usuarios en la toma de decisiones relacionadas a producto ya fabricado y/o ensamblado con esta condición.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Definición del Problema

La figure 2 muestra ejemplos de fracturas en la resina epóxica de algunos capacitores de tantalio.

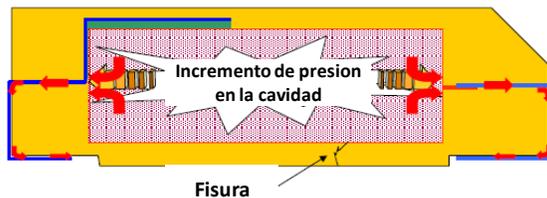


**Figura 2.** Ejemplo de fracturas en la resina epóxica. **a**, una vista general de los capacitores montados en una tarjeta. **b** y **c**, acercamiento que permite ver la fractura de la resina epóxica.

El fenómeno mostrado en la figura 2, es conocido en la industria como “outgassing” y consiste en la expulsión a presión del vapor de agua previamente absorbida por la resina epóxica. Este fenómeno se presenta debido a la absorción de humedad por parte de la resina epóxica. La resina epóxica es higroscópica y puede absorber humedad bajo ciertas condiciones atmosféricas de humedad.

En el caso de que una cantidad suficiente de humedad haya sido absorbida, esta misma puede ser expulsada del cuerpo del capacitor durante el proceso de unión al que las partes se ven sometidas. Las altas temperaturas alcanzadas durante este proceso de unión (cercano a  $250^{\circ}C$ ) pueden ser suficientes para evaporar esta humedad y expulsarla con fuerza suficiente para crear una fisura en la superficie de la resina.

“Los compuestos de Molde Epóxico son higroscópicos y la humedad que ingresa en ellos se puede acumular en las interfaces dentro del capacitor de montaje superficial. La cantidad de humedad absorbida es función del tiempo, la permeabilidad a la humedad del compuesto, la forma geométrica, la temperatura y la humedad relativa. Durante el proceso de soldado por reflujo, el dispositivo es calentado a temperaturas tan altas como 230°C, esto es bastante más arriba de la temperatura de transición de la mayoría de los compuestos de moldes (las cuales van desde 140°C a 160°C). El estrés se desarrolla a altas temperaturas. La humedad vaporizada incrementa la presión del vapor en la cavidad delaminada. Si el estrés hidrotérmico y la presión del vapor exceden la fuerza de adhesión y resistencia a la fractura del compuesto epóxico, estas fuerzas se convierten en los factores que: hacen crecer la delaminación y hacen aparecer las fisuras. Las fisuras típicamente inician en las esquinas de las interfaces para luego propagarse a través del compuesto de moldeo en la dirección de máximo estrés. La predominancia de una fisura sobre otra depende de la estructura del capacitor, las condiciones de soldadura y la relación entre la humedad absorbida y la máxima absorción posible” (Gallo, 1995). La figura 3 muestra el fenómeno de forma gráfica.



**Figura 3.** Formación de la fisura. Durante la unión del capacitor se genera una presión producto de la evaporación de la humedad capturada en la resina epóxica, al salir se produce una fisura (“crack”).

Una consecuencia secundaria a este fenómeno de “outgassing” es el movimiento de partes electrónicas pequeñas colocadas a un costado del capacitor, esto debido a la expulsión a presión del vapor de agua. Curiosamente, esta consecuencia es la que generalmente hace evidente el problema, no el fenómeno en sí mismo. La sola presencia de este fenómeno, inclina a los usuarios a dudar de la confiabilidad a largo plazo del capacitor, especialmente de aquellos con aplicaciones críticas tales como la industria automotriz o aeroespacial, por citar

sólo algunas. Esta condición puede hacer que los usuarios del componente lo sometan a protocolos de prueba adicionales que le agregarán costo; en casos más extremos, al cambio de los componentes sospechosos por otros sin fractura, ocasionando gastos de re-trabajo y riesgos adicionales al producto.

## 2.2 Revisión del proceso de Manufactura

Durante el proceso de moldeo, la resina epóxica es moldeada alrededor del cuerpo del capacitor a través de moldes especialmente diseñados para este propósito. Parámetros tales como temperatura, tiempo, presión de los moldes, etc. son variables críticas de este proceso toda vez que de ellas dependerá la buena calidad de la resina epoxica que cubrirá a los capacitores. Como se observa en la figura 4, las entradas a este proceso de moldeo (máquinas de moldeo) son la resina epóxica en forma de pastilla y los capacitores ya construidos. La salida será entonces estos mismos capacitores pero ya con la resina epóxica alrededor de ellos.



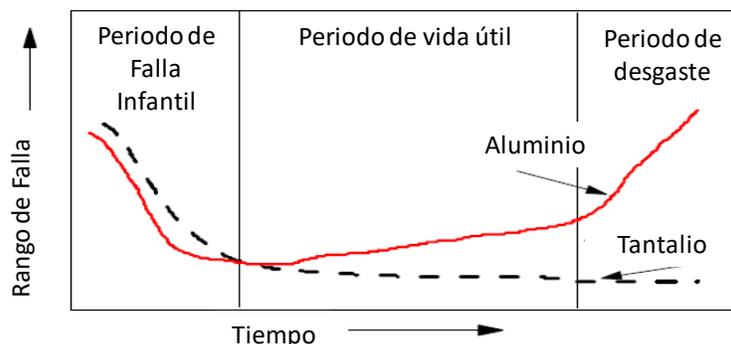
**Figura 4.** Molde de las partes. (a) pastillas de resina epoxica y Capacitores. (b) capacitores ya Moldeados (fotos tomadas del documento *KEMET Institute of Technology (KIT)*).

## 2.3 Revisión de la literatura

Contrario a lo que muchos componentes electrónicos muestran en relación a su comportamiento en el tiempo, el capacitor de Tantalio con Dióxido de Manganeso no se

degrada con el tiempo. Muestra, como casi todo los componentes electrónicos, un número de fallas al inicio de su operación, conocidas como fallas infantiles, sin embargo, después de este tiempo inicial, las fallas son prácticamente inexistentes, y salvo alguna condición muy específica, sería inusual tener capacitores con meses o años de uso que fallaran. La figura 5 muestra un comparativo entre el rango de falla

de los capacitores de Aluminio y los de Tantalio; como se observa, mientras el primero tiene un incremento en el rango de fallas con respecto al tiempo, el capacitor de Tantalio no lo tiene, esto es debido a la gran estabilidad termodinámica que tiene el Pentóxido de Tantalio, usado en estos capacitores como dieléctrico.



**Figura 5.** Comparativo entre capacitores de Tantalio y Aluminio con respecto a su rango de falla.

“No obstante la a competencia constante de los capacitores de aluminio y cerámica, los capacitores de tantalio (Ta) han estado en el mercado por más de medio siglo y continúan creciendo, especialmente aquellos con nueva tecnología, tales como los capacitores de tantalio con cátodo de polímero conductivo. Los parámetros más importantes que mantienen a los capacitores de tantalio en el mercado y los hacen atractivos para su uso en dispositivos electrónicos son su alta eficiencia volumétrica (CV/cc), baja Resistencia Equivalente en Serie (ESR) y baja Inductancia Equivalente en Serie (ESL), características altamente estables con respecto al voltaje y temperatura, con alta estabilidad en largos periodos de tiempo (por ejemplo, alta confiabilidad)” (Freeman, Hann, Lessner y Prymak, 2007).

Toda la industria electrónica está en línea con esta idea, el Estándar EIA-809 plantea este tema.- “Todos los tipos de capacitores de tantalio de electrolítico sólido (moldeados o herméticamente sellados) son extremadamente confiables para todo propósito práctico y tienen un tiempo de vida ilimitado cuando se usan dentro de los rangos de temperatura / voltaje e impedancia del circuito recomendadas por el fabricante. Las propiedades del dieléctrico de pentóxido de tantalio son tales que no existe mecanismo de desgaste (y sin requerimiento de reformación), de esta manera la confiabilidad está caracterizada por un rango

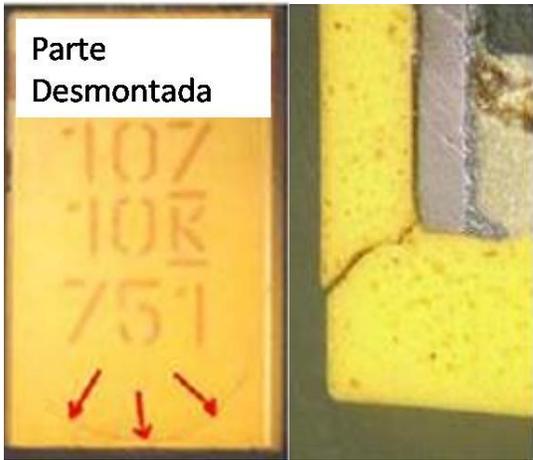
de falla inicial el cual se reduce con el tiempo. Estas características resultan, en parte, debidas a un mecanismo de auto-curado que existe entre el dieléctrico y el electrolito de dióxido de manganeso. Este mecanismo opera bajo condiciones de estado estable pero tiene efectos limitados en aplicaciones de alta corriente” (EIA-809, 1999).

### 3. ANALISIS DE MUESTRAS Y RESULTADOS

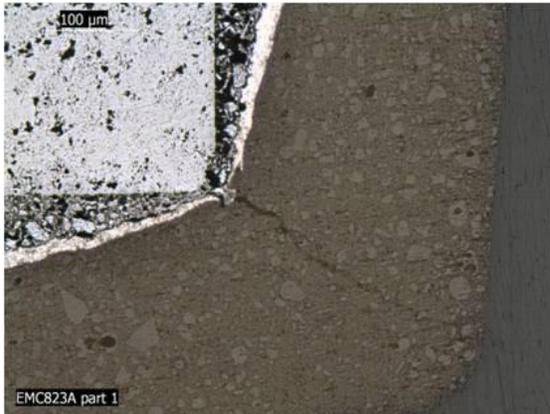
#### 3.1 Análisis de Muestras: corte transversal

La reducción de fallas en el tiempo depende de que el componente no tenga alguna condición de manufactura anormal. La figura 6 presenta evidencia fotográfica de un par de componentes con fisura en su resina epóxica y el alcance de esta fisura al interior del componente. Como se observa en la figura 6 (c), la fisura alcanzó la interface negativa del capacitor, sin embargo, no se ve evidencia que indique que esta interface ha visto comprometida su integridad.

La figura 7 muestra un capacitor con una fisura en su resina epóxica localizada en la parte baja del mismo, el corte del componente se hizo de manera frontal, es decir de terminal a terminal. En este caso, como el anterior, la integridad de la parte sigue intacta. No hay evidencia alguna de ruptura o desconexión entre capas.



**Figura 6.** Vista frontal y corte transversal. (a) componente completo (la fisura está indicada con flechas rojas), (b) corte transversal donde se aprecia la condición de la fisura.



**Figura 7.** Fisura vista en el Microscopio Electrónico de Barrido.

### 3.2 Prueba y resultados

Una vez corroborada la integridad de las partes, debemos ahora comprobar que esta integridad no se verá afectada en el tiempo bajo condiciones normales o incluso extremas de operación. Para este efecto se sometieron nueve piezas con condiciones similares a las mostradas en este documento a una prueba de confiabilidad conocida como HAST (*High Accelerated Stress Test*).

La prueba de HAST consiste en someter las piezas bajo estudio a una temperatura de 121°C, bajo una condición de humedad de 85% RH, y una presión de 1.72 ATM, todo esto por un total de 21 horas dentro de una cámara de prueba especial. Las piezas pueden o no estar energizada durante la prueba. Experiencias previas con esta prueba han mostrado una

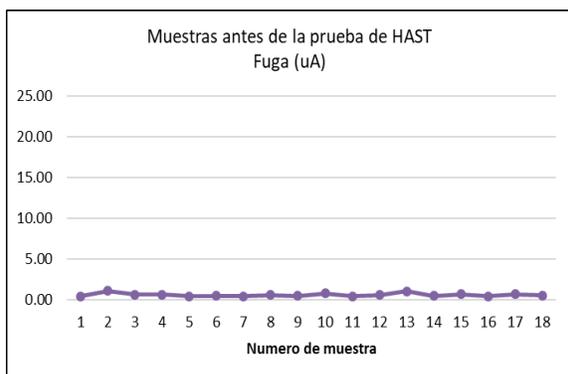
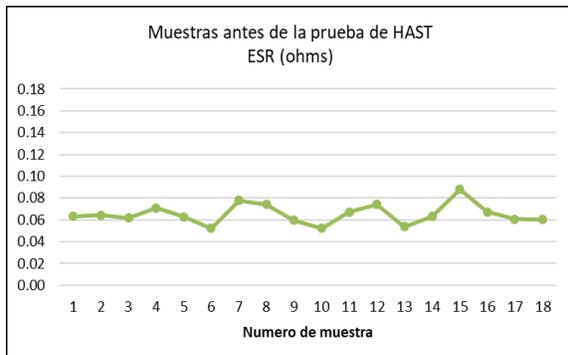
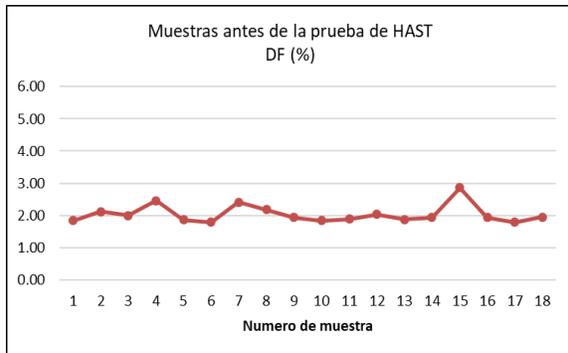
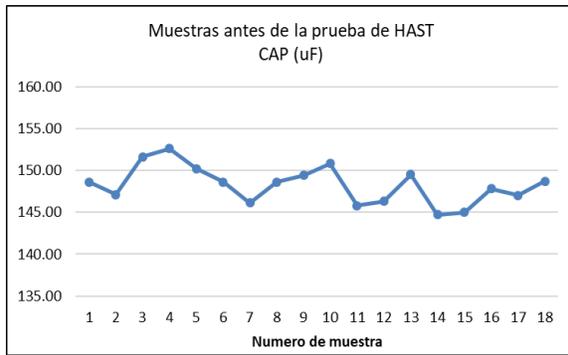
correlación aceptable entre esta prueba que es de corta duración con respecto a pruebas más largas tales como la prueba de humedad (85%RH) y temperatura (85°C) durante 1000 hrs. (Moore, 1992). Es entonces una prueba que nos brinda una buena aproximación de cómo los capacitores se comportarán en el largo plazo sin la necesidad de invertir una gran cantidad de horas en la prueba.

En la tabla 1 se reportan los resultados de la prueba de HAST realizada en nueve piezas con fracturas en su resina epóxica, muy similares a las reportadas en el presente documento. Este mismo grupo se dividió en cuatro y cinco piezas, las primeras fueron sometidas a la prueba de HAST energizadas a valor nominal (en este caso 10 V) mientras que el otro grupo no fue energizado. Con el propósito de tener un grupo de control se tomaron nueve piezas sin fractura, las cuales fueron sometidas al mismo protocolo de prueba que las piezas bajo evaluación.

Los parámetros eléctricos a evaluar fueron los comúnmente aceptados por la industria de capacitores de Tantalio, es decir, Capacitancia (CAP), Factor de Disipación (DF), Resistencia Equivalente en Serie (ESR) y Fuga de Corriente (LGK). A continuación los resultados de esta evaluación:

**Tabla 1a.** Resultados eléctricos de la prueba de HAST.

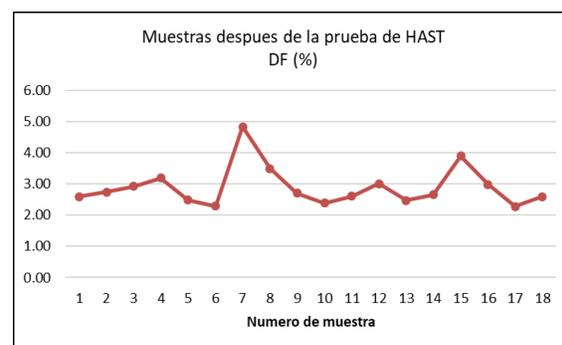
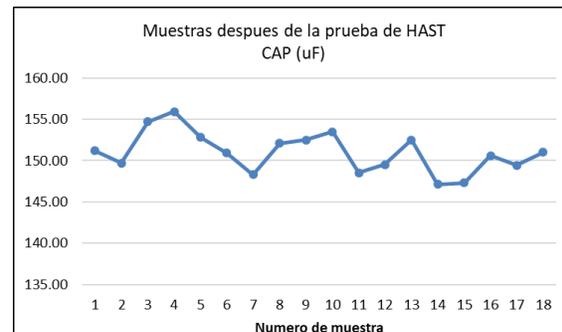
Antes de la prueba (HAST)					
Muestra	CAP (uF)	DF (%) @25°C 120 Hz max	ESR (ohms) @+25°C 100khz max	Fuga (uA) @ 25°C max	
<b>Partes con Fractura</b>					
Sin Energizar	1	148.60	1.84	0.06	0.42
	2	147.10	2.12	0.06	1.08
	3	151.60	2.00	0.06	0.59
	4	152.60	2.46	0.07	0.62
Energizado	5	150.20	1.86	0.06	0.39
	6	148.60	1.79	0.05	0.47
	7	146.10	2.41	0.08	0.43
	8	148.60	2.18	0.07	0.54
	9	149.40	1.94	0.06	0.46
<b>Partes sin Fractura</b>					
Sin Energizar	10	150.80	1.84	0.05	0.79
	11	145.80	1.89	0.07	0.41
	12	146.30	2.03	0.07	0.58
	13	149.50	1.87	0.05	1.02
Energizado	14	144.70	1.93	0.06	0.46
	15	145.00	2.86	0.09	0.69
	16	147.80	1.93	0.07	0.43
	17	147.00	1.79	0.06	0.66
	18	148.70	1.95	0.06	0.50
Specificacion	150 +/- 20%	8.0	0.150	15.0	



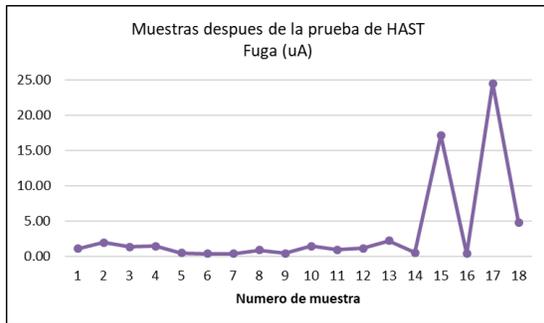
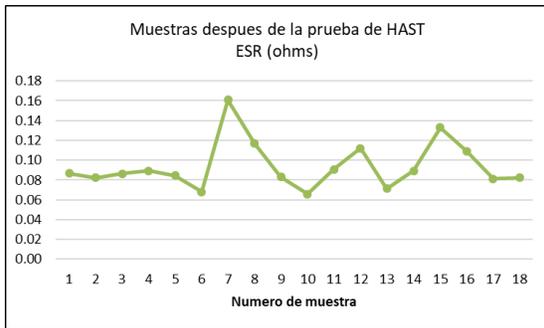
**Tabla 1b.** Resultados eléctricos de la prueba de HAST.

Despues de la Prueba (HAST)

Muestra	CAP (uF)	DF (%) @25°C 120 Hz max	ESR (ohms) @+25°C 100khz max	Fuga (uA) @ 25°C max
<b>Partes con Fractura</b>				
Sin Energizar	1	151.20	2.59	0.09
	2	149.70	2.74	0.08
	3	154.70	2.92	0.09
	4	155.90	3.19	0.09
Energizado	5	152.80	2.49	0.08
	6	150.90	2.29	0.07
	7	148.30	4.84	0.16
	8	152.10	3.49	0.12
	9	152.50	2.70	0.08
<b>Partes sin Fractura</b>				
Sin Energizar	10	153.50	2.39	0.07
	11	148.50	2.61	0.09
	12	149.50	3.01	0.11
	13	152.50	2.47	0.07
Energizado	14	147.10	2.66	0.09
	15	147.30	3.90	0.13
	16	150.60	2.99	0.11
	17	149.40	2.28	0.08
	18	151.00	2.60	0.08
Specificacion	150 +/- 20%	8.0	0.300	75.0



**Figura 8a.** Gráficos de los resultados eléctricos de la prueba de HAST.

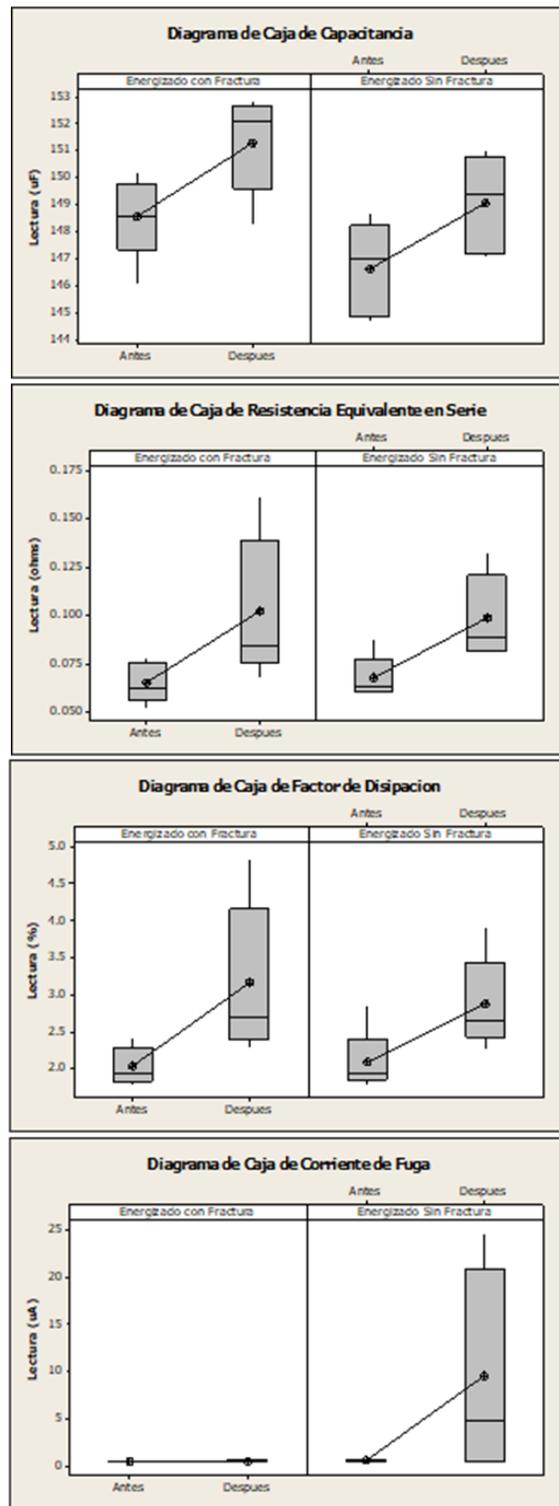


**Figura 8b.** Gráficos de los resultados eléctricos de la prueba de HAST.

Una primera conclusión importante es que ninguna de las piezas bajo evaluación falló, es decir, todas se encontraron bajo especificación una vez terminada la prueba. Sólo un par de piezas del grupo de control incrementaron su valor de Fuga de Corriente de manera importante: piezas 15 y 17.

### 3.3 Análisis Estadístico

El análisis se llevó a cabo usando el software estadístico MINITAB sobre el grupo de capacitores que estuvieron energizadas durante la prueba de HAST (muestras de la 5 a la 9 y de la 14 a la 18). El estadístico usado es la prueba *t de students* para dos grupos con un nivel de confiabilidad del 95%, asumiendo normalidad en los datos y varianzas iguales. Los diagramas de caja de la figura 9 y el resumen de resultados muestran la información de forma gráfica y cuantitativa.



**Figura 9.** Diagramas de Caja para las piezas probadas de acuerdo al parámetro de evaluación.

**Resultados para la Capacitancia** (Prueba T dos muestras: Antes de HAST vs Después de HAST).

**Muestras energizadas con Fractura**

Prueba T de diferencia = 0 (vs no =): Valor T = -2.56 Valor P = 0.038 DF = 7

**Muestras energizadas sin Fractura**

Prueba T de diferencia = 0 (vs no =): Valor T = -2.17 Valor P = 0.067 DF = 7.

Las medias del grupo con fractura no son estadísticamente iguales a un nivel de confiabilidad del 95%. Se observa una variación entre las mediciones hechas antes de la prueba de HAST y después de la prueba, esto tanto en el grupo de piezas con fractura como en el grupo de piezas sin fractura. Dado que esta variación está presente en ambos grupos, esto sugiere, más que un efecto de la fisura, un comportamiento normal después de la prueba.

**Resultados para el Factor de Disipación**

(Prueba T dos muestras: Antes de HAST vs Después de HAST).

**Muestras energizadas con Fractura**

Prueba T de diferencia = 0 (vs no =): Valor T = -2.35 Valor P = 0.079 DF = 4

**Muestras energizadas sin Fractura**

Prueba T de diferencia = 0 (vs no =): Valor T = -2.35 Valor P = 0.051 DF = 7

En el caso del Factor de Disipación, los grupos no mostraron ser estadísticamente diferentes una vez terminada la prueba a un nivel de confiabilidad del 95%. Sin embargo, se vuelve a observar una variación entre las mediciones hechas antes de la prueba de HAST y después de la prueba, esto tanto en el grupo de piezas con fractura como en el grupo de piezas sin fractura.

**Resultados para la Resistencia Equivalente en Serie** (Prueba T dos muestras: Antes de HAST vs Después de HAST).

**Muestras energizadas con Fractura**

Prueba T de diferencia = 0 (vs no =): Valor T = -2.15 Valor P = 0.098 DF = 4

**Muestras energizadas sin Fractura**

Prueba T de diferencia = 0 (vs no =): Valor T = -2.78 Valor P = 0.032 DF = 6

Para la Resistencia Equivalente en Serie, el grupo sin fractura mostró ser diferente una vez terminada la prueba a un nivel de confiabilidad del 95%, no así, el grupo con fractura. Se vuelve a observar la variación entre los grupos antes y después de la prueba de HAST.

**Resultados para la Fuga de Corriente** (Prueba T dos muestras: Antes de HAST vs Después de HAST).

**Muestras energizadas con Fractura**

Prueba T de diferencia = 0 (vs no =): Valor T = -0.56 Valor P = 0.604 DF = 4

**Muestras energizadas sin Fractura**

Prueba T de diferencia = 0 (vs no =): Valor T = -1.84 Valor P = 0.139 DF = 4

En el caso de la Fuga de Corriente, ambos grupos, tanto el de piezas con fractura como el de piezas sin fractura, no mostraron diferencias entre las lecturas antes y después de la prueba de HAST a un nivel de confiabilidad del 95%. Se observa una mayor variación en el grupo de piezas sin fractura.

#### 4. CONCLUSIONES

La evidencia presentada en este documento, demuestra que las fisuras en la resina epóxica de los capacitores de Tantalio no tienen un efecto en el comportamiento eléctrico a largo plazo de las partes, ni en la integridad de las mismas. La prueba escogida para esta evaluación, conocida como HAST, ha mostrado en experiencias previas ser un buen predictor de pruebas de humedad y temperatura de larga duración, sin la necesidad de invertir un tiempo prolongado. Se observa una degradación en los cuatro parámetros bajo evaluación: CAP, DF, ESR y LKG; sin embargo, esta degradación se presenta tanto en el grupo bajo estudio como en el grupo de control, por lo que se puede concluir que este comportamiento es normal, al menos para el tipo de capacitor evaluado en este documento.

Faltan protocolos de prueba adicionales tales como ciclos de temperatura, vibración, etc., para validar esta afirmación y corroborar bajo otras condiciones, que la fractura no afectará al capacitor en el tiempo. Los resultados eléctricos deben ampliarse a un mayor número de muestras y a la comprobación de normalidad de los datos, esto con el fin de

obtener predicciones estadísticas más precisas que las actuales.

## **5. REFERENCIAS**

Anthony A. Gallo, (September 1995). Dexter's Technical Paper Popcorning: A Failure Mechanism in Plastic-Encapsulated Microcircuits. Dexter Electronic Materials and Ramesh Munamarty, University of Maryland, College Park.

Freeman, Y, Randy Hahn, Philip Lessner, and John Prymak (March 2007). Reliability and Critical Applications of Tantalum Capacitors. 2007 Electronic Components, Assemblies & Materials Association (ECA), Arlington, VA CARTS 2007 Symposium Proceedings, Albuquerque, NM.

Estándar EIA-809, Electronic Industrial Alliance, Junio 1999

Moore, John J. (March 1992) KEMET Techtopics the leading eadge, Vol. 2, No 3. KEMET Electronics Corp.

## AULA DIDÁCTICA AUTOSUSTENTABLE ENERGÉTICAMENTE MEDIANTE SISTEMA FOTOVOLTAICO

A. Olvera-De-Miguel & J. Méndez-Palacios

*Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Querétaro, Av. Tecnológico S/N Esquina Gral. Mariano Escobedo, Col. Centro Histórico, Santiago de Querétaro, Qro., México, C.P. 76000, Tel. 01(442) 2274400, [abrahamolvera@mail.itq.edu.mx](mailto:abrahamolvera@mail.itq.edu.mx)*

**RESUMEN:** Este artículo trata sobre la implementación de un aula didáctica energéticamente autosustentable mediante energía renovable a partir de celdas fotovoltaicas; se plantea la posibilidad de generar esta energía para solventar las cargas eléctricas de dispositivos didácticos tales como computadoras, proyector, lámparas útiles y un despachador de agua. Este proyecto se utilizó como prototipo en el aula-16 del Instituto Tecnológico de Querétaro, ya que se utiliza para dar conferencias, exposiciones, cursos profesionales y docentes. Con ello se demuestra que este tipo de tecnología es viable y factible, por lo que con ello se minimizan los costos de operación de una institución. Se contemplan los equipos necesarios para llevar a cabo dicho proyecto, desde el tipo de celdas fotovoltaicas, baterías, inversores, controlador de carga, etc. Se determinó el consumo teórico del aula que es de 13,836 Wh, así como la cantidad de celdas fotovoltaicas, que son 2 paneles de 280 W, que suministran el 100% del consumo de energía, además de un inversor de 2000 W. Se demuestra que el proyecto es viable, ya que es económico y sustentable; por lo que su desarrollo es factible.

**PALABRAS CLAVE:** Energía renovable, celdas fotovoltaicas, fuentes alternativas de energía.

**ABSTRACT:** This article deals with the implementations of an energetically self-sustaining didactic classroom through renewable energy from photovoltaic cells. The possibility of generating this energy to solve the electrical charges of teaching devices such as computers, projector, useful lamps, and a water dispenser is considered. This project was used as a prototype in the classroom-16 of the Technological Institute of Querétaro, since it is used to give lectures, exhibitions, professional and teaching courses. This demonstrates that this type of technology is viable and feasible, so that the operation costs of an institution are minimized. The necessary equipment to carry out this project is contemplated, from the type of photovoltaic cells, batteries, inverters, charge controller, etc. The theoretical consumption of the classroom, which is 13,836 Wh, was determined, as well as the amount of photovoltaic cells, two panels of 280 W that supply 100% of the energy consumption, in addition to a 2,000 W inverter. It is shown that the project is viable, since it is economical and sustainable; so its development is feasible.

**KEY WORDS:** Renewable energy, photovoltaic cells, alternative energy sources.

### 1. INTRODUCCIÓN

Casi toda la energía de que se dispone proviene del Sol. Él es la causa de los vientos, de la evaporación de las aguas superficiales, de la formación de nubes, de las lluvias y, por consiguiente, de los saltos de agua. Su calor y su luz son la base de numerosas reacciones químicas indispensables para el desarrollo de los vegetales y de los animales que, con el paso de los siglos, han originado combustibles fósiles como el carbón o el petróleo (Méndez, 2009). La radiación solar tiene otra importancia capital: otras formas de energía renovable, como el viento, las olas o la biomasa, no son más que manifestaciones indirectas de ésta.

La radiación solar interceptada por la Tierra constituye la principal fuente de energía renovable a nuestro alcance (Quadri, 2006). Por tanto, la utilización de la radiación solar no es otra cosa que su conversión en energía útil para la humanidad. (Guillen, 2007) se explica que la energía solar llega a la superficie de la Tierra por dos vías diferentes: incidiendo en los objetos iluminados por el Sol, denominada radiación directa, o por reflexión de la radiación solar absorbida por el aire y el polvo atmosférico, llamada radiación difusa. La primera es aprovechable de forma directa, mientras que las células fotovoltaicas aprovechan la segunda.

La utilización provechosa de la radiación solar como fuente de energía está directamente ligada a la situación geográfica del lugar escogido para aprovecharla y de las variaciones temporales. En general, el término de radiación solar se refiere a los valores de irradiación solar, es decir, la cantidad de energía recibida por unidad de superficie en un tiempo determinado. Estos valores normalmente expresan la energía que proviene de la radiación directa del disco solar y la radiación difusa que, esparcida por la atmósfera, proviene del resto del cielo. La proporción entre radiación directa y difusa varía según las condiciones climáticas, y, en días nublados, la radiación difusa puede llegar a anularse.

Respecto al aprovechamiento de la energía solar, (Caballero, 2001) se puede hablar de dos tipos de sistemas: los que convierten la radiación solar en electricidad mediante tecnología fotovoltaica y los que se utilizan para la producción de energía térmica. La energía solar fotovoltaica, se capta a través de células fotovoltaicas que convierten los rayos solares en energía eléctrica (Lorenzo, 2009). Esta modalidad de aprovechamiento de la energía solar, es la más recientemente desarrollada entre los diferentes tipos de energías renovables y tiene un campo de aplicación muy amplio: desde la utilización en productos de consumo, como relojes y calculadoras, hasta la electrificación de zonas sin suministro convencional, como casas aisladas o instalaciones agrícolas y ganaderas, pasando por las señalizaciones terrestres y marítimas, las comunicaciones o el alumbrado público (Sandía, 1995).

Algunos ejemplos del Sistema Fotovoltaico empleados dentro de instituciones gubernamentales y educativas son las siguientes: UAM-IZTAPALAPA. Este se ubica en la azotea del edificio B, el cual es un inmueble de 4 niveles, en la planta baja se encuentran oficinas y un auditorio, los 3 niveles restantes están ocupados por aulas, se realizó obras civiles para anclar los paneles a la azotea, cuarto para albergar los inversores, gabinetes y los tableros. Este sistema consta de 286 módulos de 210 Wp los cuales están orientados al sur magnético y tienen una inclinación de 19° y 21 inversores [7]. MUSEO TECNOLÓGICO DE LA CFE (MUTEC) Se

instaló este sistema en las áreas exteriores de las instalaciones de MUTEC, estas se localizan en la Ciudad de México, D.F., ubicadas en Av. Grande del Bosque No. 1, Circuito Principal, Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, este sistema tiene una capacidad de 30 KWp  $\pm$  2%, los paneles se encuentran en una plataforma de concreto de la Planta Geotérmica de Cerro Prieto, B.C. del MUTEC, este sistema cuenta con paneles fotovoltaicos, estructura de soporte, sistema de acondicionamiento de potencia trifásica (inversores), equipos de medición, adquisición y visualización de datos, protectores, interruptores, canalizaciones, cableado. Este proyecto abarco el suministro e instalaciones de los equipos y materiales, incluidas las pruebas y puesta de servicio del sistema completo.

Con base a lo anterior, se plantea la implementación de celdas fotovoltaicas en el aula 16 que permita al Instituto Tecnológico de Querétaro el uso de estas energías renovables o limpias, para obtener el beneficio del ahorro energético obteniendo un ahorro del 19.23% en el pago del energético. Dicho Sistema debe contar con celdas Fotovoltaicas que permitan absorber la radiación solar, así como de contar con las baterías para la captación de la energía, también contará con inversores lo cual ayudara a convertir la energía captada en energía alterna para que los equipos puedan utilizarlo. Para el desarrollo de este proyecto se utiliza las metodologías de formulación y evaluación de proyectos, que nos permitan obtener la factibilidad de desarrollo del proyecto en la institución y contribuya a minimizar la energía utilizada y contribuir directamente al medio ambiente.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1. Generalidades (Fuentes de Energía Alternas o Renovables)

Una fuente de energía alterna o renovable es aquella que está disponible en cantidad infinita o que se puede renovar con la misma rapidez que se consume (Guillen, 2007). Evidentemente cualquier tipo de energía desaparecerá cuando desaparezca el Sol. Las energías renovables se definen también como energías alternativas que sean utilizables de forma que puedan sustituir eficazmente a las empleadas en la actualidad. Eficazmente se

refiere a suplir a las energías o fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación (Caballero, 2001). El consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad. De modo que (Sandia, 1995) el concepto de "crisis energética" aparece cuando las fuentes de energía de las que se abastece la sociedad se agotan. Un modelo económico como el actual, cuyo funcionamiento depende de un continuo crecimiento, exige también una demanda igualmente creciente de energía.

En conjunto con lo anterior se tiene también que el abuso de las energías convencionales actuales hoy día tales como el petróleo, la combustión de carbón, entre otras acarrear consigo problemas de agravación progresiva como la contaminación, el aumento de los gases invernadero y la perforación de la capa de ozono. Puesto que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema colapse, salvo que se descubran y desarrollen otros nuevos métodos para obtener energía: éstas serían las Energías Alternas o Energías Alternativas (Guillen, 2007).

## 2.2. Fuentes alternativas de energía

### 2.2.1. Energía Solar

La energía solar es un tipo de energía renovable que convierte la energía del sol en otra forma de energía, como puede ser la energía eléctrica, energía cinética, etc. (Caballero, 2001). La energía proveniente del sol, puede ser transformada para adaptarla a nuestras necesidades de consumo eléctrico o de consumo de calor. Para ello, hay que utilizar dispositivos que transformen la energía del sol en energía aprovechable por los seres humanos. Las ventajas de la energía solar son innumerables, y se resumen en que es una fuente de energía inagotable y limpia.

La energía solar como transformación en energía calorífica (energía solar térmica), es decir, la conversión de la energía solar en calor, siempre ha existido, dada la inmediatez de la transformación. Esto es porque, cualquier cuerpo expuesto directa o indirectamente a la radiación solar aumenta su temperatura. Sin embargo, en los últimos años se ha desarrollado mucho la tecnología solar térmica,

y se puede aprovechar de forma más eficiente (Quadri, 2006).

### 2.2.2. Radiación Solar

El Sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía a una temperatura de unos 6000 K (Sandia, 1995). No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la Tierra. La radiación solar que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta). Aproximadamente la mitad de las que recibimos, comprendidas entre 0.4  $\mu\text{m}$  y 0.7  $\mu\text{m}$ , pueden ser detectadas por el ojo humano, constituyendo lo que conocemos como luz visible. De la otra mitad, la mayoría se sitúa en la parte infrarroja del espectro y una pequeña parte en la ultravioleta.

**Tabla 1.** Radiación recibida y absorbida por la tierra.

Radiación recibida por la tierra	Porcentaje
Directa a la Tierra	26%
Indirecta a la Tierra	11%
Difusa a la Tierra	14%
Pérdida de radiación por reflexión	4%
<b>TOTAL DE RADIACIÓN</b>	<b>55%</b>
Radiación absorbida por la tierra	Porcentaje
Por la atmósfera	16%
Por la nubes	2%
Por ozono y otros gases	1%
<b>TOTAL DE RADIACIÓN</b>	<b>19%</b>

De acuerdo a (Guillen, 2007) en función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, se pueden distinguir cuatro tipos de radiación: 1) Radiación directa: Es aquella que llega

directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan. 2) Radiación difusa: Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. 3) Radiación reflejada: La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. 4) Radiación global: Es la radiación total. Es la suma de las tres radiaciones. En la siguiente tabla 1 se muestra la cantidad de radiación recibida y absorbida en su totalidad por la tierra.

### 2.2.3. Irradiación del Sol

La irradiación es el valor de la potencia luminosa. La tasa de irradiación depende en cada instante del ángulo que forman la normal a la superficie en el punto considerado y la dirección de incidencia de los rayos solares.

No obstante, en cada punto del mismo, localmente considerado, la inclinación de la superficie respecto a dichos rayos depende de la latitud y de la hora del día para una cierta localización en longitud. (Sandia, 1995). Dicha inclinación puede definirse a través del ángulo que forman el vector normal a la superficie en dicho punto y el vector paralelo a la dirección de incidencia de la radiación solar. Los fabricantes de paneles fotovoltaicos (FVs) determinan la máxima potencia eléctrica de salida usando una fuente con una potencia luminosa de 1 kW/m<sup>2</sup>. Este valor, conocido con el nombre de SOL, se ha convertido en un estándar para la industria, facilitando la comparación de paneles de distintos orígenes. Recordando que 1m<sup>2</sup> = 10,000 cm<sup>2</sup>, y que 1kW = 1,000 W, se tiene que:

$$1 \text{ SOL} = 1 \text{ kW/m}^2 = 100 \text{ miliwatt/cm}^2$$

### 2.2.4. Día Solar Promedio para Sistemas Fotovoltaicos

El valor de la irradiación cambia al variar la masa de aire, esta está cambiando constantemente desde al amanecer al anochecer. Para simplificar el cálculo de la energía eléctrica generada diariamente por un

panel fotovoltaico (FV), se acostumbra a definir el día solar promedio. Este valor es el número de horas, del total de horas entre el amanecer y el anochecer, durante el cual el sol irradia con una potencia luminosa de 1 SOL. Supongamos, como ejemplo, que el promedio de insolación diaria en una locación es de 5 kWh/m<sup>2</sup>. Si éste valor es dividido por un SOL, se obtiene el valor (en horas) del día solar promedio para esa locación y esa inclinación (Lorenzo, 2009).

$$\text{DIA SOLAR} = \frac{5 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}}{1 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}} = 5 \text{ horas}$$

### 2.2.5. Radiación solar en México

México es uno de los 5 países en todo el mundo con mejor radiación solar; México cuenta con un gran recurso solar. Se obtiene un promedio alrededor de 5.1 kW/m<sup>2</sup>; pero en algunas zonas de la república llega a ser aún más esta cantidad de irradiación, capaz de generar una gran cantidad de energía al año, se puede apreciar que el noroeste de México es particularmente idóneo para el aprovechamiento de esta tecnología (Caballero, 2001).

### 2.2.6. Sistema de generación eléctrica solar

Un Sistema de generación eléctrica solar es una fuente de energía que a través de la utilización de celdas fotovoltaicas (fabricadas con silicio) convierte en forma directa la energía lumínica en electricidad (Lorenzo, 2009). La energía solar fotovoltaica es un tipo de electricidad renovable (energía eléctrica, voltaica) obtenida directamente de los rayos del sol gracias a la foto-detección cuántica de un determinado dispositivo; normalmente es una lámina metálica semiconductor llamada célula fotovoltaica, o una deposición de metales sobre un sustrato llamada capa fina (Sánchez, 2010). En la figura 1 se puede ilustrar un sistema de generación eléctrica solar.

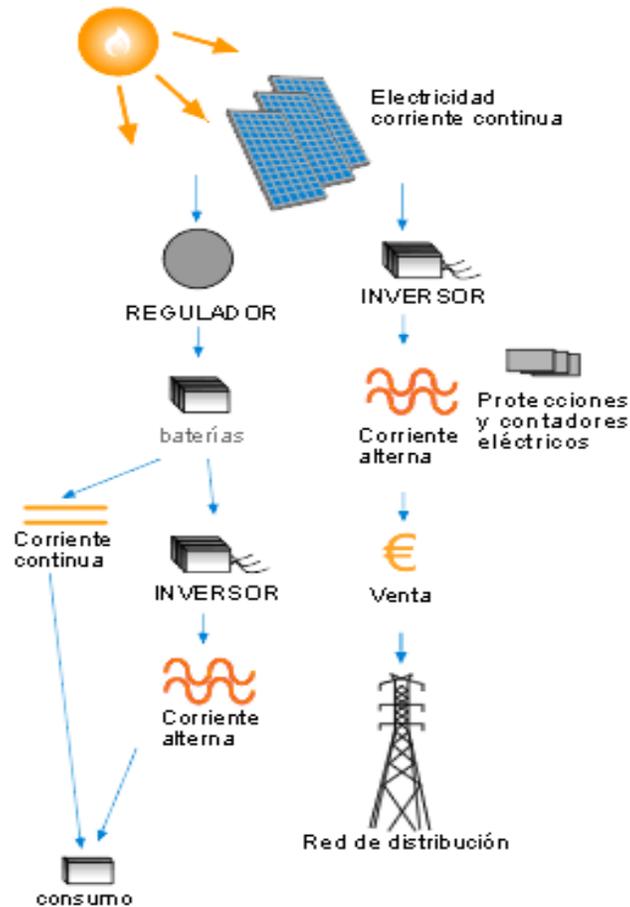


Figura 1. Sistema de Generación eléctrica solar (Sánchez, 2010).

### 2.2.7. Sistema Fotovoltaico básico

Un Sistema Fotovoltaico Básico es el conjunto de dispositivos cuya función es transformar la energía solar directamente en energía eléctrica, acondicionando esta última a los requerimientos de una aplicación determinada (Méndez, 2009). Consta principalmente de los siguientes Bloques: Bloque de Generación: Consta básicamente de los Paneles Solares que son los encargados de recolectar la energía solar y convertirla en energía eléctrica. Bloque de Acumulación: Está formado por tres componentes: el banco de baterías, el control de carga y el fusible de protección. Si el sistema está enfocado a alimentar cargas de corriente alterna, entonces es necesario añadir un inversor. Bloque de Cargas: Prácticamente lo componen luminarias, motores, electrodomésticos, en general aparatos que demanden energía eléctrica.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Marco Metodológico

Se determina un estudio completo para el desarrollo, que va desde las características que debe contener un aula didáctica sustentable, la selección del sistema fotovoltaico, las características y consumo energético teórico de los equipos que serán conectados al sistema (lámparas fluorescentes, proyector, laptop, pantalla para proyector eléctrico, despachador de agua, etc.), la identificación del tipo de panel fotovoltaico adecuado para el aula 16, cálculo del número de paneles necesarios para abastecer la demanda energética, cálculo del número de baterías necesarias para el almacenamiento de la energía, cálculo del controlador de carga para el control de la cantidad de energía obtenida por medio de las celdas, selección del tipo de inversor adecuado

para el sistema, así como el conductor adecuado.

### **3.2. Características del aula didáctica sustentable energéticamente y selección del sistema fotovoltaico en base a las cargas eléctricas**

Un aula didáctica autosustentable energéticamente puede definirse como la arquitectura diseñada sabiamente para lograr un máximo confort dentro del edificio con el mínimo gasto energético. Para ello se aprovecha las condiciones climáticas de su entorno, transformando los elementos climáticos externos en confort interno gracias a un diseño inteligente así, como, el manejo adecuado de las energías renovables. A esta simplicidad se llega por medio del conocimiento y la buena utilización de los elementos reguladores del clima y de las energías renovables. Es, por tanto, un término muy genérico dentro del cual se puede encuadrar a la arquitectura bioclimática, como medio para reducir el impacto del consumo energético en todo tipo de construcciones incluyendo las instituciones educativas (Caballero, 2001).

La arquitectura bioclimática es, una arquitectura adaptada al medio ambiente, sensible al impacto que provoca en la naturaleza, y que intenta minimizar el consumo energético y con él, la contaminación ambiental, además considera siempre en sus proyectos las condiciones del terreno, el recorrido del Sol, relieve, clima, vegetación natural, dirección de los vientos dominantes, insolación, así como, el diseño y los elementos arquitectónicos en estructuras como son: muros, instalaciones, revestimientos, loza, áreas verdes etc., aplicando siempre los aspectos de naturaleza y energía a la distribución de los espacios, la apertura y orientación de las ventanas, con el fin de conseguir una eficiencia energética.

El término de aula autosustentable energéticamente, hace referencia a las técnicas para lograr una cierta independencia energética del aula respecto a la red de suministro de energía eléctrica, aprovechando los recursos del entorno inmediato como son: lluvia, energía del sol o del viento (Guillen, 2007). Un aula didáctica autosustentable energéticamente en conclusión es aquella arquitectura que innova exclusivamente con el diseño, los elementos

arquitectónicos, aspectos bioclimáticos y las fuentes de energía renovable, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos complejos, aunque ello no implica que no se pueda compatibilizar.

### **3.3. Descripción o aplicación del sistema fotovoltaico**

Hoy en día los sistemas educativos de nuestro país al igual que las instituciones públicas de cualquier nivel buscan reducir los gastos energéticos por operación dentro de los edificios, y siempre se está buscando en donde y en que rubros puede haber ahorros monetarios, y si es por menos gasto de energía, los administrativos siempre estarán interesados en propuestas serias y atractivas.

El utilizar un sistema fotovoltaico para abastecer de energía eléctrica a una aula didáctica es para tener presente, ya que en dicha aula no se tienen muchos equipos o aparatos que demanden energía eléctrica, además si consideramos que estos aparatos son de bajo consumo eléctrico el sistema fotovoltaico es viable, por lo que, si se diseña un buen proyecto se tendría un ahorro considerable de energía no solo en una aula sino en la institución educativa, y si se tienen varias aulas con este tipo de sistema, entonces se vería reflejado más el ahorro no solo de energía, también ecológico y por supuesto económico.

Los sistemas fotovoltaicos son referidos por una amplia variedad de sistemas de energía solar que usan paneles hechos de silicio, los cuales se utilizan para para convertir energía solar en energía eléctrica. Estos sistemas han sido investigados en todo el mundo debido a su gran impacto ambiental. Este sistema emplea electrónica de potencia e inversores dc-ac y convertidores dc-dc que son requeridos para integrar el sistema fotovoltaico con la red de distribución (Carbone, 2009).

Este sistema fotovoltaico genera electricidad a partir de la intensidad de la radiación solar, los paneles pueden ser conectados en serie, en paralelo o la combinación adecuada para obtener la corriente y la tensión eléctrica para su aplicación. También este sistema debe ser montado sobre estructuras de tal manera que sea capaz de sujetarlos y que esté orientada para maximizar la radiación solar durante el año en función de la radiación de la localidad, que en este caso práctico será en la ciudad de

Querétaro particularmente en el aula 16 del Instituto Tecnológico de Querétaro. Para la aplicación del sistema fotovoltaico se debe de considerar los siguientes aspectos:

- a) Carga eléctrica
- b) Potencia Pico
- c) Latitud del lugar y la radiación solar media
- d) Arquitectura del edificio
- e) Características eléctricas de carga
- f) Conexión a la red eléctrica

### 3.4. Aparatos que se conectan a una red eléctrica

Los equipos o aparatos que se conectan a la red eléctrica son todos aquellos que para su funcionamiento requieren de energía eléctrica y puede ser de corriente directa o de corriente alterna. Estos están comúnmente conectados a la red eléctrica en un aula didáctica son: lámparas fluorescentes, proyector y algunos contactos para cargas auxiliares. Se propone para el aula didáctica autosustentable energéticamente son: lámparas fluorescentes, proyector, computadora personal (pc) o laptop, pantalla para proyector eléctrica y despachador de agua.

### 3.5. Características de los equipos

#### 3.5.1. Lámparas Fluorescentes

La forma y tipo de las luminarias oscila entre las más funcionales donde lo más importante es dirigir el haz de luz de forma eficiente, y tener en cuenta también la función decorativa como ocurre en el alumbrado moderno. En la tabla 2 se muestran sus características.

**Tabla 2.** Características de las luminarias.

CARACTERÍSTICAS	
Potencia de lámpara fluorescente	72 Watts
Intensidad luminosa	5300 lúmenes
Cantidad	8 luminarias
Consumo de energía	576 Watts

#### 3.5.2. Proyector

Todos los proyectores de vídeo utilizan una luz muy brillante para proyectar la imagen, y los más modernos pueden corregir curvas, borrones y otras inconsistencias a través de los

ajustes manuales. En la tabla 3 se muestran sus características.

**Tabla 3.** Características del proyector.

CARACTERÍSTICAS	
Potencia de lámpara de proyector	180 Watts
Brillo	2000 lúmenes
Cantidad	1 proyector
Consumo Total	230 Watts

#### 3.5.3. Laptop

La computadora personal mejor conocida como laptop es la más adecuada para utilizarse en un aula de clase para realizar presentaciones grupales, exposiciones por parte de alumnos y docentes, así como información que se les puede brindar a los alumnos por parte de los administrativos, y es la más adecuada, ya que primordialmente consume menos energía que una computadora de escritorio, esta sería la mejor opción. En la tabla 4 se muestran sus características.

**Tabla 4.** Características de la Laptop.

CARACTERÍSTICAS	
Potencia promedio laptop	65 Watts
Cantidad	1 laptop
Consumo Total	65 Watts

#### 3.5.4. Pantalla para proyector eléctrico

Esta pantalla eléctrica para proyección tiene un imponente tamaño de 106 pulgadas (269.5cm) en diagonal que provee una amplia área widescreen en una superficie detallada en mate blanco. En la tabla 5 se muestran sus características.

**Tabla 5.** Características de la pantalla para proyector.

CARACTERÍSTICAS	
Potencia motor	80 Watts
Motor síncrono	1/8 HP
Cantidad	1 pantalla
Consumo Total	80 Watts

### 3.5.5. Despachador de agua

En el aula es importante contar con un despachador de agua, ya que el tomar agua la persona esta alerta y con más confort, además se tenga la disponibilidad permanente de agua. En la tabla 6 se muestran sus características.

**Tabla 6.** Características del despachador de agua.

CARACTERÍSTICAS	
Potencia agua fría	80 Watts
Potencia agua caliente	420 Watts
Cantidad	1 dispensador
Consumo Total	500 Watts

### 3.6. Consumo total de energía

De acuerdo a los consumos de cada aparato, a la cantidad de ellos y a la cantidad de horas aproximadas que cada uno será utilizado, se obtiene un consumo total de energía, el cual se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7.** Consumos totales de energía (Wh/Día).

	EQUIPO	
	Luminarias	Proyector
Cantidad (A)	8	1
Potencia W (C)	72	230
Potencia W Subtotal (D = A*C)	576	230
Horas/Día (E)	6	10
Energía Wh (F = D*E)	<b>3456</b>	<b>2300</b>

	EQUIPO	
	Laptop	Pantalla para Proyector
Cantidad (A)	1	1
Potencia W (C)	65	80
Potencia W Subtotal (D = A*C)	65	80
Horas/Día (E)	12	10
Energía Wh (F = D*E)	<b>780</b>	<b>800</b>

	EQUIPO
	Despachador de Agua
Cantidad (A)	1
Potencia W (C)	500
Potencia W Subtotal (D = A*C)	500
Horas/Día (E)	13
Energía Wh (F = D*E)	<b>6500</b>
<b>TOTAL Wh/Día</b>	<b>13,836</b>

### 3.7. Tabla de simultaneidad

A pesar de que la cantidad de consumo utilizado por las cargas es de 13 836 Wh (13,836 kWh), no se va a diseñar un sistema que suministre esa cantidad. Esto debido a que no todos los equipos se van a utilizar al mismo tiempo, por lo que la tabla 8 se dará una idea de cuánta energía se consumirá simultáneamente entre uno o más equipos.

**Tabla 8.** Tabla de simultaneidad de cargas.

EQUIPO EN USO	HORA DEL DÍA
Luminarias	7:00-10:00, 17:00-20:00
Proyector	8:00-14:00, 15:00-19:00
Laptop	7:00-14:00, 15:00-20:00
Pantalla p/proyector	8:00-14:00, 15:00-19:00
Despachador de agua	7:00-20:00
<b>Consumo total (Wh)</b>	<b>1451</b>

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Selección y cálculo de sistema fotovoltaico

Una vez que ya se determinó la carga que se tiene en un aula didáctica y se realizó un análisis para determinar la simultaneidad de las cargas, ahora se va a determinar el sistema a utilizar para alimentar las cargas del aula de la tabla 9, así como conocer el costo al implementar dicho sistema.

**Tabla 9.** Características de panel solar.

SISTEMA FOTOVOLTAICO	
MARCA	SUNEL
MODELO	SNM-P280W-72
CAPACIDAD	280 Watts
VOLTS	12-24 Volts
PRECIO	\$ 5,096.00

Ya realizado el análisis de cargas y la determinación del consumo total simultáneo de 1451 Wh. Este consumo se divide entre 0.75 que es considerado el rendimiento general de las instalaciones de energía renovable para obtener la potencia necesaria para nuestro sistema. Por lo tanto, tenemos que:

$$\text{Potencia Necesaria} = \frac{\text{Consumo Total}}{0.75} \quad (1)$$

Se aplica la fórmula (1) y se obtiene la potencia necesaria:

$$\text{Potencia Necesaria} = \frac{1451}{0.75} = 1934.67 \text{ Wh}$$

Redondeando se obtiene:

$$\text{Potencia Necesaria} = 1935 \text{ Wh}$$

Para obtener el número de paneles solares se aplica la fórmula:

$$\text{Num. de paneles} = \frac{p\text{Max}}{W_p * R_{S\text{MIN}}} \quad (2)$$

Donde:

**pMax** = Potencia Necesaria.

**Wp** = Potencia pico en Watts del panel seleccionado.

**RSMin** = La mínima Radiación Solar durante el año de la localidad.

Se tiene que, en Querétaro, la mínima radiación solar ocurre en el mes de diciembre, y esta es de 4.4 Se aplica la fórmula (2) y se tiene que:

$$\text{Num. de paneles} = \frac{1935 \text{ Wh}}{280 \text{ Wh} * 4.4} = 1.570 \text{ paneles}$$

Redondeando el resultado se obtiene que los paneles necesarios para el sistema son:

No. Paneles = **2 Paneles**

El número y capacidad de las baterías necesarias para el sistema se obtiene a partir del valor resultante de la Potencia Necesaria. Se define que la tensión de trabajo de las baterías a utilizar es de 12 V. Para obtener la capacidad de almacenamiento necesario, se aplica la fórmula:

$$E = \frac{p\text{Max}}{V_{\text{nom}}} \quad (3)$$

Donde,

**E** = Capacidad de Carga en Ah

**pMax** = Potencia Máxima

**Vnom** = Voltaje Nominal de Baterías

Aplicando la fórmula (3) se obtiene:

$$E = \frac{1935 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} = 161.25 \text{ Ah}$$

Ahora bien, el sistema debe ofrecer la autonomía necesaria para afrontar periodos de escasa producción, como días nublados, nieblas persistentes, etc. En aplicaciones críticas, como sistemas de alarma, control, telecomunicaciones, etc., la autonomía puede establecerse hasta en 10 días. Para esta aplicación, un máximo de 2 días será suficiente.

Por lo tanto, se tiene que:

$$E_{\text{real}} = E * 2 \quad (4)$$

Se obtiene la siguiente capacidad de carga real de (4):

$$E_{\text{real}} = 161.25 \text{ Ah} * 2 = 322.5 \text{ Ah}$$

El cálculo completo de las baterías también debe reflejar el nivel tolerable de reserva o descarga, que proporciona cada fabricante y que normalmente se encuentra entre el 50% y el 80%. Para definir cuantas baterías se requieren, se tiene que definir primero el tipo de batería que utiliza el sistema. De acuerdo a baterías disponibles en el mercado y accesibles en cuanto a costos, la batería seleccionada fue la que se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Características de la batería solar.

BATERIA SOLAR	
MARCA	ROLLS
MODELO	T12 250 Deep Cycle
CAPACIDAD	200 Ah
VOLTAJE	12 Volts
PRECIO	\$ 6,070.57

Simplificando, para obtener la configuración de la batería o conjunto de baterías en paralelo necesarias, se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{No. De baterías} = \frac{\text{Autonomía del sistema}}{\text{Capacidad de Batería} \cdot \text{Factor de Descarga}} \quad (5)$$

Aplicando la fórmula (5) se obtiene:

$$\text{No. de baterías} = \frac{322.5Ah}{200Ah \cdot 0.80} = 2.015 \text{ baterías}$$

La capacidad del Controlador de Carga se obtiene de la producción en Amperes Hora de los paneles de la instalación.

$$Cap = \frac{\text{No. de paneles} \cdot P_{MAX} \text{ de cada paneles}}{V_{nom} \text{ de paneles}} \quad (6)$$

Aplicando la fórmula (6) de capacidad de controlador de carga se obtiene:

$$\text{La capacidad} = \frac{2 \cdot 280 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} = 46.66 \text{ Ah} \approx 45 \text{ Ah}$$

El Control de Carga del sistema debe soportar un mínimo de 45 Ah a un voltaje de 12 volts. De los Controles de carga disponibles, se selecciona el siguiente controlador (Tabla 11).

**Tabla 11.** Características del controlador de carga.

CONTROLADOR DE CARGA	
MARCA	Morningstar Tri Star
MODELO	TS-45
VOLTAJE	12/24/48 Volts
CORRIENTE	45 Amps
PRECIO	\$ 3,523.50

De acuerdo a la potencia que requiere el sistema, 1935 Wh, se selecciona el siguiente inversor (Tabla 12).

**Tabla 12.** Características del inversor.

INVERSOR	
MARCA	Whistler
MODELO	PI-2000W
CAPACIDAD	2000 Watts
VOLTAJE	12 Volts
PRECIO	\$ 2,685.54

La selección del conductor a usarse debe ser hecha teniendo en cuenta varios factores. Los más importantes son: la capacidad del cable de permitir una corriente máxima que debe circular por el mismo, el tipo de aislamiento, el tipo de conductor (sólido o multi-alambre) y, por último, el material con que está hecho el conductor. El conductor que va del banco de baterías al inversor son los que más flujo de corriente se tiene. Para determinar la corriente que circulará, se tiene que considerar la potencia del sistema y el voltaje que maneja el banco de baterías.

$$I = \frac{p_{Max} \cdot F_{prot}}{V_{batería} \cdot T_{trabajo}} \quad (7)$$

Donde:

**F<sub>prot</sub>** = es el factor de protección que se le da al equipo y le dara un 20% (1.20).

**T<sub>trabajo</sub>** = Tiempo de trabajo del sistema (13 horas).

Aplicando la fórmula (7) se obtiene la corriente necesaria:

$$I = \frac{1935 \text{ W} \cdot 1.20}{12 \text{ V} \cdot 13 \text{ h}} = 14.88 \text{ A}$$

El conductor que va del banco de baterías al inversor debe de soportar 15 A a 12 V tomando una temperatura de 70°C, que tenga la característica de resistir el calor y la humedad. Por lo que el cable sería un THHW-LS calibre 10 AWG de acuerdo a la norma oficial NOM 001 su amperaje oscila entre los 30 a 40 A en temperaturas de entre 60 a 90°C. En lo que se refiere a energías renovables por celdas fotovoltaicas hay un abundante campo de estudio por explorar, ya que en laboratorios

como en universidades se encuentran inmersos en la búsqueda más eficiente de nuevas celdas y a menor costo, con estos resultados obtenidos se demuestra la factibilidad de instalación de este tipo de sistemas, ya que en estudios anteriores se ha observado la cantidad de ahorro energético y el cuidado del medio ambiente, como lo son en escuelas, edificios gubernamentales, edificios privados, en diversas aplicaciones como por ejemplo en luminarias públicas, semáforos, cámaras de video de seguridad pública, etc., por lo que se considera que es una buena inversión a largo plazo para aquellos que deseen implementar este tipo de sistemas.

#### 4.2. Costo Total del Sistema

En la tabla 13 se muestra el costo total que tiene el sistema.

#### 4.3. Instalación y Mantenimiento

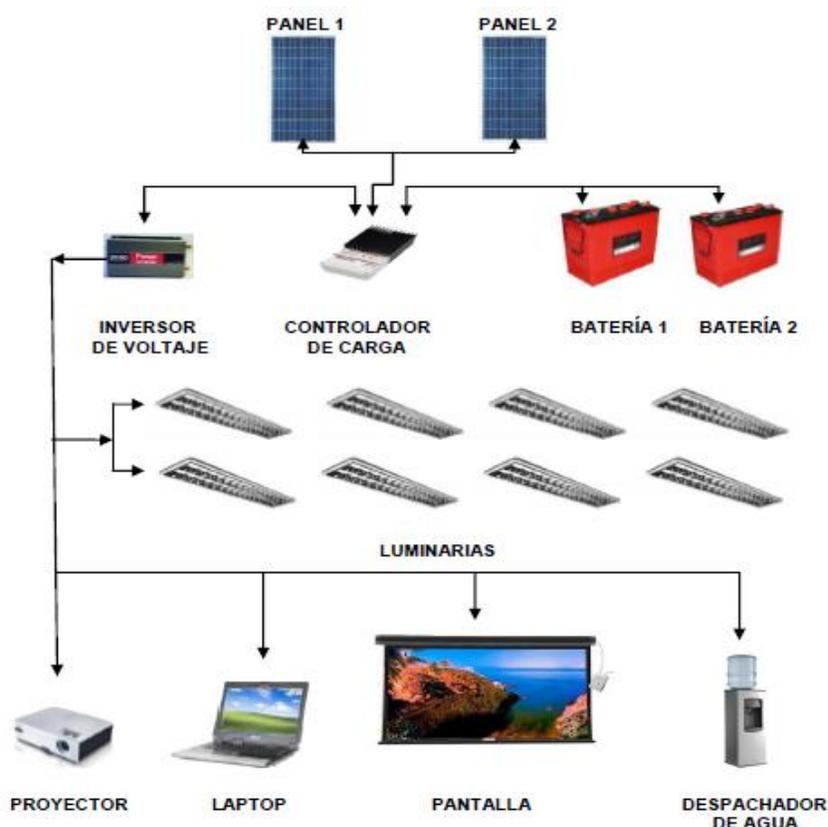
##### 4.3.1. Instalación del sistema fotovoltaico

Una vez que se determinó la carga a utilizar comúnmente en un aula didáctica, se procede

a determinar cuáles serán los elementos más apropiados para el sistema fotovoltaico y finalmente cuál va a ser la distribución y mantenimiento de dicho sistema fotovoltaico. Así en la figura 2 se muestra cómo será la distribución de los componentes del sistema.

**Tabla 13.** Costos Totales del sistema, precios en pesos.

Equipo	Cant	Precio Unitario	Precio
Panel Solar	2	5,096.00	10,192.00
Batería Solar	2	6,070.57	12,141.14
Control de Carga	1	3,523.50	3,523.50
Inversor	1	2,685.54	2,685.54
Cable 10 AWG	1	850.00	850.00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$29,392.18</b>



**Figura 2** Diagrama el sistema fotovoltaico (Lorenzo, 2009)

#### 4.3.2. Mantenimiento de un sistema fotovoltaico

Es recomendable hacer por lo menos 3 chequeos periódicos en el sistema fotovoltaico por año, así se pueden detectar y corregir pequeños problemas, antes que lleven a una falla total en la operación del sistema, por esto se dice que el mantenimiento preventivo es el mejor mantenimiento. Es indispensable revisar el sistema cuando está funcionando correctamente y no esperar a que la falla ocurra. Es importante aprender del equipo y saber que se espera de él cuando está funcionando correctamente, de hecho, se puede hacer la mayor parte de la revisión, con un multímetro y algo de sentido común.

Esto es más fácil aun siguiendo una rutina básica la cual está conformada de la siguiente manera:

- a) Revise todas las conexiones del sistema, Las conexiones de las baterías pueden limpiarse y tratarse periódicamente, con anticorrosivos de uso común en la industria de autopartes.
- b) Examine el nivel de gravedad específica del electrolito (ácido) en la batería que esté de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, este chequeo debe hacerse después de una recarga completa al banco de baterías y con el nivel de electrolito de acuerdo a las especificadas por el proveedor.
- c) Tome muestras del voltaje de cada batería cuando éstas estén bajo carga, si el voltaje de alguna difiere más de un 10% del promedio de los voltajes de las demás, indica que existe un problema con esa batería. Consulte al fabricante o a su distribuidor más cercano.
- d) Haga un reconocimiento en el sistema de cableado. Si el cableado ha estado expuesto al sol o a la corrosión durante algún tiempo, es posible que se puedan formar grietas en la cubierta de este, esto provocará pérdidas de energía. Aísle lo mejor posible todos los conectores de energía para evitar este tipo de fallas.
- e) Registre todas las cajas de conexiones que estén correctamente selladas, incluyendo

las del panel, controladores, etc., puntos de interconexiones, así mismo cerciórese si existe corrosión o daños causados por el agua. Si se tienen componentes electrónicos montados dentro de un gabinete, asegúrese que tengan buena ventilación.

- f) Inspeccione las piezas de la estructura soportante de los módulos. Al mover suavemente algún módulo de arreglo, vea si existe alguna pieza floja o suelta que pueda causar problemas.
- g) Revise la operación de los interruptores y fusibles, asegúrese que el movimiento del interruptor sea sólido, vea si existe corrosión tanto en los contactos como en los fusibles.

#### 5. CONCLUSIONES

La finalidad de la investigación fue el análisis de factibilidad de instalar un sistema fotovoltaico en el aula 16 del Instituto Tecnológico de Querétaro para proveer de energía limpia o sustentable a las lámparas fluorescentes existentes, laptop, proyector, lámpara de proyector eléctrico y dispensador de agua.

Se determinó el consumo teórico por día que es de 13836 Wh, el tipo de celda fotovoltaica y la marca la cual es SUNEL con capacidad de 280 Watts suficiente para alimentar las cargas necesarias para solventar el consumo, 2 celdas fotovoltaicas suficiente para captar la radiación mínima de energía solar durante el mes de diciembre, el número, capacidad, marca, el voltaje de baterías que fueron 2, con capacidad de 200 Ah, de 12 volts necesarias para almacenar la energía captada durante el día, un controlador de carga de la marca Morning Tri Star con voltaje de 12/24/48 volts con una corriente de 45 amperes, un inversor de la marca Whistler con capacidad de 2000 watts y voltaje de 12 volts, así como del conductor necesario para la conectividad de los equipos que es un THHW-LS calibre 10 AWG.

Con todo lo anterior de tiene un costo de inversión de \$29,392.18 pesos MN, lo cual es una cantidad mínima, por lo que se considera factible la instalación de las celdas fotovoltaicas y para cualquier otro edificio que se considere pertinente utilizar este tipo de sistema.

Con estos datos obtenidos se observó que en los últimos años los paneles fotovoltaicos han pasado de ser energía limpia o sustentable generada en investigaciones de laboratorio a ser una aplicación demasiado factible en instalaciones en edificios, casas, etc., para el Instituto Tecnológico de Querétaro este tipo de tecnología es viable, ya que se deja de pagar la cantidad de \$ 4,831.53 pesos MN por semestre por el uso de esta aula, lo que significa que se amortizara la inversión en 6.08 semestres, por lo que si se implementará en otras aulas, este ahorro sería más significativo.

## 6. LITERATURA CITADA

- Caballero Ledesma L. (2001). Generación de energía renovable utilizando paneles fotovoltaicos para una casa de campo. Memoria de residencia. Instituto Tecnológico de Querétaro. México. 45-108.
- Carbone, R. 2009. "Grid-Connected Photovoltaic Systems with Energy Storage," International Conference on Clean Energy.
- Guillen Solís O. (2007). Energías renovables, una perspectiva ingenieril. España. 23-48.
- Lorenzo E. Electricidad Solar. (2009). Ingeniería de los Sistemas Fotovoltaicos. Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid. PROGENSA, México, 25-189.
- Méndez Muñoz A. (2009), Energía solar fotovoltaica. Fundación. Mexico. 120-122.
- Quadri. Nestor P. (2006), Energía solar, Alisina, México: 80-88.
- Sandia National Laboratories. (1995), Design Practices (Sistemas Fotovoltaicos Aislados: Manual de Prácticas Recomendadas en el Diseño). Albuquerque. NM. 121-247.
- Loeza Salcedo, Francisco Adrián, César Ramiro Carmona, Julio César Tenorio Caselin, Metodología de un sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCR) para uso en luminarias del edificio 3 de la ESIME Zacatenco, 2012.
- Sánchez Maza M.A. (2010), Energía solar fotovoltaica, Limusa, México. 34-111.



SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



# Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

## División de Estudios de Posgrado e Investigación

### Maestría en **CIENCIAS EN BIOLOGÍA**

**PADRÓN NACIONAL DE POSGRADO DE CALIDAD (SEP-CONACYT)**

**Especialidad:  
Manejo y Conservación de Recursos Naturales (Terrestres o Acuáticos)**



## Becas Disponibles

### Maestría en Ciencias en Biología

#### PERFIL

El programa está diseñado para egresados de la carrera de biología o afines como médicos veterinarios, ingenieros agrónomos, ingenieros ambientales e ingenieros forestales. Podrán participar egresados de otras carreras con la aprobación del consejo de posgrado.

terminará su programa de maestría en dos años.

- Disposición para desarrollar e integrarse en proyectos de investigación.
- Entrevista con el comité de posgrado.
- Ser estudiante de tiempo completo.

#### REQUISITOS DE INGRESO Y DOCUMENTACIÓN

- Carta de exposición de motivos indicando porque desea cursar una maestría y porque desea ingresar a este programa, Maestría en Ciencias en Biología-ITCV.
- Copia (s) de título profesional, certificado de calificaciones, diploma (s) y constancias de otros estudios.
- Constancia de promedio mínimo de 8 (ocho) en estudios de licenciatura.
- Currículum vitae con documentos probatorios adjuntos.
- Comprender el idioma inglés y aprobar examen de inglés del programa de MCB-ITCV.
- Dos fotografías tamaño credencial.
- Aprobar examen de admisión.
- Carta compromiso indicando que

#### PLAN DE ESTUDIOS

El programa está diseñado para concluirse en dos años y consta de cinco materias básicas, seis optativas y presentación de tesis de grado.

Áreas disponibles actualmente para investigación y desarrollo de tesis:

Malacología, Entomología, Micología,  
Mastozoología, Ciencias Forestales  
(Biodiversidad, Sistemática, Ecología y  
Fisiología).

#### PLANTA DOCENTE

**Almaguer Sierra Pedro, Dr. UANL.**  
Agua-Suelos, Agrometeorología e  
Hidroponía.

**Azuara Domínguez Ausencio, Dr. Colegio de Posgraduados.** Manejo Integrado de Plagas.

**Barrientos Lozano Ludivina, Ph.D.**  
Universidad de Gales, College of  
Cardiff. Reino Unido. Entomología  
Aplicada. Ecología y Sistemática de  
Orthoptera.

**Correa Sandoval Alfonso, Dr. UNAM.**  
Malacología y Ecología Marina.

**Flores Gracia Juan, Dr. UANL.**  
Genética y Biotecnología.

**García Jiménez Jesús, Dr. UANL.**  
Micología y Parasitología Forestal.

**González Gaona Othón Javier. Dr. ITESM.**  
Toxicología.

**Guevara Guerrero Gonzalo, Dr. UANL.**  
Biotecnología y Micología.

**Horta Vega Jorge V., Dr. CINVESTAV-IPN**  
Neurociencias y Entomología.

**Rangel Lucio José Antonio. Dr. Colegio de  
Posgraduados.** Edafología.

**Rodríguez-Castro Jorge Homero, Dr.**  
Universidad Autónoma de Tamaulipas.  
Acuicultura y Ecología Marina.

**Venegas Barrera Crystian Sadiel. Dr.**  
CIBNOR. Manejo y Preservación de  
Recursos Naturales (Ecología).



## INFORMES

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD.  
VICTORIA**  
División de Estudios de Posgrado e  
Investigación

Bldv. Emilio Portes Gil No. 1301 Cd. Victoria,  
Tam. C.P. 87010 Apdo. Postal 175  
Tel. (834) 153 2000 Ext. 325

<http://www.postgradositcv.com>

<http://www.itvictoria.edu.mx>

E-mail: [jhortavega@yahoo.com.mx](mailto:jhortavega@yahoo.com.mx)



SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

# Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

## División de Estudios de Posgrado e Investigación

### Doctorado en **CIENCIAS EN BIOLOGÍA**

**PADRÓN NACIONAL DE POSGRADO DE CALIDAD (SEP-  
CONACYT)**

**Convocatoria: 2020**



# Recepción de solicitudes: enero-abril de 2020

---

## Líneas de investigación

- Biodiversidad y Ecología
- Manejo y Conservación de Recursos Naturales
- Procesos Biotecnológicos

## Requisitos y antecedentes académicos de ingreso de los candidatos

- Contar con grado de Maestría (indispensable estar titulado) en un programa experimental o de investigación en el área de las Ciencias Biológicas.
- Promedio igual o superior a 8 (80 de 100) en estudios de maestría.
- Disponer de tiempo completo para cumplir con el programa doctoral.
- Aprobar el examen de conocimientos que aplica el programa o acreditar con al menos un 75% en conocimientos básicos y un 60% en habilidades de investigación en el EXANI-III del CENEVAL.
- Acreditar el examen de Inglés TOEFL, al ingresar al programa, mínimo 450 puntos. O bien acreditarlo este examen antes de egresar del programa, ya que este es un requisito para sustentar examen de grado y poder titularse.
- Presentar dos cartas académicas de recomendación expedidas por profesionistas reconocidos.
- Carta de exposición de motivos para el ingreso al doctorado, no mayor de una cuartilla, con fecha y firma.
- Visto bueno en entrevista con miembros del Claustro Doctoral.
- Presentar por escrito protocolo de investigación (3-5 cuartillas) para evaluar aptitudes y habilidades de experiencia previa, en el área de ciencias naturales.
- Carta de aceptación de uno de los miembros del Claustro Doctoral.

## PLANTA DOCENTE

**Almaguer Sierra Pedro, Dr. UANL.** Agua- Suelos, Agrometeorología e Hidroponia.

**Azuara Domínguez Ausencio, Dr. Colegio de Posgraduados.** Manejo Integrado de Plagas.

**Barrientos Lozano Ludivina, Ph.D. Universidad de Gales, Cardiff.** Reino Unido. Entomología

Aplicada. Ecología y Sistemática de Orthoptera.

**Correa Sandoval Alfonso, Dr. UNAM** Malacología y Ecología Marina.

**Flores Gracia Juan, Dr. UANL.** Genética y Biotecnología.

**García Jiménez Jesús. Dr. UANL.** Ciencias Forestales y Micología.

**González Gaona Othón Javier. Dr. ITESM.** Toxicología.

**Guevara Guerrero Gonzalo, Dr. UANL.** Biotecnología y Micología.

**Horta Vega Jorge V., Dr. CINVESTAV-IPN** Neurociencias y Entomología.

**Rangel Lucio José Antonio. Dr. Colegio de Posgraduados.** Edafología.

**Rodríguez-Castro Jorge Homero, Dr.** Universidad Autónoma de Tamaulipas. Acuicultura y Ecología Marina.

**Venegas Barrera Crystian Sadiel. Dr. CIBNOR.** Manejo y Preservación de Recursos Naturales (Ecología).

## **INFORMES**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. VICTORIA. División de Estudios de Posgrado e Investigación.**

Bldv. Emilio Portes Gil No. 1301 Cd. Victoria, Tam. C.P. 87010 Apdo. Postal 175.

Tel. (834) 153 2000, Ext. 325

<http://www.postgradositcv.com>

<http://www.itvictoria.edu.mx>

E-mail: [azuarad@gmail.com](mailto:azuarad@gmail.com)



## CONVOCATORIA PARA PUBLICAR EN TecnoINTELECTO

### TÍTULO CON MAYÚSCULAS, DEBIDAMENTE ACENTUADAS, EN NEGRITAS, CENTRADO, ARIAL 10, INTERLINEADO SENCILLO

*Autor(es) Arial 10 puntos, itálica, centrado, interlineado sencillo; nombre (s) completo y apellidos completos, separados por un guión, sin grado académico, más de un autor separado por comas e indicador numérico para los datos siguientes: Institución(es) en 10 Arial, en itálica y centrado, interlineado sencillo, correo electrónico de los autores centrado, interlineado sencillo*

**RESUMEN:** Deberá ser lo más general y significativo posible, de manera que en pocas palabras exprese la aportación más relevante del artículo. Letra tipo Arial de 10 puntos, interlineado sencillo y espaciado anterior de 8 puntos y posterior de 6, iniciando con la palabra **RESUMEN** en negritas. Texto con alineación ajustada en todo el artículo. Si el artículo está en español, adjuntar el resumen inglés.

**PALABRAS CLAVE:** Colocar las palabras (tres a cinco) más significativas en el artículo, no repetir palabras del título, fuente de 10 puntos, dejando un espacio entre el párrafo anterior.

**ABSTRACT:** The abstract shall be as general and substantial as possible, in such a way that provides in a few words a clear idea of the paper's contribution. Please use Arial font 10 points, single space, space above 8 points and below 6 points, begin text with the word **ABSTRACT** in bold face. All text through the paper must be aligned to fit page. If paper is in Spanish abstract shall be in English.

**KEY WORDS:** Please use the most (three to five) significant words, font of 10 points, leaving a space between the preceding paragraphs.

### 1. INTRODUCCIÓN

Los criterios para la revisión técnica son: importancia de la contribución a la divulgación científica, pertinencia de métodos empleados, correcta presentación de datos, soporte del manuscrito con literatura relevante y actualizada, discusión suficiente o necesaria. Además, figuras y tablas adecuadas. El manuscrito pasará al comité editorial, quien dictaminará si contiene el mínimo indispensable para ser publicado, lo cual se notificará vía electrónica en formato pdf.

### 2. CARACTERÍSTICAS

El cuerpo del artículo en dos columnas con 0.6 cm entre ellas y todos sus márgenes de 3 cm. Cada sección deberá contener un título numerado con formato de párrafo espaciado anterior de 12 y posterior de 6 puntos. La fuente de todo el manuscrito es Arial. En el cuerpo de 10 puntos, interlineado sencillo, con secciones numeradas con números arábigos.

**2.1 Idioma** Español o inglés.

#### 2.2 Subsecciones

Las subsecciones en formato tipo título, negritas, interlineado sencillo y espaciado anterior y posterior de 6 puntos.

#### 2.3. Las gráficas y tablas

Pueden ser **a color** o en **escala de grises** y se ajustarán de acuerdo a las características de ellas y al gusto del investigador. Deberán ser posicionadas de acuerdo a la necesidad del investigador y bajo su responsabilidad.

### 3. LINEAMIENTOS

Los artículos deberán ser inéditos. Cada trabajo deberá presentarse en un mínimo de 6 y un máximo de 12 páginas. De 6 páginas se considerarán artículos cortos y se publicarán a recomendación del comité editorial.

### 4. RESPONSABILIDADES

El investigador es responsable del contenido, la sintaxis y el envío de su artículo en Word a la coordinación editorial actual de TecnoINTELECTO: [ludivinab@yahoo.com](mailto:ludivinab@yahoo.com), [almagavetec@hotmail.com](mailto:almagavetec@hotmail.com). El Instituto Tecnológico de Cd. Victoria será responsable de la revisión y aceptación o rechazo de los manuscritos, la edición de la revista, el índice,

la impresión y distribución, apoyándose en el Comité Editorial y otras instituciones, si lo considera pertinente.

**Los artículos que no se ajusten a las normas editoriales serán rechazados para su adecuación.**

**El máximo número de autores y/o coautores por artículo es de 5.**

## 5. FECHAS IMPORTANTES

Recepción de artículos todo el año.  
**Publicación julio-agosto y diciembre-enero.**

## 6. LITERATURA CITADA

### 6.1 Referencias en texto

Sin numerar, solo citar apellido(s) según el caso y el año separado por una coma, si son más citas separar por punto y coma; dos autores se separan “y” y si son más de dos autores solo se pondrá el apellido(s) del primer autor seguido de “*et al.*”.

Al final, listar en orden alfabético sin numeración. Autor (es) iniciando con apellido (s) seguido por la inicial del nombre (s), si es el caso puede escribir los dos apellidos separados por un guion. Año. Título del artículo. Nombre de la Revista, Volumen y número de páginas, tipo Arial, 10 puntos, interlineado sencillo.

### Artículo científico

Armenta, C. S., H. Bravo y R. Reyes. 1978. Estudios bioecológicos de *Epilachna varivestis* Mulsant, bajo condiciones de

laboratorio y campo. *Agrociencia*, 34: 133-146.

Ávila-Valdez, J., L. Barrientos-Lozano y P. García-Salazar. 2006. Manejo Integrado de la Langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) (Orthoptera: Acrididae) en el sur de Tamaulipas. *Entomología Mexicana*, 5: 636-641.

### Libro o Tesis

Jaffe, K., J. Lattke y E. Pérez. 1993. *El mundo de las hormigas*. Equinoccio Ediciones. Universidad Simón Bolívar, Venezuela. 196 pp. En el caso de tesis señalar después del título si es profesional o de grado.

### Capítulo de libro:

Navarrete-Heredia, J. L. y A. F. Newton. 1996. Staphylinidae (Coleoptera). Pp. 369-380. *In*: J. E. Llorente-Bousquets, A. N. García-Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F.

### Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación-Coordinación Editorial de TecnoINTELECTO.

Dra. Ludivina Barrientos Lozano:

[ludivinab@yahoo.com](mailto:ludivinab@yahoo.com),

[almagavetec@hotmail.com](mailto:almagavetec@hotmail.com)