

ISSN 2410-3950

Volumen 5, Número 14 — Enero — Marzo - 2018

Revista de  
Sistemas  
Experimentales

ECORFAN®

## **ECORFAN-Bolivia**

### **Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Editor Ejecutivo**

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

### **Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Administración Empresarial**

REYES-VILLO, Angélica. BsC

### **Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

**Revista de Sistemas Experimentales**, Volumen 5, Número 14, de Enero a Marzo-2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Bolivia. Loa 1179, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia.

WEB:

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org).

Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD, Co-Editor: IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC. ISSN-2410-4000. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda. PhD, LUNA-SOTO, Vladimir. PhD, actualizado al 31 de Marzo del 2018.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

# **Revista de Sistemas Experimentales**

## **Definición del Research Journal**

### **Objetivos Científicos**

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Biología y Química, en las Subdisciplinas Métodos Lógicos, Métodos de Investigación, Método Hipotético-Deductivo, Método de la Observación Científica, Método de la Medición, Experimentación Científica, Climatología, Geología, Geoquímica, Acústica.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

### **Alcances, Cobertura y Audiencia**

Revista de Sistemas Experimentales es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Bolivia, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de la Métodos Lógicos, Métodos de Investigación, Método Hipotético-Deductivo, Método de la Observación Científica, Método de la Medición, Experimentación Científica, Climatología Geología, Geoquímica, Acústica con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Biología y Química. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

## **Consejo Editorial**

NUÑEZ-SELLES, Alberto Julio. PhD  
Instituto Central de Análisis de Alimentos Utrecht

ESCAMILLA-GARCÍA, Erandi. PhD  
Université de Bourgogne

NAVARRO-FRÓMETA, Amado Enrique. PhD  
Instituto de Petróleo y Química Azerbaiján

ARMADO-MATUTE, Arnaldo José. PhD  
Universidad de los Andes

RIVERA-BECERRIL, Facundo. PhD  
Institut National de la Recherche Agronomique

CHEW-HERNÁNDEZ, Mario Luis. PhD  
University of Nottingham

SOTERO-SOLIS, Victor Erasmo. PhD  
Universidade de São Paulo

CORNEJO-BRAVO, José Manuel. PhD  
University of California

OROPEZA-GUZMÁN, Mercedes Teresita . PhD  
National Polytechnique de Toulouse

PINA-LUIS, Georgina Esther. PhD  
Universidad de la Habana

CARVAJAL-MILLAN, Elizabeth. PhD  
École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier

CRUZ-REYES, Juan. PhD  
Instituto de Catálisis y Petroleoquímica

STILIANOVA-STOYTCHIEVA, Margarita. PhD  
Universidad de Tecnología Química y Metalurgia de Sofía

CASTRO-CECEÑA, Ana Bertha. PhD  
University of California

CÓRDOVA-GUERRERO, Iván. PhD  
Universidad de la Laguna

MELÉNDEZ-LÓPEZ, Samuel Guillermo. PhD  
University of California

FRÍAS-DE LEÓN, María Guadalupe. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

RAMÍREZ-LEAL, Roberto. PhD  
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

GAMBOA-HERNÁNDEZ, Adriana. PhD  
Instituto Tecnológico de Saltillo

HERNANDEZ-HERNANDEZ, Francisca. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

CASTAÑÓN-OLIVARES, Laura Rosio. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

OCHOA-TERÁN, Adrián. PhD  
Tecnológico Nacional de México

SANTACRUZ-ORTEGA, Hisila del Carmen. PhD  
Instituto Tecnológico de Tijuana

VALDEZ-SALAS, Benjamín. PhD  
Universidad Autónoma de Guadalajara

FRONTANA-VAZQUEZ, Carlos Eduardo. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

## **Comité Arbitral**

PALOS-PIZARRO, Isidro. PhD  
Centro de Investigación en Química Aplicada

VALDÉS-ORDOÑEZ, Alejandro. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

HERRERA-PÉREZ, Gabriel. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

RIOS-DONATO, Nely. PhD  
Universidad de Guanajuato

ALVARADO-FLORES, Jesús. PhD  
Universidad Autónoma de Aguascalientes

DE LEON-FLORES, AneD. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. PhD  
Universidad Autónoma Metropolitana

DUARTE-ESCALANTE, Esperanza. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

SALAZAR-HERNÁNDEZ, Ma. Mercedes. PhD  
Universidad de Guanajuato

GARCÍA-ORTEGA, Héctor. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

RANGEL-VILLALOBOS, Héctor. PhD  
Universidad de Guadalajara

QUIROZ-CASTILLO, Jesús Manuel. PhD  
Universidad de Sonora

CERTUCHA-BARRAGÁN, María Teresa. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

SUÁREZ-ALVAREZ, Roberto Osvaldo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

CALVA-BENÍTEZ, Laura Georgina. PhD  
Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca

LÓPEZ-MALDONADO, Eduardo Alberto. PhD  
Tecnológico Nacional de México

MAGANA-BADILLA, Héctor Alfonso. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

MARTÍNEZ-QUIROZ, Marisela. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

LÓPEZ-URETA, Luz Cecilia. PhD  
Universidad de Guadalajara

DEL VALLE-GRANADOS, José Mario. PhD  
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

HURTADO-AYALA, Lilia Angélica. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

RIVERA-ITURBE, Fernando Felipe. PhD  
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

VALDEZ-CASTRO, Ricardo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México

VILLARREAL-GÓMEZ, Luis Jesús. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

COTA-ARRIOLA, Octavio. PhD  
Universidad de Sonora

## **Cesión de Derechos**

El envío de un Artículo a Revista de Sistemas Experimentales emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Bolivia considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

## **Declaración de Autoría**

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

## **Detección de Plagio**

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

## **Proceso de Arbitraje**

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homologo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

## **Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación**

### **Área del Conocimiento**

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Métodos Lógicos, Métodos de Investigación, Método Hipotético-Deductivo, Método de la Observación Científica, Método de la Medición, Experimentación Científica, Climatología Geología, Geoquímica, Acústica y a otros temas vinculados a las Biología y Química.

## **Presentación del Contenido**

Como primer artículo presentamos, *Evaluación de las características Físico-Químicas y Sensoriales de fresa con cubiertas comestibles de Quitosano*, por CASTAÑEDA-RAMÍREZ, José Cristóbal, ESPINOZA-ZAMORA, Jesús y DE LA FUENTE-SALCIDO, Norma Margarita, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato y la Universidad Autónoma de Coahuila, como siguiente artículo presentamos, *Producción in vitro de cocones de la especie Eisenia foetida en diferentes sustratos*, por RIVERA-ARREDONDO, Marisa, CALDERON-RUIZ, Alberto, FELIX-MORALES, Verónica de Jesús, VARGAS-ESPINOZA, Everardo y GAYTAN-RUELAS, Marina, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Suroeste del estado de Guanajuato, como siguiente artículo presentamos, *Identificación estructural de tres diferentes policloruros de vinilo*, por FUENTES-ROMERO, Teresa, RODRÍGUEZ-BAUTISTA, Eduardo, GALEANA-GARCÍA, Joel, GALVÁN-LUIS, Aaron y MENDOZA-HERNÁNDEZ, Fabian, con adscripción en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez y el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos Núm. 16, como último artículo presentamos, *Evaluación del pre-tratamiento ácido en la digestión anaerobia de residuos agroindustriales*, por NAVA-VALENTE, Noemi, DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés y JIMENEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Evaluación de las características Físico-Químicas y Sensoriales de fresa con cubiertas comestibles de Quitosano</b> CASTAÑEDA-RAMÍREZ, José Cristóbal, ESPINOZA-ZAMORA, Jesús y DE LA FUENTE-SALCIDO, Norma Margarita <i>Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato</i> <i>Universidad Autónoma de Coahuila</i>	1-6
<b>Producción <i>in vitro</i> de cocones de la especie <i>Eisenia foetida</i> en diferentes sustratos</b> RIVERA-ARREDONDO, Marisa, CALDERON-RUIZ, Alberto, FELIX-MORALES, Verónica de Jesús, VARGAS-ESPINOZA, Everardo y GAYTAN-RUELAS, Marina <i>Universidad Tecnológica del Suroeste del estado de Guanajuato</i>	7-11
<b>Identificación estructural de tres diferentes policloruros de vinilo</b> FUENTES-ROMERO, Teresa, RODRÍGUEZ-BAUTISTA, Eduardo, GALEANA-GARCÍA, Joel, GALVÁN-LUIS, Aaron y MENDOZA-HERNÁNDEZ, Fabian <i>Universidad Tecnológica Fidel Velázquez</i> <i>Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos Núm. 16</i>	12-15
<b>Evaluación del pre-tratamiento ácido en la digestión anaerobia de residuos agroindustriales</b> NAVA-VALENTE, Noemi, DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés y JIMENEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena <i>Instituto Tecnológico Superior de Huatusco</i>	16-23

## Evaluación de las características Físico-Químicas y Sensoriales de fresa con cubiertas comestibles de Quitosano

### Evaluation of the Physical-Chemical and Sensorial characteristics of strawberry with coating edible Chitosan

CASTAÑEDA-RAMÍREZ, José Cristóbal<sup>1†\*</sup>, ESPINOZA-ZAMORA, Jesús<sup>1</sup> y DE LA FUENTE-SALCIDO, Norma Margarita<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Departamento de Procesos Alimentarios, Carretera Valle-Huanímara km 1.2. Valle de Santiago, Guanajuato

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Coahuila. Dpto. de Posgrado. Escuela de Ciencias Biológicas, Ciudad Universitaria, Campus Torreón, Coahuila, México

ID 1<sup>er</sup> Autor: José Cristóbal, Castañeda-Ramírez

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Jesús, Espinoza-Zamora

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Norma Margarita, De La Fuente-Salcido

Recibido 20 de Enero, 2018; Aceptado 31 Marzo, 2018

#### Resumen

En años recientes ha surgido la necesidad de desarrollar nuevas metodologías de conservación de productos hortofrutícola; la fresa es un fruto con un alto contenido en antioxidantes y muy apreciada por sus características sensoriales. En el presente estudio se analizó el comportamiento de las características físico-químicas y sensoriales de fresas cubiertas con diferentes formulaciones de quitosano suplementadas con sorbitol y cloruro de calcio; determinando la respiración, sólidos solubles, pH, firmeza, color, percepción de sabor y aroma, calidad visual, a diferentes tiempos de almacenamiento. Se determinó que a los seis días de almacenamiento en refrigeración la fresa cubierta con una mezcla de quitosano-sorbitol (B) disminuye la tasa de respiración con respecto al control (68 contra 183 mL/Kg h de CO<sub>2</sub>), mientras que el pH, sólidos y color mantuvieron con valores similares al control; en cuanto a la percepción de sabor y aroma característicos de la fresa la recubierta con B fue la de mayor aceptación por los panelistas mencionando que se percibían con mayor intensidad, así mismo visualmente fue más llamativa. Con los resultados obtenidos, se demuestra que las cubiertas comestibles a base de quitosano mejoran las condiciones de almacenamiento de las fresas.

Cubiertas Comestibles, Quitosano, Fresa

#### Abstract

In recent years there has been a need to develop new methodologies for the conservation of fruit and vegetable products. The strawberry is a fruit with a high content of antioxidants and highly appreciated for its sensory characteristics. In the present study, the behavior of the physical-chemical and sensory characteristics of the covers with different formulations of chitosan supplemented with sorbitol and calcium chloride was analyzed; Determining respiration, soluble solids, pH, firmness, color, perception of taste and aroma, visual quality, at different storage times. It was determined that after six days of storage in refrigeration the coated strawberry with a mixture of chitosan-sorbitol (B) decreases the respiration rate with respect to the control (68 vs 183 ml / Kg h of CO<sub>2</sub>), while the pH, solids and color maintained with values similar to the control; Regarding the perception of flavor and aroma characteristic of the strawberry, the coverage with B was the greatest acceptance for the panelists that are perceived with greater intensity, likewise visually it was more striking. With the results obtained, it is demonstrated that the edible covers based on chitosan improve the storage conditions of the strawberries.

Coating Edible, Chitosan, Strawberry

**Citación:** CASTAÑEDA-RAMÍREZ, José Cristóbal, ESPINOZA-ZAMORA, Jesús y DE LA FUENTE-SALCIDO, Norma Margarita. Evaluación de las características Físico-Químicas y Sensoriales de fresa con cubiertas comestibles de Quitosano. Revista de Sistemas Experimentales 2018, 5-14: 1-6.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jccastanedar@utsoe.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Se ha reportado que durante el manejo postcosecha de los productos vegetales se pueden estimar pérdidas hasta del 40% del total cosechado (Aular, 2006). La principal consecuencia de dichas pérdidas es la incidencia de microorganismos patógenos sobre los productos ya mencionados; estos pueden causar al consumidor graves padecimientos e incluso la muerte si no se tratan a tiempo.

En relación a las bacterias, éstas pueden contaminar el producto durante la etapa precosecha principalmente por aguas contaminadas o durante la manipulación de los productos hortícolas. Una alternativa para la conservación de frutas y vegetales frescos es el uso de recubrimientos comestibles multicomponentes, los cuales pueden elaborarse con ingredientes básicos adecuados al producto para brindarle la protección de barrera deseada y además, sirven como vehículos para incorporar aditivos específicos que refuerzan su funcionalidad tales como antioxidantes, colorantes y antimicrobianos (Nussinovitch y Lurie, 1995; Cagri *et al.*, 2004; Martin-Belloso *et al.*, 2005).

El uso de películas con una base biológica a manera de embalaje antimicrobiano es muy prometedor para mantener la calidad de este tipo de productos alimenticios; ya las películas adheribles actúan como una barrera a la migración del vapor del agua, el oxígeno y el dióxido de carbono aunado a sustancias capaces de inhibir patógenos y la expansión microbiana (Dutta *et al.*, 2009); además las películas y los revestimientos comestibles protegen del deterioro a las frutas y verduras percederas retardando la deshidratación, suprimiendo la respiración, mejorando calidad de textura y ayudando a retener compuestos de aroma y sabor (Quirós- Saucedo *et al.*, 2014; Han *et al.*, 2004; Durango *et al.*, 2003).

Uno de los compuestos biológicos más importantes para la formación de películas y revestimientos naturales es el biodegradable, no tóxico, biocompatible, semipermeable, con propiedades filmogénicas y antimicrobianas, lo que lo convierte en un material versátil y con un gran potencial como empaque de alimentos.

Además presenta la habilidad de ligar lípidos y metales como cobre, zinc, plomo, vanadio y hierro, y puede extender la vida de anaquel de productos alimenticios frescos y con alta actividad de agua como frutas, verduras y carnes (Bautista-Baños y Bravo-Luna, 2004).

Con relación a la actividad antibacteriana del quitosano en combinación con otros polímeros, se demostró que soluciones de poliamida-quitosano ejerce actividad antibacteriana contra *Salmonella typhimurium* y *Staphylococcus aureus* (Rodríguez-Núñez *et al.*, 2012); una combinación de quitosano-almidón aplicado en zanahorias tuvo efecto contra bacterias ácido lácticas, coliformes y levaduras en almacenamiento a 10 °C (Durango *et al.*, 2003).

Por otro lado se ha demostrado que las cubiertas de quitosano son efectivas al incrementar la vida de anaquel de las fresas (*Fragaria*), al disminuir el oscurecimiento, mantienen su textura y evitando la deshidratación (Henández- Muñoz *et al.*, 2008). Por lo que el objetivo del presente estudio fue la evaluación de características físico-químicas y sensoriales de fresa tratada con diferentes cubiertas a base de quitosano.

## Materiales y métodos

### Formulación de las cubiertas

Se elaboraron cuatro diferentes tratamientos de quitosano de bajo peso molecular (Sigma-Aldrich, St. Louis MO. USA). En las 4 soluciones se disolvieron 2 g de quitosano en 100 mL de ácido acético al 1%, con las siguientes consideraciones. La solución 1 se preparó con 2 g de quitosano en 100 mL de ácido acético al 1% (**A**); la solución 2 se preparó de la misma manera que la 1 solo que se adicionó sorbitol al 20% (p/p) con respecto a la masa de quitosano (**B**); para la solución 3 primero se disolvieron 2 g de cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>) en ácido acético al 1% y posteriormente se disolvieron 2 g de quitosano (**C**); la solución 4 se preparó de la misma manera que la 3, solo que se adicionó sorbitol al 20% (p/p) con respecto a la masa de quitosano (**D**).

## Aplicación de las cubiertas

Inicialmente las fresas (fueron lavadas con agua destilada durante 5 minutos y desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) 150 mg/L durante 2 minutos (Sanchis *et al.*, 2016) y posterior enjuague por 2 min con agua destilada estéril. Para la aplicación de las cubiertas la fresa fue separada en 5 grupos, primer grupo se aplicó el tratamiento 2% quitosano (**cubierta A**); al segundo grupo el tratamiento 2% quitosano-20% sorbitol (**cubierta B**), al tercer grupo el tratamiento 2% quitosano-2% CaCl<sub>2</sub> (**cubierta C**), al cuarto grupo, el tratamiento 2% quitosano-2% CaCl<sub>2</sub>- 20 % sorbitol (**cubierta D**) y el quinto grupo fue empleado como control sin tratamiento (**E**); todos los tratamientos se aplicaron por inmersión de la fresa en las soluciones durante 5 minutos, posteriormente se dejaron secar al aire durante 2 h y se almacenaron en charolas de polipropileno a 6 °C y 85-90 % HR.

## Cromatografía de gases

La respiración de la fresa fue determinada, empleando un método estático (Hernández-Muñoz *et al.*, 2008). Las fresas fueron colocadas en un frasco hermético de 200 mL, a temperatura ambiente durante 1 h. Transcurrido el tiempo se colectó 1mL del espacio de cabeza y se analizó la producción de CO<sub>2</sub> usando un Cromatógrafo de gases (Perkin Elmer, modelo Auto System XL), con el detector de conductancia térmica (TCD). Se empleó como gas acarreador el helio; las condiciones del inyector, detector y del horno fueron 170 °C, 180°C y 35 °C respectivamente; con tiempo de corrida de 5min. Las fresas fueron almacenadas a 6 °C y 85-90% HR, por un periodo de 6 días; se monitoreo la producción de CO<sub>2</sub> cada 3 días, por triplicado. La producción de CO<sub>2</sub>, se reportó en mL Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

## Medida de color y firmeza

El color de la fresa con diferentes cubiertas fue medido en un colorímetro MiniScan EZ modelo 4500L HunterLab; empleando la escala CIELAB, para la medición de los parámetros L\*, a\* y b\*; evaluando el color a 20 muestras por cada tratamiento.

La firmeza de la fresa tratada con las diferentes cubiertas fue medida en un texturometro BROOK FIEL CT325K, en modo de TEST Normal (Trigger: 20 g; Deformation: 10.0 mm; Speed: 5 mm s<sup>-1</sup>), empleando una sonda de 2 mm de diámetro. Las lecturas se obtuvieron por triplicado para cada una de las fresas y se midieron en total 25 fresas para cada tratamiento.

## Medición de °Brix y Ph

Para la medición del pH y °Brix, se molieron 150 g de fresa de cada uno de los tratamientos, para la obtención del jugo, del cual se midió la cantidad de sólidos disueltos con un refractómetro (ATAGO MASTER 4T); el pH fue medido con un potenciómetro HANNA Instruments HI 4221.

## Análisis sensorial

La percepción de la calidad sensorial de la fresa tratada con las cubiertas de quitosano, fue realizada por 10 jueces no entrenados para cada uno de los tratamientos y días de prueba. Los atributos que se evaluaron fueron la calidad visual (principalmente presencia de daño), con una escala de 9= excelente, 7 muy bueno, 5 bueno (límite para mercado), 3 malo (límite para uso), 1 pobre (revisar) (Gorny *et al.*, 2002). Otro de los aspectos fue el sabor y aroma, empleando una escala de 5 puntos donde 5= aroma y sabor muy marcados y 1= ausencia de aroma y sabor. La firmeza fue evaluada también con una escala de 5 puntos, donde 5= muy firme y 1= muy suave (Sanchís *et al.*, 2016). Por último se evaluó la percepción general de la fruta por parte de los jueces, con una escala de 9 puntos, donde se consideró lo siguiente, 7-9 excelente calidad, 4-6 calidad aceptable y 1-3= calidad deficiente.

## Resultados y discusión

Durante el almacenamiento en refrigeración de la fresa, se observó de manera general que las cubiertas A y B (cubierta A 2 % quitosano; cubierta B 2% quitosano/20% sorbitol), disminuyen la tasa de respiración de la fresa, con respecto al control (E) y a las cubiertas C y D suplementadas con cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>), ejercen un efecto similar.

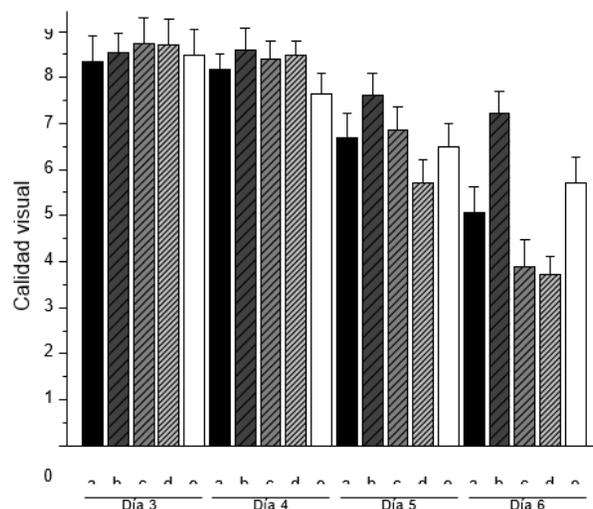
Dicho efecto se atribuye a que el quitosano combinado con sorbitol en forma de cubierta pudiera modificar la atmosfera interna de la fruta, como se ha reportado en jitomates y manzanas, productos, en los cuales se ve afectada la relación CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> (Gemma and Du, 1998), en el presente estudio la cubierta que mostró mayor disminución de la tasa de respiración de la fresa fue la B, en la que el quitosano se suplemento con sorbitol (agente plastificante), esto sugiere que la cubierta tuvo mayor adherencia a la epidermis de la fresa, provocando dicho fenómeno (Tabla 1). Con relación a la fresa tratada con las cubiertas B, C y D, entre los 3 y 6 días de almacenamiento presentan mayor firmeza tanto de la epidermis como de la pulpa; sobresaliendo entre ellas la cubierta D (suplementada con cloruro de calcio), con respecto a las cubiertas A y el control (E) (Tabla 1).

Este comportamiento fue el esperado ya que los compuestos de calcio se emplean como mejorantes de textura en varios productos hortofrutícolas, en el caso particular de la fresa la absorción de iones calcio, beneficia a la las uniones en los enlaces de las pectinas); lo que ayuda que la fruta mantenga su firmeza por un tiempo mayor (Lara-Garcia and Vendrell, 2004) Por otro lado en el parámetro de color, se observó que al inicio, las fresas con las cubiertas A y B, presentan mayor Luminosidad, lo cual indica que la fresa tiene una tonalidad de rojo más claro que el resto de las cubiertas, aunque con el paso de los días de almacenamiento, los valores de luminosidad tienen a igualarse. El pH y el porcentaje de sólidos disueltos se mantuvieron dentro de los valores esperados para la fresa de 3.5 a 4.5 y 7 a 11 % respectivamente; comportamiento que indica que las cubiertas comestibles de quitosano, no afecta a estos parámetros (Tabla 1).

Día	Cubierta	CO <sub>2</sub> (mL/Kg h)	Firmeza (N)	pH	Color L*
0	A	177 ± 26.3	4.67 ± 1.3	4	26 ± 5.6
	B	142 ± 21.4	4.9 ± 1.1	3.9	24.3 ± 4
	C	162 ± 18.6	4.85 ± 1.1	3.7	20. ± 3.5
	D	234 ± 35.5	5.02 ± 0.3	4.1	16. ± 5.6
	E	299 ± 24.6	5.39 ± 2.4	3.8	22 ± 7.4
3	A	97.5 ± 15.1	3.97 ± 1.5	3.7	26 ± 2.8
	B	69 ± 4.5	4.34 ± 0.1	3.8	23 ± 9.7
	C	87 ± 14.3	4.09 ± 0.8	3.8	28 ± 1.1
	D	93 ± 18.8	4.77 ± 0.4	3.7	28 ± 3.4
	E	179 ± 7.8	3.96 ± 1.8	3.8	26 ± 3.4
6	A	108 ± 5.3	3.48 ± 0.5	3.7	33 ± 3.3
	B	68 ± 4.4	4.1 ± 0.5	3.7	30 ± 1.7
	C	92 ± 16.2	4.18 ± 0.8	4	31 ± 2.5
	D	97 ± 8.5	4.45 ± 0.2	3.9	30 ± 4.7
	E	183 ± 23.2	3.76 ± 0.3	3.7	30 ± 2.5

**Tabla 1** Parámetros fisicoquímicos de fresa tratada con cubiertas a base de quitosano

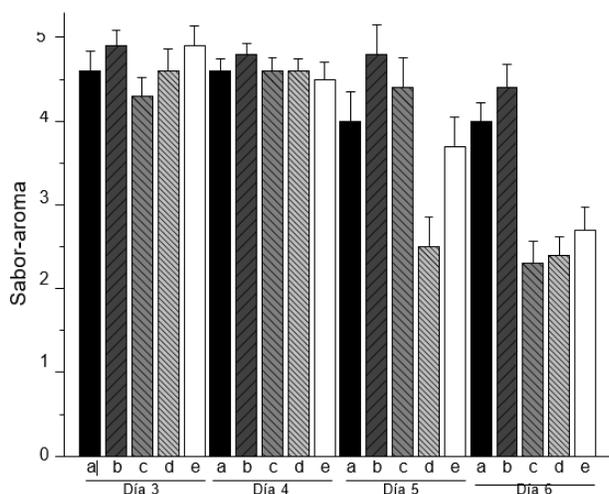
Para la evaluación de la percepción de Sabor y Aroma característicos y Firmeza de la fresa. La calidad visual fue evaluada dentro del rango excelente en todas las cubiertas y el control, durante los primeros 4 días de tratamiento; a los seis días la fruta con la cubierta b (2% quitosano-20 % sorbitol) es igualmente bien evaluado dentro de los rangos de excelente, sin embargo los tratamientos A, C, D y E perdieron atractivo visual (Gráfica 1).



**Gráfica 1** Resultados de la percepción de calidad visual de fresa tratada con cubiertas a base de quitosano

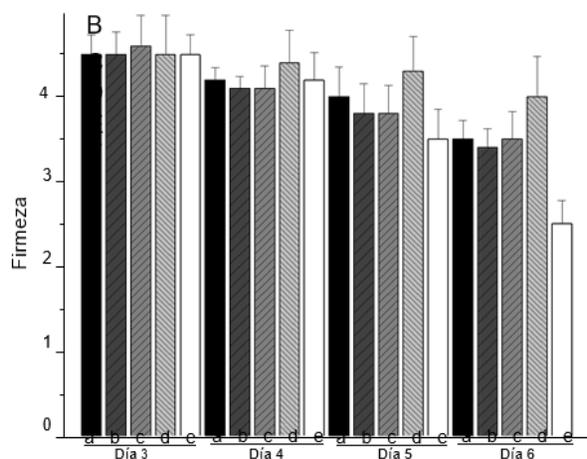
En la evaluación de Sabor-Aroma durante 3 y 4 días de almacenamiento se encuentran en muy cercanos a 5 (aroma y sabor muy marcados) en todos los tratamientos y el control, para el día 5 los valores disminuyen para el tratamiento D y el E (control positivo); para el día 6 de almacenamiento, los valores disminuyen para tratamientos C, D y E.

Durante el último día de esta evaluación el tratamiento A fue evaluado en los rangos de excelente; sin embargo, se mantiene por debajo de B (Gráfica 2), en el cual los encastados percibieron con mayor intensidad el coincidiendo con el patrón de respiración, presumiendo que al modificar la atmosfera interna de la fresa, la cubierta de quitosano-sorbitol mantiene la concentración de los compuestos responsables de aroma de las fresas.



**Gráfica 2** Resultados de la percepción de sabor y aroma de fresa tratada con cubiertas a base de quitosano.

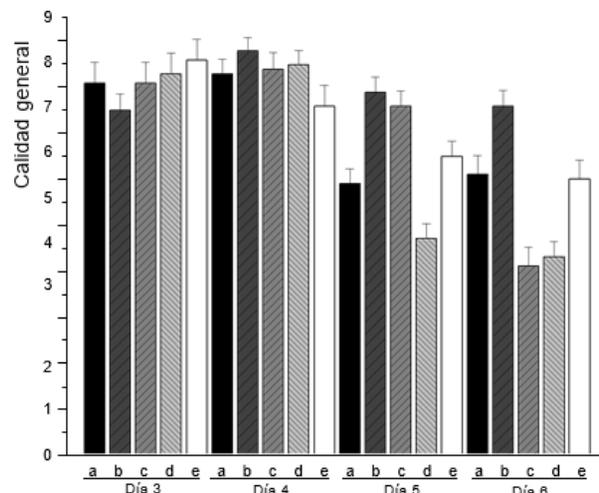
La firmeza de al igual que para el atributo de aroma y sabor, dentro de los primeros cuatro días de tratamiento fue evaluada dentro del rango muy firme (normal para fresa), notándose una disminución de la firmeza hacia el sexto día, donde el control (E), fue evaluado como poco firme, teniendo que las fresas tratadas con quitosano-sorbitol- $\text{CaCl}_2$  fueron las que presentaron mejor firmeza esto es un resultado esperado ya que el calcio se utiliza como mejorante de textura; sin embargo la fresa tratada con esta cubierta no resultó la más aceptada por los panelistas, ya que presentaba una coloración no tan atractiva, sabor y aroma deficiente



**Gráfica 3** Resultados de la percepción firmeza de fresa tratada con cubiertas a base de quitosano

También fue evaluada la calidad general de la fresa, determinando que dentro de los primeros cuatro días, la percepción fue excelente, notándose un decremento hacia el día seis donde la mejor evaluada fue la fruta con la cubierta b (2% quitosano-20% sorbitol).

Lo que coincide con el resto de las percepciones sensoriales, donde la cubierta B, es la que otorga mejores condiciones para el almacenamiento en refrigeración (Gráfica 4)



**Gráfica 4** Resultados de la percepción de calidad general de fresa tratada con cubiertas a base de quitosano

## Conclusiones

Se evaluaron las características físico-químicas de la fresa (variedad San Andrés) tratadas con cubiertas comestibles de quitosano, encontrando que la cubierta quitosano-sorbitol (B) fue la que favoreció más en las propiedades físico-químicas al disminuir la tasa de respiración, color lo que repercutió en que presentara mayor aceptación por los panelistas en las características sensoriales como sabor y aroma, calidad visual y calidad general; por lo que estas cubiertas pudieran ser una opción para mejorar las condiciones de almacenamiento de la fresa, ya que conservan sus propiedades sensoriales, mismas que son de vital importancia para esta fruta.

## Referencias

Aular, J. (2006). Consideraciones sobre el manejo postcosecha de frutas en Venezuela. In: Salamanca, G. (Ed.) Anales del Seminario Hortofrutícola Colombiano y I Congreso Iberoamericano sobre Sistemas de Procesado. Ibaguè-Tolima: 59-62

Bravo-Luna, S. B. (2004). Evaluación del quitosano en el desarrollo de la pudrición blanda del tomate durante el almacenamiento. Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 6.

Durango, A. M., Soares, N. F. F., & Andrade, N. J. (2006). Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. *Food Control*, 17, 336–341.

Gemma, H. and Du, J. (1998). Effect of application of various chitosans with different molecular weights on the storability of jonagold apple. *Acta Horticulturae (ISHS)*.

Gorny, J.R., Hess-Pierce B, Cifuentes, R.A., and Kader, A.A. (2002). Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. *Postharvest Biology and Technology* 24: 271–278.

Han, C., Zhao, Y., Leonard, S. W., & Traber, M. G. (2004). Edible coating to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x Ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*

Hernandez - Muñoz P. (2006). Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, 247, 253.

Hernández-Muñoz, P., Eva-Almebar., V., Dinoraz-Velez, R.G. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. 110: 428-435. *Food Chemistry*.

Lara, I., Garcia, P. and Vendrell, M. (2004). Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Fruit postharvest Biology y Technology*.

Martin-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R., and Baldwin, A. (2005). Conservación mediante recubrimientos comestibles. In: *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*. González-Aguilar, G; Gardea, A.; Cuamea-Navarro, F. Editores. Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo A.C. Hermosillo, Sonora, México p. 558.

Nussinovitch, A., and Lurie, S. 1995. Edible coatings for fruits and vegetables. *Postharvest News and Information* 6:53-57.

Rodríguez-Núñez, J.R., López-Cervantes, J., Sánchez-Machado, D.I., Ramírez- Wong, B., Torres-Chávez, P., Cortez- Rocha, M.O. (2012). Antimicrobial activity of chitosan-based films against *Salmonella typhimurium* and *Staphylococcus aureus*. 47: 2127-2133. *International Journal of Food Science and Technology*.

Sanchís, E., Mateos, M., Pérez-Gago, M.B. (2016). Physicochemical, sensory, and nutritional quality of fresh-cut ‘‘Rojo Brillante’’ persimmon affected by maturity stage and antibrowning agents. *Food Science and Technology International*. 1-13.  
DOI:  
10.1177/1082013216629262

## Producción *in vitro* de cocones de la especie *Eisenia foetida* en diferentes sustratos

### In vitro production of coons of the species *Eisenia foetida* in different substrates

RIVERA-ARREDONDO, Marisa\*†, CALDERON-RUIZ, Alberto, FELIX-MORALES, Verónica de Jesús, VARGAS-ESPINOZA, Everardo y GAYTAN-RUELAS, Marina

Universidad Tecnológica del Suroeste del estado de Guanajuato carretera Valle – Huanimaro km 1.2 Valle de Santiago Guanajuato CP. 38400

ID 1<sup>er</sup> Autor: Marisa, Rivera-Arredondo

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Alberto, Calderon-Ruiz

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Verónica de Jesús, Felix-Morales

ID 3<sup>er</sup> Coautor: Everardo, Vargas-Espinoza

ID 4<sup>o</sup> Coautor: Marina, Gaytan-Ruelas

Recibido 20 de Enero, 2018; Aceptado 31 Marzo, 2018

#### Resumen

El anélido *Eisenia foetida* es de gran utilidad para transformar los desechos orgánicos en lombrihumus y ser utilizados como biofertilizantes para suelos. Como objetivo se evaluó en diferentes sustratos alimenticios la producción de cocones de la especie *E. foetida*. Para evaluar la producción *in vitro* se analizaron cuatro sustratos y sus réplicas que fueron tratamiento 1 desperdicios de cocina (T1), tratamiento 2 cítricos (T2), tratamiento 3 herbáceas (T3) y tratamiento 4 estiércol de bovino (T4) donde se depositó 1 kg de tierra y 500 g de materia orgánica respectivamente con 10 anélidos jóvenes sin clitelo, durante un periodo de 4 meses, donde se monitoreo, humedad, pH, temperatura y al finalizar se llevó a cabo el conteo de cocones. Con los datos obtenidos se realizó una comparación múltiple por pares tras un ANOVA multifactorial (multiple pairwise comparisons) incluyendo el procedimiento HSD de Tukey (Tukey Honest significant difference) en el software XLSTAT 2018.5.52040. Se obtuvo diferencia significativa de producción de cocones entre los diferentes tratamientos alimenticios con respecto a la humedad, encontrando que el tratamiento T1 se puede considerar como el mejor tratamiento alimenticio para producción de cocón además se encontró que a mayor humedad mayor producción de cocones.

*E. foetida*, Cocones, Anélido, *In vitro*

#### Abstract

The *Eisenia foetida* annelid is very useful to transform organic waste into lombrihumus and be used as biofertilizers for soils.. The production of buds of the species *E. foetida* was evaluated in different food substrates. To evaluate the *in vitro* production, four substrates and their duplicates that were treated were, treatment 1 kitchen waste (T1), 2 citrus treatment (T2), 3 herbaceous treatment (T3) and 4 treatment of cattle manure (T4) where was deposited 1 kg of earth and 500 g of organic matter respectively with 10 young annelids without clitelo, during a period of 4 months, where they were monitored, humidity, pH, temperature and at the end the counting of cocoons was carried out. With the obtained data, a multiple pairwise comparison was performed after a multifactor ANOVA (multiple pairwise comparisons) including the Tukey HSD procedure (Tukey Honest significant difference) in the XLSTAT 2018.5.52040 software. A significant difference in cocoons production between the different food treatments with respect to humidity was obtained, that the T1 treatment can be considered as the best food substrate for cocoon production, and it was found that the higher the humidity, the higher cocoon production.

*E. foetida*, Cocoons, Annelid, *In vitro*

**Citación:** RIVERA-ARREDONDO, Marisa, CALDERON-RUIZ, Alberto, FELIX-MORALES, Verónica de Jesús, VARGAS-ESPINOZA, Everardo y GAYTAN-RUELAS, Marina. Producción *in vitro* de cocones de la especie *Eisenia foetida* en diferentes sustratos. Revista de Sistemas Experimentales 2018, 5-14: 7-11.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mriveraa@utsoe.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato se evaluó la producción *in vitro* de cocones de la especie *E.foetida* en diferentes sustratos con su duplicado se colocaron en recipientes oscuros los siguientes tratamientos: tratamiento 1 desperdicios de cocina (T1), tratamiento 2 cítricos (T2), tratamiento 3 herbáceas (T3) y tratamiento 4 estiércol de bovino (T4) donde se depositó 1 kg de tierra y 1 kg de materia orgánica respectivamente con 10 anélidos jóvenes sin clitelo, durante un periodo de 4 meses y se acomodan por orden sobre una charola de metal, para tener un mejor control (Henríquez, 2011).

Se verifica condiciones como humedad entre 70 a 80% mediante termo balanzas, pH de 7 a 8 usando pHmetros, una temperatura de 14 a 27 °C, condiciones adecuadas para su desarrollo según (Pérez Herrera, 2003).

Como objetivo fue evaluar la producción de cocones de la especie de *E.foetida* en diferentes sustratos con la finalidad de identificar el mejor tratamiento alimenticio

## Revisión bibliográfica

### Clasificación del anélido y beneficios del humus

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), del orden anélido, clase oligoqueta y familia *lombrícidae*, aporta al mejoramiento del suelo manteniendo la fertilidad debido a que incrementa la disponibilidad de nitrógeno fósforo y azufre e inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que pueden afectar al cultivo. La crianza de esta lombriz se debe básicamente a la obtención como subproducto del lombrihumus que es materia orgánica digerida y excretada que sirve como un biofertilizante al momento de estar en contacto con la planta.

Por lo tanto, *Eisenia foetida* es por naturaleza un agente útil para reciclar los desechos orgánicos y es de especial interés para la producción orgánica ya que permite la transformación de residuos en fertilizantes naturales que pueden ser aplicados al suelo (Ferruzzi 1994).

El uso de este material puede mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y a su vez incrementar el desarrollo productivo de los cultivos. Es considerado uno de los mejores fertilizantes orgánicos, al ser el resultado de la digestión de múltiples microorganismos y como punto final el paso por el tubo digestivo de la lombriz, el cual le aporta propiedades antibióticas y potenciadores radiculares (González Jiménez, 2005).

## Descripción

El anélido es un animal alargado, de cuerpo cilíndrico, anillado, alcanzando una longitud en la adultez, que oscila entre 5 y 45 cm., dependiendo de la especie. Su cuerpo está revestido por una fina capa o cutícula que la protege de la desecación. Todos sus segmentos o metámeros son iguales, excepto el primero, denominado prostomio, que contiene la boca y el último llamado pigidio donde se encuentra el ano.

Durante la madurez sexual aparece una zona glandular diferenciada que se denomina clitelo y está relacionada con la reproducción y puesta de los capullos, vive 1 y 4.5 años en cautiverio, Se reproduce una vez por semana mediante fecundación cruzada, de cada acoplamiento resultan 2 cocones o capullos, Cada uno contiene de 2-4 lombrices. Las lombrices se reproducen prácticamente durante todo el año, aunque se observa un incremento de dicha tasa en los meses estivales (entre 15 y 25°C). (Henriquez, 2011).

## Morfología

**Cocones** puesta o capullo que contienen embriones que viven de un líquido que lo llena.

**Juveniles**, anélidos transparentes, o con pigmento rojo insuficiente para evitar que el tubo digestivo se observe al trasluz.

**Adultos**, son aquellos que poseen clitelo (Reynes 1988).

*Eisenia foetida* suele tener, en estado adulto, una longitud entre 5 y 9 cm y un diámetro entre 3 y 5 mm. Es de color rojo púrpura y puede alcanzar en condiciones óptimas entre 1 y 1,2 g de peso. El número de segmentos varía entre 80 y 120 con un promedio de 95.

Cuando son adultas presentan un clitelo o abultamiento en forma de silla de montar situado entre los segmentos 24 y 32. Allí se localizan sus órganos sexuales, tanto masculinos como femeninos (Garandilla 2001).

### Ciclo de vida el anélido

Por lo general la *Eisenia foetida* madura sexualmente a los dos meses de vida, lo cual se revela por la aparición del clitelo. El acoplamiento de dos lombrices se efectúa no menos de 7 días entre uno y otro, del cual se obtiene 1 o 2 capullos por cada lombriz. Si las condiciones del medio son óptimas, entre los 14-21 días de incubación, eclosiona el capullo y nacen entre 2 y 9 lombricillas (por lo general entre 2 y 4), de color rosado pálido translúcido, en condiciones de moverse y nutrirse de inmediato. Las nuevas lombrices alcanzan su madurez sexual entre 45 y 90 días de su nacimiento dependiendo de las condiciones del cultivo.

La *Eudrilus eugeniae*, por lo general produce de 1 a 2, capullos por semana, los cuales eclosionan entre 15 y 30 días, produciendo cada uno entre 2 y 5 nuevas lombrices. Estas alcanzan su madurez entre 32 y 90 días, dependiendo de las condiciones del cultivo (Capistran 1999).

El número de cocones fue mayor en el ambiente de caja y entre sustratos en el estiércol de cerdo y cabra produciendo más ootecas (cocones) que en estiércol de caballo y vaca. El tamaño de las lombrices fue mayor en el ambiente de caja que en fosa; mientras que entre sustratos (Zamorano, 2007).

### Preparación y acondicionamiento *in vitro*

Para acondicionamiento en caja se debe realizar una prueba biológica, antes de aplicar el alimento, para conocer si su pH es adecuado y comprobar si existe algún tipo de contaminación química. Esta consiste en colocar 50 lombrices en una caja de madera u otro material con el sustrato que se pretende proporcionar como alimento. A las 24 horas se hace un conteo de las lombrices, si hay menos de 49 vivas, significa que el alimento no puede utilizarse y debe continuar su adecuación. La prueba de la caja es de obligatorio cumplimiento antes de proceder a la alimentación. (Martínez 2003)

Su alimento debe entregarse a una temperatura de 25 °C, que se logra con la estabilización de los desechos. En algunos casos dependiendo de la disponibilidad de tiempo, es necesario adicionar agua y aire, lo que da como resultado un mayor o menor tiempo (Pérez Herrera, 2003).

### Materiales y Métodos

#### Localización

La investigación se realizó en el laboratorio de instrumental de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

#### Material Biológico

*Eisenia foetida* jóvenes (sin clielo) obtenida de las cajas de vermicomposta de la Universidad.

#### Metodología

##### Acondicionamiento *in vitro*

Se acondicionaron pequeñas camas de capacidad de 2 kg de color oscuro en el laboratorio de biología de la Universidad, con una cantidad de 1 kg de tierra, y 500 g de sustrato para cada una de los tratamientos.

#### Tratamientos

En el tratamiento de las herbáceas contiene básicamente desperdicios de brócoli, mientras que de cítricos contenía cáscaras de naranja y piña, los desperdicios de cocinas fueron bagazo de zanahoria, betabel, cáscaras de huevo, papa y plátano, así como jitomate y cebolla.

Para su alimentación consistió en mantenerla en lugar oscuro y húmedo para provocar el estado de descomposición más rápido y poder alimentar al anélido, el tratamiento duro aproximadamente 1 mes, la cantidad que se colocó fue un 1kg de materia orgánica sin descomponer, logrando tener 500gr de alimento preparado para consumo de *E. foetida*.

Se depositaron una cantidad de 10 anélidos por cada cama en estado semiadulto (sin clitelo) por duplicado.

Durante cuatro meses se monitoreó. En base con las citas bibliográficas (Herrera, 2016) de 14 a 27°C usando termómetros de tierra, humedad 70 a 80% mediante termo balanza y pH 7.5 a 8 óptimo para el desarrollo de *Eisenia foetida* con pHmetro.

Finalizando se llevó a cabo el conteo de cantidad de cocones por tratamiento y su duplicado, así como se recolectaron datos de pH, humedad y temperatura para utilizar el software XLSTAT 2018.5.52040

## Resultados

Con los datos obtenidos se realizó una comparación múltiple por pares tras un ANOVA multifactorial (multiple pairwise comparisons) incluyendo el procedimiento HSD de Tukey (Tukey Honest significant difference) en el software XLSTAT 2018.5.52040.

En la tabla 1 muestra estadísticamente una diferencia significativa en la producción de cocones en condiciones *in vitro* según lo descrito por Zamorano 2017 donde menciona que hay mayor producción en cajas que en fosa. De acuerdo a los datos arrojados por el análisis, los tratamientos alimenticios presentan diferencia significativa en la producción del capullo lo que sugiere que el tratamiento 1 desperdicios de cocina (bagazo de zanahoria, betabel, cáscaras de huevo, papa y plátano, así como jitomate y cebolla) muestra una mayor cantidad de cocones a comparación con los demás, con la cantidad de 38 cocones.

Después le sigue el tratamiento T2 con un total de 34 cocones, después T4 con 26 cocones y al final y nada recomendado para la producción de cocones es el tratamiento T3 de herbáceas con un total de 2 cocones.

La variable de humedad demuestra estadísticamente que a mayor humedad habrá mayor producción de cocones y según Pérez Herrera 2003 y lo arrojado por el análisis estadístico. En cuanto al pH no presenta ninguna diferencia significativa indicando que el anélido llega adaptarse al alimento debido a que presenta glándulas calciformes, las cuales son órganos más excretorios que digestivos y funcionan para liberar el cuerpo del exceso de calcio absorbido con el alimento y mantener un pH constante en la sangre (Herrera 2015).

Así mismo la temperatura no muestra diferencia significativa en producción de cocones lo que asegura Pérez Herrera 2003 que mientras se mantenga en un parámetro establecido de 14 a 27 C, el anélido puede adaptarse.

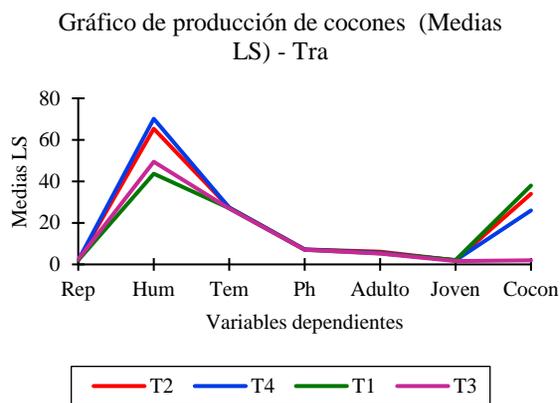
Producción de cocones en diferentes tratamientos						
T	R	H	Temp	pH	Adulto	Cocón
T2	2.000 a	65.349 a	27.317 a	7.250 a	6.140 a	34.000 b
T4	2.000 a	70.152 a	27.328 a	7.250 a	5.620 b	26.000 c
T1	2.000 a	43.677 b	27.089 a	7.056 a	5.320 c	38.000 a
T3	2.500 a	49.444 b	26.925 a	7.083 a	5.135 d	2.000 d
Pr F(Modelo)	> 0.928	0.000	0.878	0.295	< 0.0001	< 0.0001
Significativ o	No	Sí	No	No	Sí	Sí

HSD (Tukey Honest significant difference).  
La letra "a" muestra la mayor diferencia significativa y sucesivamente va disminuyendo en la letra b, c y d. La letra T (significa tratamientos alimenticios: T1 son desperdicios de cocina, T2 son cítricos, T3 herbáceas y T4 estiércol de bovino). R son las repeticiones, H es la humedad, Temp es temperatura, adulto son los anélidos en edad adulta y cocón es la cantidad de cocones cada una de estas variables es la comparación de las medias de sus tratamientos y repeticiones.

**Tabla 1** Resumen (Medias LS) - Tra: Producción de cocones en tratamientos diferentes en condiciones *in vitro*

Era de esperar que en mayor cantidad de cocones habría mayor cantidad de adultos aptos para reproducirse, sin embargo estadísticamente en el tratamiento 2 hay mayor cantidad de adultos y menor cantidad de cocones, pero el parámetro arrojado por cantidad de adultos estadísticamente si hay diferencias, pero realmente no es muy sobresaliente porque el parámetro es muy reducido y biológicamente tenemos cantidades con números enteros para contabilizar la especie *E.foetida*.

De manera gráfica en la figura 1 se muestra la comparación de medias de los diferentes tratamientos para la producción de cocones. Indicando que la línea de color verde es la producción de cocones del T1 con mayor cantidad que el resto de los tratamientos.



**Figura 1** Estadístico grafico de la producción de cocones en diferentes sustratos alimenticios. T1 es desperdicio de cocina, T2 cítricos, T3 herbáceas y T4 estiércol de bovino.

## Conclusiones

En la presente investigación se evaluó la producción de cocones en diferentes sustratos encontrando que el T1 presenta mayor producción de cocón y en un futuro mayor producción de lombriz obteniendo un rendimiento mayor de biofertilizante para uso de suelos, además los datos arrojados sugieren que la variedad de alimentos orgánicos obtenidos en desperdicios de cocina balancean la cantidad de nutrientes requeridos para un mejor desarrollo y producción de nuevos anélidos.

Los anélidos regulan por medio de sus glándulas calcíferas el pH de su entorno pero no se descarta que sufran daños en su tracto digestivo para poder neutralizar su alimento lo que derivaría una disminución de su ciclo vida y producción de humus. Un factor importante es la humedad, entre mayor humedad tengan mayor probabilidad de producción de capullos tendrán.

## Referencias

Capistrán, F., E. Aranda y J.C. Romero Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, México, 151pp. 1999.

Ferruzzi, C. 1994. Manual de lombricultura. Ediciones MUNDI-PRENSA. Madrid, España. 138 p.

Garandilla, J., F.Martínez y B. J.Calavero. Lombricultura. Uso y manejo del humus. Boletín Resumen II Congreso Iberoamericano de Química y Física Ambiental, 150p. Publicación Electrónica. 2001.

González Jiménez, L. (24 de Junio de 2005). *Comportamiento de la lombriz californiana*. Recuperado el 18 de Febrero de 2016, de Comportamiento de la lombriz californiana.: [www.fernatol.com.mx](http://www.fernatol.com.mx)

Henriquez, C. (30 de Mayo de 2011). *Vermicomposta*. Recuperado el 18 de Febrero de 2016, de Vermicomposta:

Martínez, Rodríguez, F; Calero Martín, B; Nogales R; Rovesti, L.. Lombricultura. Manual Practico. Instituto de Suelos. MINAG La Habana. Cuba. 99 pp. 2003.

Pérez Herrera, J. A. (2003). *Cinética de la lombriz*. Nuevo León.: Marín.

Reynes Martha Alvares, Carlos Rodríguez, Araceli Sierra, Magdalena Vázquez. (1988). La lombriz de tierra con valor comercial. México.

Zamorano 2007 producción de lombriz roja californiana Producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

## Identificación estructural de tres diferentes policloruros de vinilo

### Structural identification of three different polyvinyl chloride

FUENTES-ROMERO, Teresa<sup>1†\*</sup>, RODRÍGUEZ-BAUTISTA, Eduardo<sup>1</sup>, GALEANA-GARCÍA, Joel<sup>2</sup>, GALVÁN-LUIS, Aaron<sup>2</sup> y MENDOZA-HERNÁNDEZ, Fabian<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, Av. Emiliano Zapata S/N, El Trafico, 54400 Villa Nicolás Romero, Méx.

<sup>2</sup>Nacobre, Pte. 134 719, Industrial Vallejo, 02300 Ciudad de México, CDMX.

<sup>3</sup>Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos Núm. 16, Instituto Politécnico Nacional, Kilómetro 1.500, Actopan - Pachuca, San Agustín Tlaxiaca, Hgo.

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Teresa, Fuentes-Romero*

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Eduardo, Rodríguez-Bautista*

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Joel, Galeana-García*

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Aaron, Galván-Luis*

ID 4<sup>to</sup> Coautor: *Fabian, Mendoza-Hernández*

Recibido Enero 20, 2018; Aceptado Marzo 31, 2018

#### Resumen

En el presente trabajo se identificaron las propiedades estructurales de tres diferentes tubos de PVC, por medio de espectroscopia infrarroja (IR). Las diferencias en la estructura están presumiblemente relacionadas a las propiedades antimicrobianas de los tubos de PVC.

#### PVC, CPVC, PPR, espectroscopia infrarroja

#### Abstract

In the present work, the structural properties of three different PVC tubes were identified, by means of infrared spectroscopy (IR). The differences in structure are presumably related to the antimicrobial properties of PVC pipes.

#### PVC, CPVC, PPR, infrared spectorscopy

**Citación:** FUENTES-ROMERO, Teresa, RODRÍGUEZ-BAUTISTA, Eduardo, GALEANA-GARCÍA, Joel, GALVÁN-LUIS, Aaron y MENDOZA-HERNÁNDEZ, Fabian. Identificación estructural de tres diferentes policloruros de vinilo. Revista de Sistemas Experimentales. 2018, 5-14: 12-15.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mayte\_fr@tyhoo.com.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El PVC, es el polímero más utilizado en el mundo dentro de la industria de la construcción, debido a su versatilidad y propiedades entre las que destacan excelente rigidez, alta resistencia a la ruptura y resistencia química.

En 1928 se inició la polimerización del cloruro de vinilo para producir policloruro de vinilo (PVC), es el producto de la polimerización del monómero del cloruro de vinilo; que fue implementado desde ese año. La resina que resulta de esta polimerización es la más versátil de todos los polímeros; en sus diferentes procesos de polimerización se puede obtener un PVC compuesto en forma de polvo y pelet.

El PVC, es el polímero más utilizado en el mundo dentro de la industria de la construcción, debido a su versatilidad y propiedades entre las que destacan excelente rigidez, alta resistencia a la ruptura y resistencia química. Además, de aplicaciones debidas a la enorme variedad de usos en la vida moderna, como tuberías, conductos, perfiles de ventanas, aislamientos de suelos, membranas para techos y revestimientos, aislamientos de cables, paneles de instrumentos de vehículos, envases, vestimentas, y bolsas para sangre.

En este trabajo se llevó a cabo el análisis de 3 diferentes tubos de PVC (policloruro de vinilo) ya que hoy en día son más accesibles que los tubos de cobre por su costo, de cada 10 habitaciones, 6 tienen tuberías de PVC tanto en redes de agua potable y drenaje.

Aunque es muy económico, el PVC promete vida útil hasta por 100 años de vida, prácticamente son inmunes a la corrosión y no reaccionan con los líquidos que transportan, así mismo, es un material fuerte y son flexibles para doblarse sin romperse, lo que permite soportar la presión del suelo y movimientos de la tierra.

Por su parte, el tubo de cobre es más costoso y se usa desde los orígenes de la civilización, hace más de 10, 000 años. Cuando se eligen tubos de cobre, se hace para toda la vida ya que el cobre es un material natural, no se altera con el paso del tiempo ni se desgasta.

Una de las características significativas del cobre está relacionada con la higiene y con la salud, además el cobre es un material natural de sabor neutro y no es permeable a los gases, lo que significa que los malos olores u otras influencias que pueden perturbar las características organolépticas del agua, no pueden entrar en el sistema de tuberías ni perjudicar la calidad del agua. El resultado es un agua potable de gran calidad, en cualquier momento y en toda la casa.

Debido al gran uso del PVC en tuberías de agua potable, los fabricantes de éste prometen tubos que no generen contaminación al transportar el agua por los conductos de la tubería con los años. Se caracterizó por (espectroscopia infrarroja IR) tres tipos de tubos más comercializados para determinar la presencia de algún material incorporado a éste que lo haga más eficiente y tenga efectos antimicrobiales en su uso. La técnica de Espectroscopía de Infrarrojo permite la identificación de los grupos funcionales de un compuesto. Esto debido a que cuando una molécula absorbe radiación infrarroja, la vibración intramolecular con frecuencia igual a la de la radiación, aumenta en intensidad, lo que genera señales con frecuencias que corresponden a la vibración de un enlace específico.

## Desarrollo experimental

A continuación se describen los materiales, equipos y métodos que se emplearon para llevar a cabo el presente trabajo.

### *Materiales:*

Se analizaron tres diferentes tipos de PVC:

- Policloruro de vinilo (PVC);
- Policloruro de vinilo clorado (CPVC);
- Polipropileno random (PPR).

### *Equipos*

Para las mediciones de los espectros de IR se utilizó un Espectrofotómetro Dual Infrarrojo (FT-IR) con accesorio ATR (GladiATR Diamond), modelo Frontier, marca Perkin Elmer. Las mediciones se realizaron en un rango espectral de los 4000  $\text{cm}^{-1}$  a los 400  $\text{cm}^{-1}$  de longitud de onda.

Las mediciones de IR se realizaron en el Área de Espectroscopias, del Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional (CICATA Legaria, IPN).

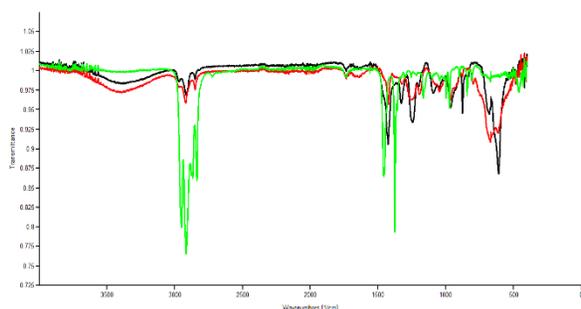
### Metodología

Los tubos se cortaron para obtener muestras de aproximadamente 0.5 cm de ancho por 1 cm de largo, a fin de poder ser colocadas en el instrumento de medición. Además, las muestras se trataron previamente con etanol a fin de eliminar las impurezas en la superficie.

Los espectros de IR fueron medidos sobre la superficie interna de las muestras, por lo que no fue necesario algún tratamiento adicional para el correcto manejo de las muestras.

### Resultados

Una vez caracterizadas las muestras de los tres tipos de tubos de PVC, se realizó una comparativa de las bandas de cada espectro de IR esperando que cada tubo tenga la misma estructura química, al observar los espectros de cada tubo se observa que a partir de 450 a 1500  $\text{cm}^{-1}$ , se observó un cambio drástico en el tubo de PVC como se observa en la Gráfica 1.



**Gráfica 1** Comparativa de los espectros de IR de los tubos de PVC (espectro color negro), CPVC (espectro color rojo) y PPR (espectro en color verde)

Los espectros de los tubos de CPVC y PPR muestran una longitud de onda idéntica, su composición química es la misma, se puede observar desde 450 a 1500  $\text{cm}^{-1}$  tienen la misma longitud de onda. Además, los tubos presentan otras bandas características de ciertos grupos funcionales, como se presenta en la Tabla 1.

Frecuencia $\text{cm}^{-1}$	Enlace	Tipo de vibración
2915	aldehído	estiramiento
2848	aldehído	estiramiento
2160	alquino	-----
1735	C=C	-----
1421	fluoruro	-----
1242	sulfatos	-----
1093	alquenos	fuera de plano
1040	esteres	-----
966	C=C	-----
878	N-H	deformación
615	bromuro	-----
421	bromuro	-----

**Tabla 1** Principales frecuencias de vibración de los grupos funcionales presentes en los tubos de PVC, CPVC y PPR

### Conclusiones

El (PVC) es de gran utilidad para tuberías en la industria y en el hogar, tienen un gran impacto por sus diversos usos y es más económico hoy en día hay varias opciones para colocar tuberías en tu hogar así mismo se debe contemplar el tipo de material existe el cobre y el (PVC) la mayoría de las personas prefieren economizar y eligen el (PVC).

En este trabajo se realizó un análisis por espectroscopia infrarrojo (IR) se eligieron tres tipos de tubos de (PVC) de color amarillo, verde y blanco de  $\frac{1}{2}$  más comercializados y se identificó su composición química de cada tubo. Los resultados obtenidos muestran que el tubo blanco tiene presencia de bromuro que al contacto con el cuerpo puede tener consecuencias graves como cáncer.

Lo recomendable es elegir los tubos de (PVC) de color verde y amarillo lo cual no presentan compuestos desconocidos.

### Agradecimientos

A la empresa Nacional de Cobre por el apoyo al proveer todos los materiales de la presente investigación.

A la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez por facilitar el acceso a sus equipos y laboratorios.

Al Instituto Politécnico Nacional por permitir el acceso a sus equipos y laboratorios.

## Referencias

Beltran M.; Marcilla, A. 1997. Fourier transform infrared spectroscopy applied to the study of PVC decomposition. *European Polymer Journal*. J. 33, 7, 1135-114219.

Braun, D, H Cherdrón y H Ritter. 2013. *Polymer Synthesis: Theory and Practice: Fundamentals, Methods, Experiments*. Springer Berlin Heidelberg.

Lokensgard, E. 2008. *Industrial Plastics: Theory and Applications*. Cengage Learning.

Lu X, Zhang W, Wang C, Wen T, We Y. 2011. One-dimensional conducting polymer nanocomposites: Synthesis, properties and applications. *Prog Polym Sci*, 36, 671–712.

Silverstein, Ro; Webster F; Kiemle D. 2005. *Spectrometric identification of organic compounds*. Séptima edición. Estados Unidos, editorial John Wiley & Sons, Inc. 72-227.

## Evaluación del pre-tratamiento ácido en la digestión anaerobia de residuos agroindustriales

### Evaluation of acid pre-treatment in the anaerobic digestion of agroindustrial waste

NAVA-VALENTE, Noemi\*†, DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés y JIMENEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena

*Departamento de Ingeniería Ambiental, Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Avenida 25 Poniente 100, Col. Reserva Territorial, Huatusco, Veracruz, C.P. 94100, México. Teléfono 01 273 734 4000*

ID 1<sup>er</sup> Autor: Noemi, Nava-Valente / **ORC ID:** 0000-0002-1598-5821, **CVU CONACYT ID:** 332980

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Oscar Andrés, Del Ángel-Coronel / **ORC ID:** 0000-0002-0848-907X, **CVU CONACYT ID:** 226585

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Magdalena, Jimenez-Hernández

Recibido Enero 20, 2018; Aceptado Marzo 31, 2018

#### Resumen

La presente investigación brinda una alternativa de solución a la generación de residuos agroindustriales en los procesos de producción que integran empresas agroindustriales. Sin embargo, la complejidad de estos residuos impone el estudio de métodos alternativos que contribuyan a mejorar la eficiencia del proceso, reconociéndose que el paso limitante es la etapa de hidrólisis del material orgánico complejo. El presente estudio, tiene como objetivo evaluar el efecto del pre-tratamiento ácido con dosis de ácido acético de 4% v/v a 25°C durante un tiempos exposición de 90 min en el proceso de digestión anaerobia de una mezcla de residuos agroindustriales (pollinaza, lodo residual y RAC). La caracterización de la mezcla de residuos agroindustriales muestra que es rica en compuestos orgánicos como carbohidratos (6.3 g/L), lípidos (4.69 g/L) y especialmente proteínas (30.20%). El porcentaje de tasa de hidrólisis obtenido para el pre-tratamiento ácido fue de 12.9%, el cuál contribuyó a la velocidad del proceso de digestión anaerobia, disminuyendo en 7 días el TRH comparado con la prueba control. En la operación semi-continua, la eficiencia de remoción fue de 47.4% y los rendimientos de biogás y de metano fueron de 1.05 L b/g SV rem, y 0.81 L CH<sub>4</sub>/g SV rem respectivamente.

**Biogás, Lodo residual, Pollinaza, Residuo agrícola cañero y Tasa de hidrólisis**

#### Abstract

This research provides an alternative solution to the generation of agroindustrial waste in production processes that integrate agribusinesses. However, the complexity of these waste imposes the study of alternative methods that contribute to improving the efficiency of the process, recognizing that the limiting step is the stage of hydrolysis of complex organic material. The present study aims to assess the effect of the acid pre-treatment with doses of 4% v/v at 25° C for a time exposure 90 min of acetic acid of in the process of anaerobic digestion of a mixture of agro-industrial waste (excreta of broiler chickens, sludge and SCW). The mixture characterization of the agro-industrial waste, shows that it is rich in organic compounds such as carbohydrates (6.3 g/l), lipids (4.69 g/l) and especially proteins (30.20%). Solubilization degree obtained for acid pre-treatment was 12.9%, which contributed to the speed of the process of anaerobic digestion, decreasing in 7 days the HRT compared with the test control. Semi-continuous operation, the removal efficiency was 47.4% and yields of biogas and methane were 1.05 L b/g VSrem, and 0.81 L CH<sub>4</sub>/g VSrem respectively.

**Biogas, Excreta of broiler chickens, Solubilization degree, Sludge, Sugar cane waste**

**Citación:** NAVA-VALENTE, Noemi, DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés y JIMENEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena. Evaluación del pre-tratamiento ácido en la digestión anaerobia de residuos agroindustriales. Revista de Sistemas Experimentales 2018, 5-14: 16-23.

\*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: noemi\_nava@itshuatusco.edu.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La pollinaza, es una mezcla del material que se utiliza como cama para los pollos (aserrín de madera, cascarilla de arroz o de soya, olote de maíz molido, etc.) y las heces fecales de las aves, su composición química varía por diversos factores (Sacramento-Rivero *et al.*, 2010). Entre los principales residuos originados en la industria azucarera está el Residuo Agrícola Cañero (RAC), que es el remanente de los tallos de la caña, hojas, punta o flor y cogollo después de ser cosechada la caña para su posterior transporte al ingenio (Aguilar, 2010).

Por otra parte, un sector que sin duda aporta en cantidades importantes en la producción de lodos residuales, es el sector industrial avícola, los lodos residuales provenientes de esta industria contienen altas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos, grasas, nitrógeno y fósforo. Su composición y flujo generalmente varía dependiendo del proceso industrial, tamaño de las instalaciones, número de aves sacrificadas, eficiencia de recolección de sangre y subproductos, consumo de agua por pollo procesado y manejo del agua en el proceso industrial (Caldera *et al.*, 2010).

La biomasa es una fuente de energía prometedora, la cual incluye desechos orgánicos, desechos animales, desechos de plantas de tratamiento de aguas, residuos industriales y agrícolas, así como cultivos energéticos los cuales pueden ser usados como para la producción de biocombustibles (Antonopoulou *et al.*, 2008). La digestión anaerobia es un proceso biotecnológico que convierte la materia orgánica en energía en forma de biogás, mediante consorcios microbianos (hidrolíticos, acidogénicos y metanogénicos) que implican una serie de reacciones bioquímicas (Abelleira *et al.*, 2012). La hidrólisis macromolecular es considerada la etapa limitante en el proceso de digestión anaerobia ya que comprende la transformación de compuestos orgánicos insolubles de cadena larga (proteínas, carbohidratos y lípidos) en compuestos de bajo peso molecular (azúcares, aminoácidos, ácidos grasos y alcoholes) (Angelidaki *et al.*, 1999); es por ello que la presencia de macromoléculas asociadas con la actividad de las células microbianas no permite una rápida y completa estabilización de los sustratos (Vergine *et al.*, 2014).

La presente investigación brinda una alternativa de solución a la generación de residuos agroindustriales generados en los procesos de producción que integran empresas agroindustriales del sector avícola y el sector azucarero. Sin embargo, la complejidad de estos residuos impone el estudio de métodos alternativos que contribuyan a mejorar la eficiencia del proceso, reconociéndose que el paso limitante es la etapa de hidrólisis del material orgánico complejo.

Un pre-tratamiento eficiente para la biomasa lignocelulósica debería hacer la holocelulosa más accesible al ataque enzimático o bacteriano con el fin de aumentar la biodegradabilidad global de los materiales lignocelulósicos. Debería romper el vínculo entre polisacáridos y lignina para hacer que la celulosa y las hemicelulosa sean más accesibles para las bacterias (Monlau, 2012; He, 2008; Pavlostathis, 1895).

Varios estudios que utilizan pretratamiento ácido se han llevado a cabo con el objetivo de mejorar la digestión anaeróbica de tales materiales lignocelulósicos como residuos de yuca (Zhang, 2011), maíz de planta entera (Pakarinen *et al.*, 2011), residuos de invernaderos (Us *et al.*, 2012). De igual manera se ha experimentado con un pretratamiento con HCl 1M a 25 °C en bagazo y fibras de coco; durante 30 días mejoró la producción de biogás a partir de estos materiales en un 31% y un 74%, respectivamente (Kivaisi *et al.*, 1994). El presente estudio, tiene como objetivo evaluar el efecto del pre-tratamiento ácido con dosis de ácido acético de 4% v/v a 25°C durante un tiempo exposición de 90 min en el proceso de digestión anaerobia de una mezcla de residuos agroindustriales (pollinaza, lodo residual y RAC).

## Materiales y métodos

### Obtención de la mezcla de pollinaza, lodo residual y RAC

Una vez acondicionados y caracterizados los residuos agro industriales en ST y SV se procedió a elaborar las mezclas de dichos residuos siendo las proporciones de 60% lodo residual, 20% Pollinaza y 20% RAC.

Obtenidos los volúmenes equivalentes al porcentaje de cada residuo se procedió a mezclarlos en un equipo de mezclado mecánico a 115 rpm para asegurar su correcta incorporación y así obtener una mezcla homogénea.

### Pre-tratamiento ácido

Para el estudio de hidrólisis ácida se evaluaron los factores de concentración de ácido y tiempo de exposición; en este trabajo se utilizó ácido acético ( $C_2H_4O_2$ ). Se plateó una concentración de 4 % v/v de ácido acético, durante un tiempo de exposición de 90 minutos. El tratamiento ácido se lleva a cabo en recipientes de 250 mL, con un volumen útil de 200 mL. Se utilizó una incubadora ZHICGENG Incubator Shaker, modelo ZHWY-100B para establecer una agitación continua de 150 rpm y a temperatura de 25°C. Una vez transcurrido el tiempo de exposición, las muestras se neutralizaron con NaOH al 4 % hasta un pH de 7.0 para detener el efecto del ácido acético.

### Métodos analíticos

Los análisis de DQO, DQO soluble, sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), pH, alcalinidad, fueron realizados de acuerdo al Standard Methods (1998).

El Nitrógeno Total Kjeldhal fue determinado mediante digestión y oxidación para formar el ion amonio y finalmente se cuantifica la cantidad de este ion por titulación. Los carbohidratos fueron analizados de acuerdo al método de Antrona (Gerhardt et al., 1994) y los lípidos mediante extracción Soxhlet.

La composición de biogás se analizó mediante un cromatógrafo de gases Ultra-Trace Thermo Scientific equipado con una columna Heliflex AT-Mol Sieve (longitud 30 m x 0,53 mm de diámetro), un Heliflex AT-Q (longitud 30 m x 0,53 mm de diámetro) y un detector de conductividad térmica. En la primera columna se analizó  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$  y  $CO_2$  mientras que en la segunda columna  $CH_4$ , y  $CO_2$ , el gas empleado como acarreador fue helio.

Los análisis de la demanda química de oxígeno (DQO) se realizaron sobre las muestras sin tratar, mientras la DQO soluble se analizó en las muestras filtradas crudas y tratadas.

El factor de solubilización representa la relación entre la DQO soluble después del pre-tratamiento y de DQO inicial soluble, las fracciones solubles se obtuvieron después de la centrifugación a 12 000 rpm durante 15 min y posterior filtración con una membrana de 0,2  $\mu$ m. Los datos obtenidos de DQO se emplearon para la obtención de la tasa de hidrólisis de cada una de las mezclas hidrolizadas y fue calculado mediante la ecuación número 1:

$$T.H. = \frac{\text{Concentración SCTA}-\text{Concentración SSTA}}{\text{Concentración TSTA}} \cdot 100 \quad (1)$$

Donde:

TH= Tasa de hidrólisis (%)

Concentración SCTA= Concentración soluble con tratamiento ácido (mg/L)

Concentración SSTA= Concentración soluble sin tratamiento ácido (mg/L)

Concentración TSTA= Concentración total sin tratamiento ácido (mg/L)

### Pruebas de biodegradabilidad en operación batch y semi-continua

En esta etapa se evaluó el efecto del pre-tratamiento ácido en la digestión anaerobia mesofílica mediante un experimento en batch, siendo comparados con un experimento sin pre-tratamiento ácido. Se emplearon reactores a escala laboratorio (matraces Erlenmeyer de 250 ml de volumen total y 200 ml de volumen útil) con dos salidas que se emplearon para el muestreo de biogás y para la alimentación y descarga. Se utilizó inóculo proveniente de un reactor CSTR-1 en operación.

Los reactores se mantuvieron a un mezclador orbital de 110 rpm y una temperatura de  $35 \pm 2$  °C. La cantidad de biogás producido se registró diariamente utilizando el método de desplazamiento de agua. Cada prueba batch se interrumpió después de alcanzar el criterio de eliminación de 38% de SV para cumplimiento de los requisitos de reducción de atracción de vectores indicados por los EE.UU. EPA. 1994. Cada experimento se realizó por triplicado.

Posteriormente, fue llevado a operación semi continua en un agitador orbital, bajo condiciones mesofílicas (35°C) y 115 rpm.

## Resultados

### Caracterización de los sustratos

Las características físico-químicas presentes en cada uno de los residuos orgánicos se presentan en la tabla 1. El lodo crudo se acondicionó previamente para su proceso de estabilización, para obtener una concentración de sólidos totales de 2.5-3.0%, ideales para el proceso de digestión anaerobia. Los lodos presentaron un valor de 84.55 % de sólidos totales volátiles siendo por tanto ricos en materia orgánica.

Esto se debe principalmente a su origen, ya que la industria de donde provienen se dedica a la matanza de aves conocido como rastro avícola, de igual manera se alcanzaron valores promedio de DQO de hasta 17.97 g DQO/L. El pH en el lodo crudo fue de 6.47 los cuales son considerados como adecuados en el proceso de digestión anaerobia (Malina y Pohland, 1992). Se observó que el lodo es rico en compuestos nitrogenados al obtener un alto contenido de nitrógeno total (3.15 %).

Por otro lado la composición química de la pollinaza es muy variable, y su mayor valor reside como fuente de proteínas y minerales (Rude y Rankins, 1993). El tipo de nutrimentos varía de acuerdo al tipo de materiales utilizados como cama, grosor piso, comedero utilizado, la temperatura, el número de camadas, la relación volumen de cama y métodos de limpieza, el envejecimiento de la pollinaza, la humedad, etc. (Egaña *et al.*, 1989; Jacob *et al.*, 1997). Se obtuvieron valores de sólidos totales del 3.81 % y 75.09% de sólidos volátiles. Se observó que el pH de la pollinaza fue ligeramente ácido (6.56).

Por otra parte sobresalen valores promedios de 31.64 g DQO/L, indicando una elevada cantidad de carga orgánica contenida en la pollinaza. En la caracterización química también se cuantificó la presencia de los tres componentes principales de la materia orgánica, presencia de carbohidratos con un valor promedio de 3.58 g/L seguido de las proteínas con un promedio de 25.16% el nitrógeno con un valor de 4.03 %, clasificándose como residuo rico en nitrógeno y por último los lípidos con un promedio de 3.06 g/L.

Residuo	Lodo físico-químico	Pollinaza	RAC	Mezcla 60%-20%-20%
Parámetro				
Sólidos totales (%)	2.95±0.5	3.81±0.6	2.80±0.4	2.66±0.3
Sólidos volátiles (%)	84.55±0.6	75.09±0.5	86.12±0.5	77.70±0.9
pH	6.47±0.3	6.56±0.5	5.96±0.5	6.3±0.6
Carbohidratos (g/L)	2.40±0.5	3.58±0.3	4.75±0.6	5±0.3
DQO total (g/L)	17.9±1.1	31.64±2	39.23±2	29.16±1.5
DQO soluble (g/L)	9.57±0.98	18.61±3	6.93±2.6	5.99±0.8
Lípidos (g/L)	4.46±1.2	3.06±0.9	0.99±0.6	4.69±1
N-Total (%)	3.85±0.4	4.03±0.7	1.22±0.5	4.83±1.4
Proteínas (%)	19.69±2.3	25.16±3	7.61±2	30.20±2.4

**Tabla 1** Caracterización físico-química de los residuos

La composición del RAC en cuanto a carbohidratos, lípidos y proteínas se refiere fue de 4.75 g/L, 0.99 g/L y 7.61 % respectivamente lo cual podrían ser favorables para el proceso de digestión anaerobia ya que la composición orgánica de los residuos agro-industriales es un factor importante para determinar el rendimiento de biogás en el proceso.

La mezcla de residuos agroindustriales presenta un pH ligeramente ácido (6.3) el contenido de material orgánico se ve reflejado en el % de SV (77.7%), de la misma manera, al preparar la mezcla se procuró no exceder el 3% de ST para evitar problemas de mezclado al someter la mezcla a digestión anaerobia. La alta concentración de proteínas se debe a los residuos de los alimentos de aves de corral.

### Porcentaje de tasa de hidrólisis

El porcentaje de tasa de hidrólisis de la mezcla en el tratamiento 4% y 90 minutos fue de 12.9%±0.12 promedio. El pre-tratamiento ácido como tal, hidroliza la pared celular y la membrana celular. En consecuencia, se incrementa la solubilidad de la materia orgánica contenida dentro de las células (Appels *et al.*, 2008). Zhao *et al.*, (2014) sometieron forraje de maíz a un pre-tratamiento con ácido acético diluido (0.25%) a 191°C durante 7.74 minutos que fue la condición óptima para la producción de AGV's y así evitar la inhibición en la fermentación ácida de dicho residuo. De acuerdo a los estudios citados, el pre-tratamiento ácido se aplica ampliamente debido a su bajo costo y alta eficiencia para hidrolizar la hemicelulosa en azúcares monoméricos sin disolver la lignina (Ferreira *et al.*, 2013).

## Pruebas de biodegradabilidad en operación batch y semi-continua

### Operación batch

La mezcla pre-tratada con ácido y dosis de 4% y 90 min alcanzó un TRH de 13 días, la prueba control, alcanzó un TRH de 20 días, 7 días más que la mezcla pre-tratada (Gráfico 1).

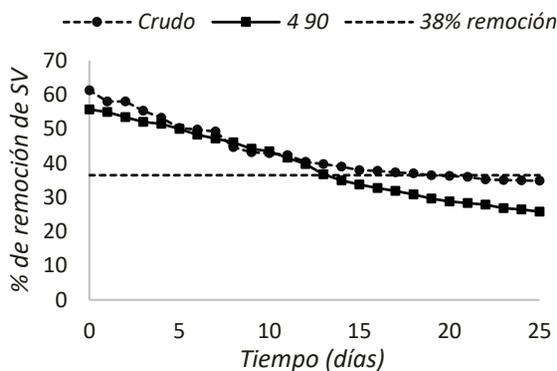


Gráfico 1 Porcentaje de remoción de SV

La producción de biogás acumulada fue de 1.15 L para la prueba control y 2.81 L para el pre-tratamiento ácido. Los rendimientos de biogás obtenidos fueron 0.59 y 1.13 L bio/ SV rem para la mezcla cruda, y el tratamiento 4% 90 min respectivamente. Mientras que el rendimiento de metano para la mezcla cruda fue de 0.49 L CH<sub>4</sub>/ g SVrem el cual fue menor al obtenido por el tratamiento 4% 90 min que presentó un promedio de 0.92 L CH<sub>4</sub>/ g SVrem respectivamente.

Sambusiti *et al.*, (2013) reportó una mayor producción de metano de 341 L CH<sub>4</sub>/ kg SV y el 85% de biodegradabilidad al trabajar con la fracción sólida de residuos sólidos (10 g NaOH /100 g ST, 100°C, 0.5 h). Costa en el 2014 encontró una alta biodegradabilidad anaerobia de la fracción sólida del bagazo de caña de azúcar proveniente de un pre-tratamiento alcalino (184°C, 47 min, NaOH 0.80 M, 3,2% (m/v) calculada), después de la eliminación de la lignina usando una solución de NaOH, en este caso se generaron 313.4 L CH<sub>4</sub>/kg sustrato.

De acuerdo con los dos estudios antes mencionados se puede concluir que digerir anaeróticamente la fracción sólida de diferentes sustratos mejorados con pretratamientos químicos, se aumenta la biodegradabilidad de los sustratos ensayados, así como su aprovechamiento para la producción de metano.

Una vez finalizada la etapa en batch, se decidió llevar a operación semi continua la mezcla pre-tratada con ácido acético basado en los resultados obtenidos.

### Operación semi-continua

El porcentaje de eficiencia de remoción de SV durante la operación semi-continua con una carga orgánica de 1 Kg SV/m<sup>3</sup> d de la mezcla pre-tratada con ácido acético fue de 47.4% (Gráfico 2). Los resultados obtenidos contrastan con los obtenidos por Rabelo *et al.*, (2011) quien alcanzó un 36% de biodegradabilidad al pre-tratar la fracción sólida de bagazo de caña con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 4% m/m a una temperatura de 25°C y una hora de tiempo de exposición.

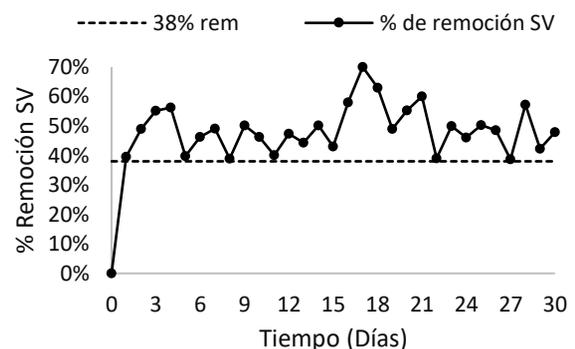


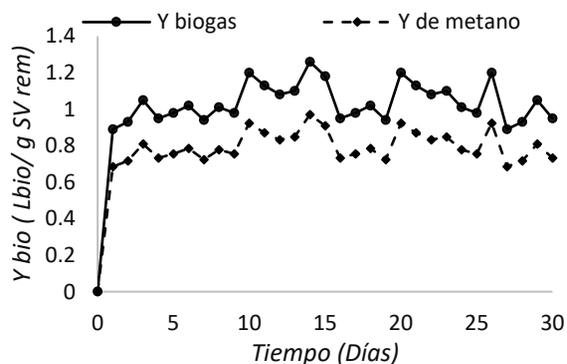
Gráfico 2 % de remoción de SV operación semi-continua

Devlin *et al.*, (2011) obtuvieron un porcentaje de destrucción de sólidos volátiles de 34.4% en la digestión anaerobia de lodos activados pre-tratados con HCl llevando estos lodos a un pH de 2. Choi *et al.*, (1997) reportaron un reducción de SV de 24% en la operación continua de un digestor de lodos activados pre-tratados mediante un pre-tratamiento mecánico.

Diversos autores han empleado diferentes tipos de pre-tratamientos químicos e incluso mecánicos para mejorar el proceso de digestión anaerobia, sin embargo la eficiencia de remoción de SV en los casos antes mencionados no ha resultado muy favorable, inclusive comprando los resultados obtenidos con el presente estudio, este solo logra superar en máximo de 11% de remoción de SV, hecho que puede atribuirse al tipo de sustrato que se emplea ya que el estado físico de las células microbianas presentes en los sustratos hace un sustrato desfavorable para la degradación microbiana, debido a que la mayoría de los compuestos orgánicos están encerrados dentro de membranas celulares microbianas.

Las células están protegidas de la lisis osmótica debido a la estructura semi rígida de la envoltura celular (Muller *et al.*, 1998). El promedio de producción diaria de biogás fue de 0.107 L/d s.

El rendimiento de biogás promedio obtenido fue de 1.05 L b /g SV rem, y el rendimiento de metano promedio fue de 0.81 L CH<sub>4</sub>/g SV rem (Gráfico 3).



**Gráfica 3** Rendimiento de biogás y de metano

Los rendimientos de biogás y de metano son comparables a otros estudios publicados, por ejemplo Taherdanak y Zilouei (2014) reportaron una producción de metano de 276 mL/ g SV en la digestión de residuos sólidos pre-tratados (8% m/v NaOH, 100°C, 60 min).

Nah *et al.*, (2000) alcanzó un rendimiento de biogás de 790-850 mL/g SV destruido con un 30% de remoción de SV en la digestión anaerobia de lodos activados pre-tratados mecánicamente.

La similitud con los estudios antes mencionado puede atribuirse a que el tratamiento previo con ácido pueden descomponer los polímeros en monómeros u oligómeros, que permiten un aumento en la tasa de la digestión desde la etapa de hidrólisis que se ha realizado parcialmente. Algunos de los monómeros u oligómeros producidos pueden haber sido previamente disponibles para las bacterias que descomponen en ácidos grasos de cadena corta, lo que resulta en una producción de biogás superior (Devlin *et al.*, 2011). El valor de pH promedio fue de 7.27. Por otra parte la relación de alcalinidad promedio fue de 0.37.

## Conclusiones

La caracterización de la mezcla de residuos agroindustriales muestra que es rica en compuestos orgánicos como carbohidratos (6.3 g/L), lípidos (4.69 g/L) y especialmente proteínas (30.20%).

El porcentaje de tasa de hidrólisis obtenido para el pre-tratamiento ácido fue de 12.9%, el cual contribuyó a la velocidad del proceso de digestión anaerobia, disminuyendo en 7 días el TRH comparado con la prueba control.

Otro beneficio del pre-tratamiento ácido fue el incremento en la producción de biogás, rendimientos de biogás y de metano.

En la operación semi-continua, la eficiencia de remoción fue de 47.4% y los rendimientos de biogás y de metano fueron de 1.05 L b /g SV rem, y 0.81 L CH<sub>4</sub>/g SV rem respectivamente.

Finalmente, se concluye que digerir anaerómicamente la fracción sólida de diferentes sustratos mejorados con pretratamientos químicos, se aumenta la biodegradabilidad de los sustratos ensayados, así como su aprovechamiento para la producción de metano.

## Referencias

- Abelleira, J., Pérez-Elvira, S. I., Sánchez-Oneto, J., Portela, J. R., & Nebot, E. 2012. Advanced thermal hydrolysis of secondary sewage sludge: a novel process combining thermal hydrolysis and hydrogen peroxide addition. *Resources, Conservation and Recycling*, 59, 52-57
- Angelidaki, I., Ellegaard, L. and Ahring, B.K. 1999. A comprehensive model of anaerobic bioconversion of complex substrates to biogas. *Biotechnology and Bioengineering*. 63(3):363-372.
- Antonopoulou, G., Gavala, H. N., Skiadas, I. V., Angelopoulos, K., & Lyberatos, G. 2008. Biofuels generation from sweet sorghum: fermentative hydrogen production and anaerobic digestion of the remaining biomass. *Bioresource Technology*, 99(1), 110-119.
- Aguilar N. R. 2010. Kinetic model of hydrolysis of sugarcane waste. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, Vol. 20-2, pp. 5-18. Bogotá, Diciembre de 2010.

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. American Public Health Association. Washington DC. 1998.
- Appels, L., Baeyens, J., Degreève, J., Dewil, R., 2008. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Prog. Energy Combust. Sci.* 34, 755–781.
- Assawamongkholisiri, T., Reungsang, A., & Pattra, S. 2013. Effect of acid, heat and combined acid-heat pretreatments of anaerobic sludge on hydrogen production by anaerobic mixed cultures. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(14), 6146-6153.
- Basanta, M. A.; García Delgado, J. E.; Cervantes Martínez, H.; Mata Vázquez, G.; Bustos Vázquez; 2007. Sostenibilidad del reciclaje de residuos de la agroindustria azucarera: una revisión. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 293-305.
- Caldera, Y., Gutiérrez, E., Luengo, M., Chávez, J., & Ruesga, L. 2010. Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola. *Revista Científica*, 20(4), 409-416.
- Devlin, D. C., Esteves, S. R. R., Dinsdale, R. M., & Guwy, A. J. 2011. The effect of acid pretreatment on the anaerobic digestion and dewatering of waste activated sludge. *Bioresource Technology*, 102(5), 4076-4082.
- Egaña J.; Haardt E. ; Pizarro F. 1989 . Factores determinantes de la composición y valor nutritivo de las camás de broiler I. Efecto de piso de galpón. *Archivos de Medicina Veterinaria* 21(2):145-149.
- Ferreira, L.C., Donoso-Bravo, A., Nilsen, P.J., Fdz-Polanco, F., Pérez-Elvira, S.I., 2013. Influence of thermal pretreatment on the biochemical methane potential of wheat straw. *Bioresour. Technol.* 143, 251–257.
- Jacob J.; Kunkle W.; Tervola R.; Miles R.; Mather F. 1997. Broiler litter, part 1: a feed ingredient for ruminant. University of Florida. Institute of Food Animal and Agricultural Science. Florida Cooperative Extension Service, PS-13, 1-5 p.
- Kivaisi AK, Eliapenda S. Pretreatment of bagasse and coconut fibers for enhanced anaerobic degradation by rumen microorganisms. *Renewable Energy* 1994;5:791–5.
- Kootstra, M., Beftink, H., Scott, E., Sander, J., 2009b. Optimization of the dilute maleic acid pretreatment of wheat straw. *Biotechnol. Biofuels* 2, 31.
- Malina, J.F. and Poland, F. G. Water quality management, design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes. Technome Publishing co inc, U.S.A. 1992. Vol 7.
- Monlau F, Barakat A, Trabaly E, Dumas C, Steyer J-P, Carrere H. 2012. Lignocellulosic materials into biohydrogen and biomethane: impact of structural features and pretreatment. *Crit Rev Environ Sci Technol*.
- Müller, J., Lehne, G., Schwedes, J., Battenberg, S., Näveke, R., Kopp, J., and Hempel, D. C. 1998. Disintegration of sewage sludges and influence on anaerobic digestion. *Water Science and Technology*, 38(8-9), 425-433.
- Nah, I. W., Kang, Y. W., Hwang, K. Y., & Song, W. K. 2000. Mechanical pretreatment of Waste activated sludge for anaerobic digestion process. *Water Research*, 34(8), 2362-2368.
- Pakarinen OM, Kaparaju PLN, Rintala JA. Hydrogen and methane yields of untreated, water-extracted and acid (HCl) treated maize in one- and two-stage batch assays. *Int J Hydrogen Energy* 2011; 36:14401–7.
- Pavlostathis, S.G. y Giraldo-Gómez, E. 1991. Kinetics of anaerobic treatment: a critical review. *Critical reviews in environmental control*. 21(5-6):411-490.
- Rabelo SC, Carrere H, Maciel Filho R, Costa AC. 2011. Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept. *Bioresour Technol*;102:7887–95.
- Rude B.; Rankins Jr. D. 1993. Evaluation of bermudagrass (*Cynodon dactylon*) and johnsongrass (*Sorghum halapense*) as alternatives to corn forage (*Zea mays*) for ensiling with poultry litter. *Animal Feed Science and Technology* 44:101-111.

Sacramento-Rivero, J.C., Romero G., Cortés-Rodríguez, E., Pech, E. y Blanco-Rosete, S. 2010 Diagnostico del desarrollo de bio-refinerías en México. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 9(3) 261-283.

Sambusiti, C., Ficara, E., Malpei, F., Steyer, J.P., Carrère, H., 2013. Effect of sodium hydroxide pretreatment on physical, chemical characteristics and methane production of five varieties of sorghum. *Energy* 55, 449–456.

Taherdanak, M., & Zilouei, H. 2014. Improving biogas production from wheat plant using alkaline pretreatment. *Fuel*, 115, 714-719.

Vergine P.; Záborská J.; and Canziani R.; 2014. Low temperature microwave and conventional heating pre-treatments to improve sludge anaerobic biodegradability. *Water Science & Technology*. 69(3), 518-524.

Zhang QH, Tang L, Zhang JH, Mao ZG, Jiang L. Optimization of thermal–dilute sulfuric acid pretreatment for enhancement of methane production from cassava residues. *Bioresour Technol* 2011; 102:3958–65.

Zhao, X., Wang, L., Lu, X., & Zhang, S. 2014. Pretreatment of corn stover with diluted acetic acid for enhancement of acidogenic fermentation. *Bioresource technology*, 158, 12-18.

## Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

### [Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2<sup>do</sup> Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3<sup>er</sup> Coautor

*Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)*

*International Identification of Science – Technology an Innovation.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2<sup>do</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2<sup>do</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3<sup>er</sup> Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

#### **Resumen (En Español, 150-200 palabras)**

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)**

#### **Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)**

Objetivos  
Metodología  
Contribución

**Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)**

---

**Citación:** Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Sistemas Experimentales. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

---

---

\* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor

**Introducción**

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

**Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente**

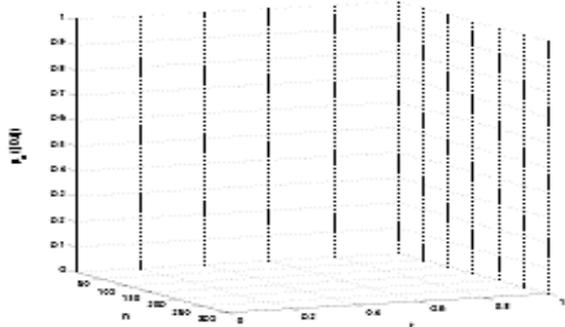
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

**Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables**

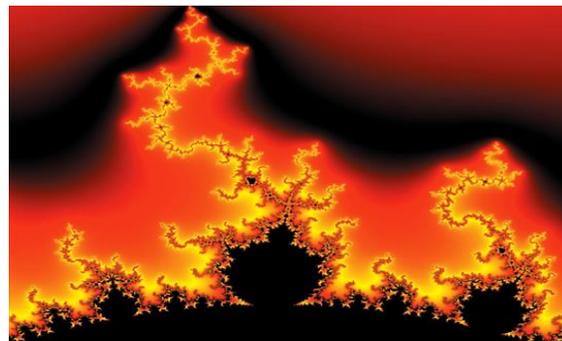
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]



**Gráfico 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.



**Figura 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.


**Tabla 1** Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

**Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:**

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

**Metodología a desarrollar**

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

**Resultados**

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

**Anexos**

Tablas y fuentes adecuadas.

## **Conclusiones**

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

## **Referencias**

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

## **Ficha Técnica**

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

## **Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:**

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

## **Reserva a la Política Editorial**

Revista de Sistemas Experimentales se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

## **Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales**

### **Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución**

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Sistemas Experimentales emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Bolivia considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

## Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-México, S.C en su Holding Taiwan para su Revista de Fisioterapia, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

## Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

### Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

### Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

### Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

## **Responsabilidades de los Autores**

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

## **Servicios de Información**

### **Indización - Bases y Repositorios**

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

### **Servicios Editoriales:**

Identificación de Citación e Índice H.

Administración del Formato de Originalidad y Autorización.

Testeo de Artículo con PLAGSCAN.

Evaluación de Artículo.

Emisión de Certificado de Arbitraje.

Edición de Artículo.

Maquetación Web.

Indización y Repositorio

Traducción.

Publicación de Obra.

Certificado de Obra.

Facturación por Servicio de Edición.

## **Política Editorial y Administración**

244 - 2 Itzopan Calle. La Florida, Ecatepec Municipio México Estado, 55120 Código postal, MX. Tel: +52 1 55 2024 3918, +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 4640 1298; Correo electrónico: [contact@ecorfan.org](mailto:contact@ecorfan.org)  
[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

## **ECORFAN®**

### **Editora en Jefe**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Redactor Principal**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

### **Asistente Editorial**

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

**Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

**Editor Ejecutivo**

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

**Editores de Producción**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

**Administración Empresarial**

REYES-VILLO, Angélica. BsC

**Control de Producción**

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

**Editores Asociados**

OLIVES-MALDONADO, Carlos. MsC

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

CHIATCHOUA, Cesaire. PhD

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

CENTENO-ROA, Ramona. MsC

ZAPATA-MONTES, Nery Javier. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

**Publicidad y Patrocinio**

(ECORFAN®- Mexico- Bolivia- Spain- Ecuador- Cameroon- Colombia- El Salvador- Guatemala- Nicaragua- Peru- Paraguay- Democratic Republic of The Congo- Taiwan ),sponsorships@ecorfan.org

**Licencias del Sitio**

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

**Oficinas de Gestión**

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre–Bolivia.

38 Matacerquillas, CP-28411. Morazarzal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas I - Santa Elena-Ecuador.

1047 La Raza Avenue -Santa Ana, Cusco-Peru.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963.Akwa- Douala-Cameroon.

Southwest Avenue, San Sebastian – León-Nicaragua.

6593 Kinshasa 31 – Republique Démocratique du Congo.

San Quentin Avenue, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 Kilometro, American Highway, House Terra Alta, D7 Mixco Zona 1-Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Captain, CP-2060. Luque City- Paraguay.

Distrito YongHe, Zhongxin, calle 69. Taipei-Taiwán.

# Revista de Sistemas Experimentales

“Evaluación de las características Físico-Químicas y Sensoriales de fresa con cubiertas comestibles de Quitosano”

**CASTAÑEDA-RAMÍREZ, José Cristóbal, ESPINOZA-ZAMORA, Jesús y DE LA FUENTE-SALCIDO, Norma Margarita**

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Universidad Autónoma de Coahuila*

“Producción *in vitro* de cocones de la especie *Eisenia foetida* en diferentes sustratos”

**RIVERA-ARREDONDO, Marisa, CALDERON-RUIZ, Alberto, FELIX-MORALES, Verónica de Jesús, VARGAS-ESPINOZA, Everardo y GAYTAN-RUELAS, Marina**

*Universidad Tecnológica del Suroeste del estado de Guanajuato*

“Identificación estructural de tres diferentes policloruros de vinilo”

**FUENTES-ROMERO, Teresa, RODRÍGUEZ-BAUTISTA, Eduardo, GALEANA-GARCÍA, Joel, GALVÁN-LUIS, Aaron y MENDOZA-HERNÁNDEZ, Fabian**

*Universidad Tecnológica Fidel Velázquez  
Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos Núm. 16*

“Evaluación del pre-tratamiento ácido en la digestión anaerobia de residuos agroindustriales”

**NAVA-VALENTE, Noemi, DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés y JIMENEZ-HERNÁNDEZ, Magdalena**

*Instituto Tecnológico Superior de Huatusco*

