

ISSN 2410-3950

Volumen 4, Número 13 – Octubre –Diciembre 2017

Revista de Sistemas Experimentales

ECORFAN®

Indización



ECORFAN-Bolivia

Google Scholar

Research Gate

REBID

Mendeley

RENIECYT

ECORFAN-Bolivia

Directorio

Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Regional

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. BsC

Director de la Revista

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Relaciones Institucionales

TREJO-RAMOS, Iván. BsC

Edición de Logística

CLAUDIO-MÉNDEZ, Paul. BsC

Diseñador de Edición

LEYVA-CASTRO, Iván. BsC

Revista de Sistemas Experimentales, Volumen 4, Número 13, de Octubre a Diciembre -2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Bolivia. Loa 1179, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia.

WEB:

www.ecorfan.org, revista@ecorfan.org.

Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD, Co-Editor: IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. 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 Diciembre 2017.

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.

Consejo Editorial

ALEMÓN-MEDINA, Francisco Radamés. PhD
Instituto Nacional de Pediatría-México

POSADA-GOMEZ, Ruben. PhD
InstitutNationalPolytechnique de la Lorraine-Francia

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD
Universidad de Guanajuato-México

RANGEL-VILLALOBOS, Hector. PhD
Universidad De Guadalajara-México

SOTERO-SOLIS, Victor Erasmo. PhD
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana-Perú

CORTES-SANCHEZ, Alejandro de Jesus. PhD
Secretaria de Salud-México

HERNANDEZ-MARTÍNEZ, Rufina. PhD
University of California-USA

PALOS-PIZARRO, Isidro. PhD
Universidad Autonoma de Tamaulipas-México

Consejo Arbitral

PNPI. PhD

Instituto Nacional de Neurologia y Neurocirugia-México

DAJWZ. PhD

Federal University of MatoGrosso-Brasil

PRL. PhD

Universidad Tecnologica de Culiacan-México

GTCC. PhD

Universidad Central de Venezuela-Venezuela

DFSNM. PhD

Universidad Autonoma de Coahuila-México

RLR. PhD

Universidad Autonoma de Sonora-México

ACG. PhD

Instituto Politécnico Nacional-México

PFC. PhD

Washington State University-USA

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en las áreas de: Sistemas Experimentales.

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión del Editor en Jefe.

En el primer número es presentado el *Extracción y caracterización de aceite absoluto de Vainilla* por SALAS, Yamilet, CHÁVEZ, Luz, HERNÁNDEZ, Israel y HERNÁNDEZ, Javier, con adscripción en la Universidad Veracruzana, como siguiente artículo está *Determinación de trazas de Cromo VI en aguas residuales mediante voltamperometría cíclica y voltamperometría lineal* por CHÁVEZ, Joaquín, RÍOS, Judith y GALICIA, Mónica, con adscripción en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en el siguiente artículo está *Disminución de emisiones de CO₂ en el TESCO como logro del SGE* por PIEDRAS-MORALES, Miguel, como siguiente artículo está *Evaluación de la remediación del suelo contaminado con aceite crudo utilizando microorganismos de montaña* por SANDOVAL-REYES, Francisca, CORTÉZ-PÉREZ, Yuliana, REYES-RESENDIZ, Liliana y HERNÁNDEZ-ROMERO, Israel, con adscripción en la Universidad Veracruzana, como siguiente artículo está *Caracterización e Identificación de microorganismos presentes en lombricomposta y lombriz (Eisenia foetida)* por TORRES-GONZÁLES, Adrián, RAMOS-PERFECTO, Valentina y HIDALGO-CORTÉS, Marisol con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla, como siguiente artículo está *Evaluación técnico-económica de reactores químicos homogéneos usando la herramienta computacional Excel* por VÁZQUEZ, Rubén, ARRIAGA, Ma. Juana, ALCÁNTARA, Ma. Del Consuelo y MOZALVO, Filemón, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Pachuca y el Instituto Tecnológico de Querétaro, como siguiente artículo está *Propuesta comercial para el aprovechamiento de mango desechado en el estado de Guerrero* por CAMACHO, César, BAUTISTA, Lilia, LEÓN, Yolanda y ANTONIO, María, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Pachuca.

Contenido

Artículo	Página
Extracción y caracterización de aceite absoluto de Vainilla SALAS, Yamilet, CHÁVEZ, Luz, HERNÁNDEZ, Israel y HERNÁNDEZ, Javier	1-8
Determinación de trazas de Cromo VI en aguas residuales mediante voltamperometría cíclica y voltamperometría lineal CHÁVEZ, Joaquín, RÍOS, Judith y GALICIA, Mónica	9-16
Disminución de emisiones de CO2 en el TESCO como logro del SGen PIEDRAS-MORALES, Miguel	17-24
Evaluación de la remediación del suelo contaminado con aceite crudo utilizando microorganismos de montaña SANDOVAL-REYES, Francisca, CORTÉZ-PEREZ, Yuliana, REYES-RESENDIZ, Liliana y HERNÁNDEZ-ROMERO, Israel	25-32
Caracterización e Identificación de microorganismos presentes en lombricomposta y lombriz (<i>Eisenia foetida</i>) TORRES-GONZÁLEZ, Adrián, RAMOS-PERFECTO, Valentina y HIDALGO-CORTÉS, Marisol	33-37
Evaluación técnico-económica de reactores químicos homogéneos usando la herramienta computacional Excel VÁZQUEZ, Rubén, ARRIAGA, Ma. Juana, ALCÁNTARA, Ma. Del Consuelo y MOZALVO, Filemón	38-49
Propuesta comercial para el aprovechamiento de mango desechado en el estado de Guerrero CAMACHO, César, BAUTISTA, Lilia, LEÓN, Yolanda y ANTONIO, María	50-58

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Extracción y caracterización de aceite absoluto de Vainilla

SALAS, Yamilet*†, CHÁVEZ, Luz, HERNÁNDEZ, Israel y HERNÁNDEZ, Javier

Universidad Veracruzana. Lomas del estadio s/n, Edificio «A», 3er. Piso, C.P. 91000; Xalapa, Veracruz, México

Recibido Octubre 20, 2017; Aceptado Noviembre 15, 2017

Resumen

La orquídea de la vainilla es el único miembro comestible de la familia de las orquídeas. Su olor tan característico es debido al compuesto 4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído, comúnmente llamado vainillina. El producto de vainilla más comercializado en el mundo es el extracto de vainilla, que se obtiene por percolación con alcohol etílico. Sin embargo, existen otros productos derivados de la vainilla que son altamente solicitados como lo es el aceite de vainilla. Para obtener una oleoresina o un aceite absoluto, una de las principales preocupaciones del proceso de extracción convencional, además de largos períodos de extracción, es la temperatura. El objetivo del trabajo es obtener aceite absoluto de vainilla natural mediante la extracción con disolventes orgánicos, el cual solo se comercializa en pocos lugares del mundo y a un alto costo debido a su delicado proceso de producción, así mismo se describen los resultados obtenidos de la caracterización del aceite por medio de resonancia magnética nuclear (RMN). La producción de aceite de vainilla supone un importante mercado para los productores de vainilla ya que existen pocos productores de aceite de vainilla natural, desplazando en calidad a los aceites de vainilla sintéticos que actualmente son los más comercializados.

Vainilla, Aceite de vainilla, disolventes orgánicos, extracción sólido-líquido

Abstract

Vanilla orchid is the only edible member of the orchid family. Its characteristic odor is due to the compound 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde, commonly called vanillin. The most commercialized product in the world is the extract of vanilla which is obtained by percolation with ethyl alcohol. However, there are other vanilla products that are highly sought after such as vanilla oil. To obtain an oleoresin or an absolute oil, one of the main concerns of the conventional extraction process, in addition to long periods of extraction, is the temperature. The objective of the work is to obtain absolute natural vanilla oil by extraction with organic solvents, which is only commercialized in a few places in the world and at a high cost due to its delicate production process, as well as describing the results obtained and the characterization of the Oil by nuclear magnetic resonance (NMR). The production of vanilla oil is a significant market for vanilla producers as there are few producers of natural vanilla oil, displacing in quality the synthetic vanilla oils that are currently the most commercialized.

Vanilla, vanilla oil, organic solvents, solid-liquid extraction

Citación: SALAS, Yamilet, CHÁVEZ, Luz, HERNÁNDEZ, Israel y HERNÁNDEZ, Javier. Extracción y caracterización de aceite absoluto de Vainilla. Revista de Sistemas Experimentales 2017, 4-13: 1-8

* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: fysb.29@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer Autor.

Introducción

La orquídea de la vainilla (*Vanilla planifolia*), nativa de América Central y Sudamérica, es el único miembro comestible de la familia de las orquídeas. La vainilla aprovecha la humedad del aire para recibir sus nutrientes, pero las raíces deben estar en contacto con el suelo para que la planta sobreviva. Su flor color verde pálido es de 10 cm de diámetro y los granos de vainilla se encuentran dentro de una vaina suspendida, la cual mide de 10 a 25 cm de largo ^[1].

Durante mucho tiempo la vainilla fue asociada con los postres, ya que es la segunda especia más cara, justo detrás del azafrán, en su mayoría debido al procesamiento de la misma. Las orquídeas de la vainilla no emiten el aroma dulce asociado comercialmente con la vainilla. Los granos de vainilla deben someterse a un proceso de curado antes de tomar el olor familiar. Los granos verdes de vainilla contienen los precursores aromáticos, los -D-glucósidos, que entran en contacto con -D-glucosidasas durante el proceso de curado. Las glucosidasas rompen los glucósidos para liberar vainillina y crear el aroma de vainilla dulce ^[2].

El uso de productos químicos aromáticos en perfumería ha crecido mucho desde que el desarrollo de la química permitió su síntesis y producción comercial. Entre ellos, el propilenglicol acetal ^[3] y el salicilato de isobutilo ^[4], los cuales son materiales aromatizantes con fragancia de vainilla y de jacinto, respectivamente, que se preparan haciendo reaccionar el correspondiente aldehído aromático con propilenglicol y glicerol, respectivamente ^[5].

La vainilla es una especia cuyo sabor es el más popular y consumido en todo el mundo.

Se utiliza como agente aromatizante en la industria alimentaria y en la fabricación de cosméticos y productos farmacéuticos. La composición de los granos de vainilla depende de varios factores tales como las especies de plantas, la región en crecimiento, la cosecha y la tecnología de curado.

El extracto natural de la vainilla tiene muchos compuestos que le dan su sabor característico, más de 170 componentes aromáticos volátiles se han identificado en niveles traza. El componente principal del aroma en un extracto de vainilla es la vainillina (4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído), la cual es aproximadamente 80-90% en peso de los componentes. En vainas de vainilla, la vainillina se encuentra en niveles de 20 g de vainillina / kg de frijoles en una base de peso seco ^[6, 7].

La vainillina tiene un sabor muy popular, pero la cantidad de este compuesto disponible de fuentes vegetales es muy limitada. Los métodos biotecnológicos tienen un alto potencial para la producción de vainillina como alternativa a la extracción de fuentes vegetales ^[8]. Además de jugar un papel clave en la contribución al aroma y el sabor de la vainilla, la vainillina también se valora por tener otras propiedades beneficiosas tales como los efectos antioxidantes ^[9-10], anti-inflamatorios ^[11,12], antimicrobianos ^[13-15] y inhibidores de la corrosión ^[16-18].

Existen principalmente cuatro productos de vainilla comercializados: el extracto acuoso / etanol, la oleoresina, vainilla absoluta y el azúcar de vainilla. El producto más importante comercializado en el mundo es el extracto de vainilla que se obtiene convencionalmente por percolación de una solución acuosa de etanol al 30-40% en volumen.

Para obtener una oleorresina o un aceite absoluto, una de las principales preocupaciones del proceso de extracción convencional, además de largos períodos de extracción, es la temperatura. Un control deficiente de esta variable podría resultar en la degradación de la vainillina [7, 19].

La extracción de componentes activos de la planta es uno de los enfoques más sostenibles que se pueden emplear. Actualmente existe una gama de métodos que incluyen la extracción con didisolvente, extracción de fluidos supercríticos, etc., para la obtención aceites absoluto u oleorresinas. La selección del método para aislar componentes activos con el mejor rendimiento y la mayor pureza de fuentes naturales depende principalmente de la naturaleza de los compuestos y de la materia prima a procesar [20].

Estas técnicas de extracción son a menudo limitadas por una resistencia a la transferencia de masa debido a la participación de más de una fase en el sistema [20].

En este artículo se describe una metodología detallada para la extracción de aceite absoluto de vainilla, enfatizando el cuidado en las variables de proceso importantes para la obtención exitosa del aceite absoluto de vainilla, el cual solo se comercializa en pocos lugares del mundo y a un alto costo debido a su delicado proceso de producción, asimismo de describen los resultados obtenidos de la cauterización del aceite por medio de resonancia magnética nuclear.

Metodología

El aceite absoluto de vainilla es comúnmente utilizado para la preparación de fragancias como perfumes, aromatizantes o esencias para aromaterapia, es por eso que el disolvente debe ser compatible con cualquiera de los posibles usos.

La temperatura es una de las variables más importantes en la extracción de aceite absoluto de vainilla debido a que las altas temperaturas desnaturalizan los componentes del aceite, es por eso que una extracción por arrastre de vapor con de agua no resulta eficiente ya que la temperatura de ebullición del agua es 100°C a 1 atm de presión.

La extracción sólido-líquido con disolventes orgánicos resulta más eficiente ya que se pueden seleccionar didisolventes que tengan un punto de ebullición menor que el agua. Se realizó extracción con alcohol etílico, el cual tiene un punto de ebullición de 78.15 C [21]. Debido al uso que generalmente se le da al aceite absoluto de vainilla se descartaron otros disolventes, los cuales a pesar de tener un punto de ebullición menor, no pueden ser destinarse al uso humano.

Preparación de la materia prima

La vainilla utilizada para este proyecto fue recolectada de la zona de Papantla, Ver., zona la cual es conocida mundialmente por su cosecha de vainilla de alta calidad. Las vainas de vainilla deben estar maduras, es decir deben ser color café. Una vez obtenida la materia prima se procedió a secar en un horno de convección natural marca Binder 53-UL, a 60°C por 4 horas.

Una vez secas las vainas, éstas deben ser abiertas a lo largo para lograr mayor contacto y que el disolvente penetre en el interior de la vaina donde se encuentran las semillas. Además, cada vaina se corta en trozos de 4 cm aproximadamente (Figura 1). Se tomaron 4 muestras de 100 g de vainas para realizar la extracción, las cuales perdieron el 35.8% de peso debido al secado.



Figura 1 Vainas de vainilla secas y cortadas

Extracción

Se realizó una extracción en serie con la finalidad de aumentar el volumen final del aceite, ya que los rendimientos generalmente son bajos. Se colocó cada muestra en un cartucho de celulosa en la cámara los extractores extractor tipo soxhlet, cada matraz contenía 125 mL de alcohol etílico al 99.5%. En el condensador se recirculó una solución de agua desionizada y etilenglicol al 50% en volumen, los 4 condensadores fueron conectados en serie.

Cada equipo se colocó sobre una mantilla de calentamiento con control de temperatura para realizar la extracción a temperatura constante de 80°C. La extracción se realizó durante 6 horas.

Destilación

Una vez terminado el tiempo de extracción se procedió a recuperar el disolvente mediante destilación a presión reducida en un equipo de evaporación rotatorio marca Yamato mod. RE300. Se colocaron las 4 mezclas de aceite y disolvente en un matraz pera de 500 mL, el cual se conectó al evaporador rotatorio y fue sumergido en un baño maría marca Yamato mod. BO400 a 55°C. Se recirculó una solución de agua desionizada y etilenglicol al 50% en volumen en el condensador de doble serpentín del evaporador.

Se conectó al evaporador rotatorio una bomba de vacío marca Siems a una presión de 200 mmHg. Mediante la ecuación de Clausius-Clapeyron, se calculó el punto de ebullición aproximado de la mezcla a la presión utilizada.

$$\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = \frac{\Delta_{vap}H}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) \quad (1)$$

Para el cálculo del punto de ebullición es necesario conocer la entalpia de vaporización del etanol, la cual es de 38.56 kJ/mol [22]. La temperatura de ebullición a la presión reducida utilizada fue de 46.2°C.

Una vez concluida la destilación, se calculó el rendimiento y se procedió a caracterizar la muestra por medio de resonancia magnética nuclear. La resonancia magnética nuclear fue realizada en la Unidad de Servicios de Apoyo en Resolución Analítica (SARA) de la Universidad Veracruzana.

Resultados

El aceite absoluto de vainilla obtenido puro es un aceite viscoso, de olor agradable (Figura 2). Generalmente se comercializa con un 20% de etanol. El rendimiento de la materia prima es de aproximadamente 4% a nivel laboratorio.

El rendimiento se calculó mediante la ecuación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_1}{M_2} \cdot 100 \quad (2)$$

Donde:

M_1 = Masa de la vainilla seca

M_2 = Masa total del aceite absoluto

100 = Factor matemático de porcentaje%

Al igual que la mayoría de los aceites esenciales, aceites absolutos u oleorresinas, el rendimiento es bajo; Sin embargo, cuando los procesos son escalados a nivel piloto o industrial, los rendimientos suelen aumentar.



Figura 2 Aceite absoluto de vainilla

Los aceites esenciales son producidos principalmente mediante destilación con vapor, de agua pero algunas flores (lirio, loto, jazmín, tubérculo, clavel, gardenia, jonquil, violeta, narciso, mimosa y vainilla) son demasiado delicadas para la destilación con vapor de agua, debido a la elevada temperatura y se extraen utilizando didisolventes en su lugar.

Un aceite absoluto es una esencia, con una concentración extremadamente alta de fragancia muy cercana al olor natural del material vegetal.

La extracción con didisolventes es el uso de sustancias, tales como éter de petróleo, alcohol metílico, alcohol etílico o hexano, para extraer el material lipofílico odorífero de la planta. El didisolvente también extraerá la clorofila y otros tejidos vegetales, dando como resultado un extracto altamente coloreado o espeso / viscoso, llamado absoluto.

El aceite absoluto de vainilla obtenido se caracterizó mediante espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN) en un equipo marca Varian, Modelo MR-400 de 400 MHz. La RMN es la técnica que mayor información estructural proporciona. Los átomos más abundantes en los compuestos orgánicos como es el caso del aceite absoluto de vainilla, son el hidrógeno (H) y carbono (C), es por eso que se obtuvieron espectros ^1H y ^{13}C .

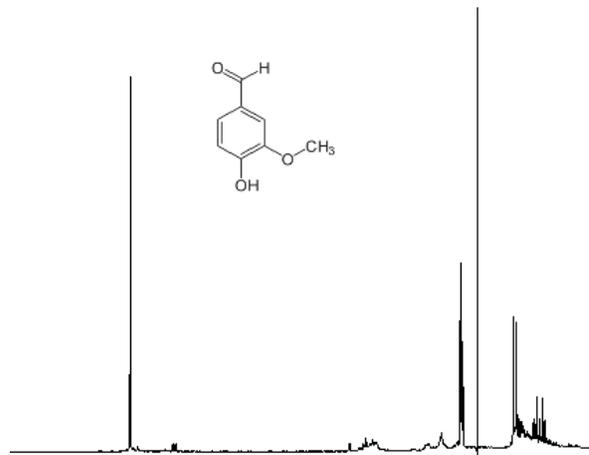


Figura 3 Vainillina ^1H RMN

El principal componente del aceite fue la vainillina, o 4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído (Figura 3), es un compuesto orgánico con la fórmula molecular $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$. Sus grupos funcionales incluyen el aldehído, éter y el fenol. Es el compuesto primario de la vaina de la vainilla. Es una de las sustancias olorosas más apreciadas para crear aromas artificiales.

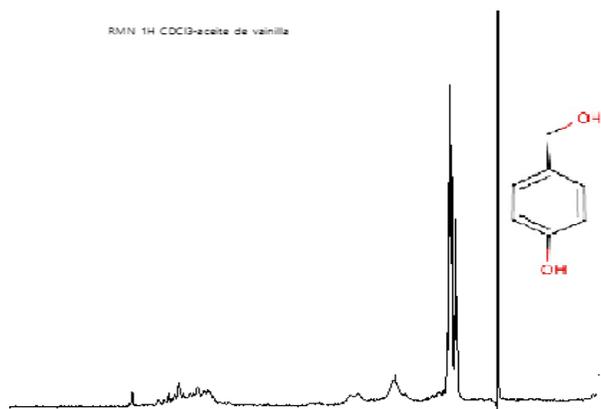


Figura 4 4-Hydroxybenzyl alcohol ^1H RMN

El 4-Hydroxybenzyl alcohol mejor conocido como Gastrodigenina es un compuesto fenólico encontrado en el rizoma de la planta *Gastrodia elata*, la cual es una especie de orquídea mejor conocida como tubérculo de Gestrodia, se distribuye principalmente en países orientales pero hay referencias de que ha sido encontrada en vainas de *Vanilla planifolia*. La gastrodigenina fue uno de los compuestos encontrados (Figura 4).

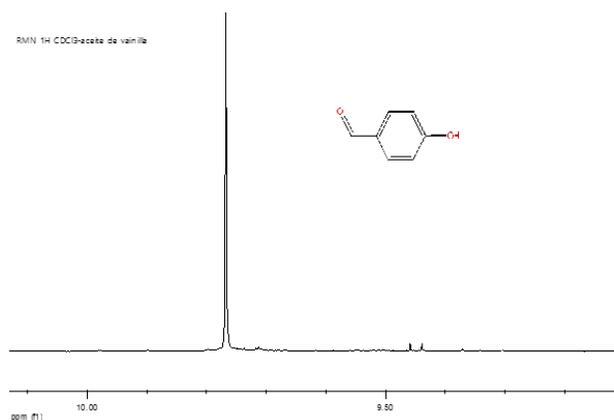


Figura 5 4-Hidroxibenzaldehído ^1H RMN

Otra de las sustancias identificadas es el: 4-Hidroxibenzaldehído, el cual es usado principalmente para síntesis química de otros compuestos (figura 5 y 6).

Los aceites absolutos generalmente son una mezcla de una gran cantidad de compuestos orgánicos, los cuales son arrastrados debido a método de extracción utilizado, la mezcla del aceite de vainilla obtenido es completa, presenta diversos compuestos en diferentes proporciones, siendo la vainillina el compuesto de mayor importancia, también es posible observar la presencia de esterés, aldehídos y otros compuestos alifáticos.

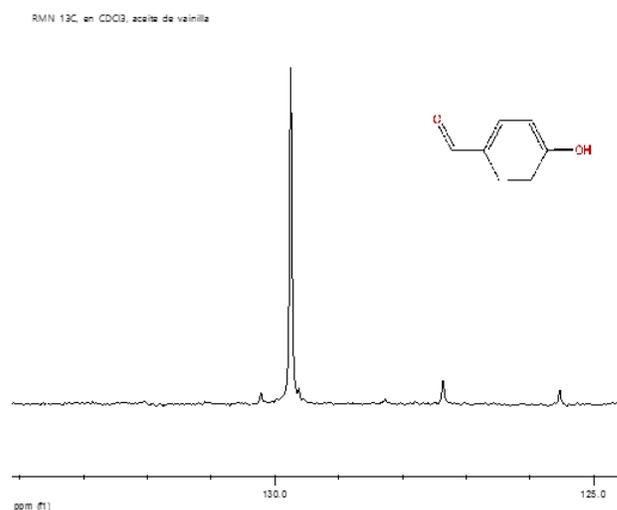


Figura 6 4-Hidroxibenzaldehído ^{13}C RMN

Es posible que algunos compuestos orgánicos hayan podido desnaturalizarse durante el proceso de extracción. Los compuestos y sus concentraciones pueden variar dependiendo de la materia prima utilizada, las vainas de vainilla pueden cambiar la concentración de compuestos y su composición química como resultado de cambios de temperatura durante el cultivo, cantidad de nutrientes en el suelo, época de producción, localización geográfica del cultivo, entre otras variables.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana Región Poza Rica – Tuxpan por las facilidades otorgadas para el desarrollo de esta investigación.

Un especial agradecimiento al Laboratorio de Química Productos Naturales de la Unidad de Servicios de Apoyo en Resolución Analítica (SARA) de la Universidad Veracruzana.

Se agradece a Productores de Vainilla Cachikin por la vainilla aportada para la realización de la investigación.

Conclusiones

La producción de aceite de vainilla es un proceso en el cual se deben controlar muy cuidadosamente las variables de proceso, sin embargo, es un producto natural altamente valuado en diferentes industrias como la farmacéutica, cosmética y alimentaria.

Los costos de producción suelen ser altos debido a los bajos rendimientos, pero puede suponer un importante mercado para los productores de vainilla debido a la escasez de aceite de vainilla natural, desplazando en calidad a los aceites de vainilla sintéticos que actualmente son los más comercializados.

La resonancia magnética nuclear que se realizó aportó importante información sobre la composición química del aceite. No obstante, sería de gran utilidad realizar una cromatografía de gases con acoplamiento a masas para verificar la información y obtener datos específicos de las concentraciones de cada uno de los componentes del aceite.

Referencias

Bythrow, J.D. (2005). Vanilla as a Medicinal Plant, *Seminars in Integrative Medicine*, Volume 3, Issue 4, pp. 129-131, ISSN 1543-1150.

Walton, N.J., Mayer, M.J., Narbad, A. (2003). Vanillin, *Phytochemistry*, Volume 63, Issue 5, Pages 505-515, ISSN 0031-9422.

R. Suffis, M.L. Barr, K. Ishida, K. Sawano, A.G. Van Loveren, T. Nakatsu, C.B. Green, G.A. Reitz, R.K.L. Karg, T. Sato. (1997.). Composition containing body activated fragrance for contacting the skin and method of use. U.S. Patent 5,626,852.

Opdyke, D.L.J. (1976). Diethyl maleate, *Food and Cosmetics Toxicology*, Volume 14, Issue 5, pp. 443-444, ISSN 0015-6264

Climent, M. J., Corma, A., Velty, A. (2004). Synthesis of hyacinth, vanilla, and blossom orange fragrances: the benefit of using zeolites and delaminated zeolites as catalysts, *Applied Catalysis A: General*, Volume 263, Issue 2, 10, pp. 155-161, ISSN 0926-860X.

Azeez, S. (2008). Vanilla, in: V.A. Parthasarathy, B. Chempakam, T.J. Zachariah (Eds.), *Chemistry of Spices*, CAB International, Pondicherry, India, pp. 287–289.[2] S.R. Rao, G.A.

Rao, S. R., Ravishankar, G.A. (2000). Review: Vanilla flavor: production by conventional and biotechnological routes, *J. Sci. Food Agric.* 289–304.

Tai, T. Sawano, F. Yazama, H. Ito, Evaluation of Antioxidant Activity of Vanillin by Using Multiple Antioxidant Assays, *Biochim. Biophys. Acta Gen. Subj.* 1810 (2011) 170–177.

- J.F. Arteaga, M. Ruiz-Montoya, A. Palma, G. Alonso-Garrido, S. Pintado, J.M. Rodríguez-Mellado, Comparison of the Simple Cyclic Voltammetry (CV) and DPPH Assays for the Determination of Antioxidant Capacity of Active Principles, *Molecules* 17 (2012) 5126–5138.
- M. Makni, Y. Chtourou, H. Fetoui, E.M. Garoui, M. Barkallah, C. Marouani, C. Kallel, N. Zeghal, Erythrocyte Oxidative Damage in Rat Treated with CCl₄: Protective Role of Vanillin, *Toxicol. Ind. Health* 28 (2012) 908–916.
- D. Srikanth, H.M. Vishma, S. Nischal, U. Rathnakar, P.G. Shiv, D.A. Sahana, S.K. Ashok, A. Udupa, Evaluation of Anti-Inflammatory Property of Vanillin in Carrageenan Induced Paw Edema Model in Rats, *Int. J. Bioassays* 2 (2013) 269–271.
- J. Niazi, N. Kaur, R.K. Sachdeva, Y. Bansal, V. Gupta, Anti-Inflammatory and Antinociceptive Activity of Vanillin, *Drug Dev Ther.* 5 (2014) 145–147.
- D.J. Fitzgerald, M. Stratford, A. Narbad, Analysis of the Inhibition of Food Spoilage Yeasts by Vanillin, *Int. J. Food Microbiol.* 86 (2003) 113–122.
- R.M. Cava-Roda, A. Taboada-Rodríguez, M.T. Valverde-Franco, F. Marín-Iniesta, Antimicrobial Activity of Vanillin and Mixtures with Cinnamon and Clove Essential Oils in Controlling *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157: H7 in Milk, *Food Bioprocess Technol.* 5 (2012) 2120–2131.
- A.C. Silveira, G.C. Moreira, F. Artés, E. Aguayo, Vanillin and Cinnamic Acid in Aqueous Solutions or in Active Modified Packaging Preserve the Quality of Fresh-Cut.
- N.A. Negm, N.G. Kandile, E.A. Badr, M.A. Mohammed, Gravimetric and Electrochemical Evaluation of Environmentally Friendly Nonionic Corrosion Inhibitors for Carbon Steel in 1 M HCl, *Corros. Sci.* 65 (2012) 94–103.
- S.M. Shaban, I. Aiad, M.M. El-Sukkary, E.A. Soliman, M.Y. El-Awady, Inhibition of Mild Steel Corrosion in Acidic Medium by Vanillin Cationic Surfactants, *J. Mol. Liq.* 203 (2015) 20–28.
- S.M. Tawfik, N.A. Negm, Vanillin-Derived Non-Ionic Surfactants as Green Corrosion Inhibitors for Carbon Steel in Acidic Environments, *Res. Chem. Intermed.* 42 (2016) 3579–3607.
- Rodríguez-Jimenes, G.C., Vargas-García, A., Espinoza-Pérez, D.J., Salgado-Cervantes, M. A., Robles-Olvera, V.J., García-Alvarado, M.A. (2013). Mass transfer during vanilla pods solid liquid extraction: effect of extraction method, *Food Bioprocess Technol.* 10, 2640–2650.
- Nyaneshwar J., Rekha B.N., Parag R. Gogate, Virendra K. Rathod. (2009) Extraction of vanillin from vanilla pods: A comparison study of conventional soxhlet and ultrasound assisted extraction, *Journal of Food Engineering*, Volume 93, Issue 4, Pages 421-426, ISSN 0260-8774.
- [The Merck Index. (2006). Royal Society of Chemistry.
- Haynes, W. M. (2009). CRC handbook of chemistry and physics: A ready-reference book of chemical and physical data. Boca Raton: CRC Press.

Determinación de trazas de Cromo VI en aguas residuales mediante voltamperometría cíclica y voltamperometría lineal

CHÁVEZ, Joaquín†, RÍOS, Judith y GALICIA, Mónica*

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. Benjamin Franklin no. 4650, Zona PRONAF, 32310 Cd Juárez, Chih., México

Recibido Octubre 20, 2017; Aceptado Noviembre 16, 2017

Resumen

El cromo hexavalente (Cromo VI) se encuentra en forma de anión cromato (CrO_4^{2-}), cromato ácido (HCrO_4^-) o ion Dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) dependiendo del pH del medio, y es considerado entre cien y mil veces más tóxico que el Cromo (III). El Cromo VI induce dermatitis y tiene un efecto mutagénico y carcinógeno, afectando hígado, pulmones y riñones. Por ello que resulta muy importante reducir su presencia en aguas residuales industriales. Actualmente, se han desarrollado técnicas químicas y electroquímicas para su conversión a cromo III y con ello disminuir su efecto tóxico. En este sentido, también se proponen técnicas de detección que permitan su identificación a nivel espectroscópico. En este trabajo se implementó una técnica electroquímica que básicamente identifica procesos de óxido-reducción de especies, y de reacciones químicas acopladas para esta tarea: voltamperometría cíclica, reforzada con experimentos de voltamperometría lineal. Se utilizó una celda de tres electrodos y un electrodo de grafito vidriado como electrodo de trabajo, y se midieron concentraciones de hasta $5 \mu\text{M}$ de Cromo VI. La aplicación de estas técnicas transitorias permitirá aplicar control de calidad de aguas contaminadas cuando sea requerido en límites por debajo de los establecidos por las Normas Oficiales.

Cromo VI, voltamperometría cíclica, electrodo de grafito vidriado

Abstract

Hexavalent chromium (Chromium VI) is in the form of an anion chromate (CrO_4^{2-}), acid chromate (HCrO_4^-) or ion Dichromate ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) depending on the pH of the medium, and is considered between one hundred and one thousand times more toxic than Chromium (III). Chromium VI, induces dermatitis and has a mutagenic and carcinogenic effect, affecting liver, lungs and kidneys. For these reasons, it is very important to reduce its presence in industrial wastewater. Nowadays, chemical and electrochemical techniques have been developed for its conversion to chromium III and with this to diminish their toxic effect. In this sense, we also propose detection techniques that allow its identification at the spectroscopic level. In this work the implementation of an electrochemical technique was achieved with a technique that is capable to identify redox electrochemical processes, and coupled chemical reactions over solid electrodes: cyclic voltammetry, reinforced with linear voltammetry experiments. A three-electrode cell and a graphite electrode were used as the working electrode, and concentrations up to $5 \mu\text{M}$ of chromium VI were measured. The application of these transition techniques will allow to obtain a quality control of contaminated water when required in limits below to those established by the Official Standards.

Chromium VI, cyclic voltammetry, glassy carbon

Citación: CHÁVEZ, Joaquín, RÍOS, Judith y GALICIA, Mónica. Determinación de trazas de Cromo VI en aguas residuales mediante voltamperometría cíclica y voltamperometría lineal. Revista de Sistemas Experimentales 2017, 4-13: 9-16

* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: monica.galicia@uacj.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El cromo es un elemento esencial para hombres y animales, pero concentraciones elevadas de este elemento, 15 µg/L en agua de ríos y 0.10 mg /L en agua potable resultan tóxicas (Cervantes et al., 2001).

El término de metal pesado refiere a cualquier elemento metálico que tiene alta densidad y que pueda ser tóxico o venenoso en concentraciones incluso muy bajas. Los ejemplos de metales pesados o algunos metaloides, incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl), y plomo (Pb), entre otros (Lucho et al., 2005). Este tipo metales son peligrosos porque tienden a bioacumularse en diferentes cultivos (Angelova et al., 2004).

Los metales pesados se pueden incorporar a organismos vivos como plantas y animales por vía del alimento, a través del agua y el aire (Lucho et al., 2005).

La detección de especies de cromo es una tarea desafiante, debido a los diferentes estados de oxidación que tiene este elemento. Los dos estados de valencia más relevantes de el cromo son el Cr(III) y Cr(VI), los cuales afectan la salud y el ambiente. El cromo trivalente es relativamente inofensivo y juega un rol esencial en los procesos biológicos, mientras que el cromo hexavalente es de 100 a 1000 veces más tóxico que el cromo trivalente (Cespon-Romero, 1996). Los métodos de detección del cromo (VI) se dividen en enfoque indirecto y directo. Los métodos indirectos requieren una separación previa; éstos incluyen cromatografía, extracción o precipitación (Cranston y Murray, 1998).

Sin embargo, todos los anteriores experimentan de interferencia a través del Cr(III), el cual normalmente se presenta en concentraciones altas en muestras naturales (Turyan y Mandler, 1997). La detección directa de cromo se realiza con frecuencia mediante técnicas espectrofotométricas, donde un complejo de cromo con varios agentes de coordinación (1,5-difenilcarbazona, azul metileno, cloruro de iodonitrotetrazolium, violeta tetrazolium, dibencilditiocarbamato) es detectado (Kalembkiewicz y Soso, 2002). Recientemente, se desarrolló una reacción de difenilcarbamato con cromo (VI) en una inyección analizadora de flujo portable, dando un valor LoD de 0.25 mg L⁻¹ (Li *et al.*, 2003). Si embargo, no se han reportado estudios acerca del potencial de interferencia. En contraste, las técnicas electroquímicas ofrecen una oportunidad de detección rápida y adecuada de las especies de cromo hexavalente aún en presencia de concentraciones de Cr(III) (Korolczuk y Grabarczyk, 1999). La detección electroquímica del Cr(VI) ha sido reportada en electrodos de mercurio, argumentándose que el cromo hexavalente es activo a través de toda la escala de pH (Harzdorf, 1987). Además, los mecanismos de reacción del electrodo de cromo (VI) y (III) en electrodos de mercurio han sido explorados recientemente (Sander *et al.*, 2003). Sin embargo, esta práctica analítica ha sido reemplazada por sustratos sólidos debido al potencial tóxico del mercurio y sus limitantes operacionales. Notablemente, la reducción del Cr(VI) ha sido estudiada en electrodos de oro y platino (Burke, 1997).

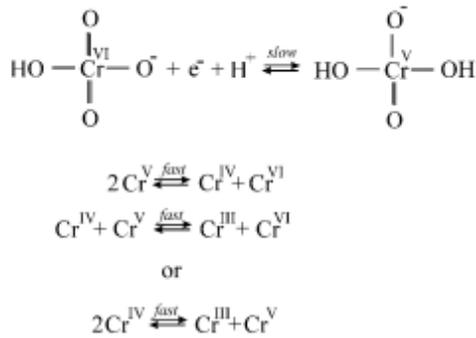


Figura 1 Mecanismo de reducción propuesto de Cromo (VI a Cromo III) (Welch *et al.*, 2005)

Por otra parte el uso de materiales de sol-gel en conjunto con la electroquímica resulta un método atractivo para detección analítica (Buckley y Greenblat, 1994). Típicamente, los sol-geles han sido depositados en superficies de electrodos usando técnicas de giro-revestimiento (Marx *et al.*, 2004). Los filmes que se han formado en esta manera son usualmente catalizados por ácido, y como resultado, tienen una estructura compacta de baja porosidad (Ge *et al.*, 1992). Un método muy prometedor que ha emergido recientemente para la formación de filmes de sol-gel de alta porosidad es el de electrodeposición de sol-geles en las superficies del electrodo (Walcarus y Sibottier, 2005). Este método de formación de sol-gel se basa en la aplicación de potenciales negativos para incrementar el pH en la superficie del electrodo, causando la condensación inmediata del sol-gel (Deepa *et al.*, 2003).

Metodología

Las mediciones electroquímicas se realizaron utilizando un potenciostato/galvanostato marca Bio-Logic USA. Se empleó una celda electroquímica de tres electrodos, siendo el electrodo de trabajo un electrodo de grafito vidriado (GV) de 3mm de diámetro.

Se utilizó alambre de malla de platino como contraelectrodo y la referencia fue el electrodo de calomel saturado (ECS). El electrodo de GV se pulió sucesivamente con lija grado 600, 800, 1200 y finalmente paño con un último lavado con agua destilada, etanol grado reactivo y acetona grado reactivo en cada serie de experimentos.

Se preparó una solución de dicromato de potasio en 10 mL de agua, con una concentración de 100 μM y se le agregó HCl al 37% en una concentración de 0.1 M. Se utilizó la técnica de voltamperometría lineal sobre la superficie de GV a diferentes velocidades de barrido: 50mV/s, 100mV/s, 200mV/s, 500mV/s y 1000mV/s.

Por otro lado, se prepararon 5 soluciones de dicromato de potasio en 10 mL de agua, las cuales tenían una concentración de 1000 μM , 500 μM , 200 μM , 100 μM y 50 μM . A cada una se le agregó una concentración de HCl al 37% de 0.1M. Posteriormente, se analizó sobre la superficie de GV, cada concentración por medio de voltamperometría cíclica a diferentes velocidades de barrido de 50mV/s, 100mV/s, 200mV/s, 500mV/s y 1000mV/s.

Resultados

Las respuestas voltamperométricas de 50, 100, 200, 500 y 1000 μM de Cr (VI) en 0.1 M de HCl a distintas velocidades de barrido (50 a 1000mV/s) obtenidas sobre GV revelaron un solo pico de reducción como se puede observar en la Figura 1 y la Figura 2, los cuales se encuentran a valores más negativos conforme se incrementa el valor de la velocidad de barrido. La forma del voltamperograma y la presencia de este único pico, junto con su tendencia, son característicos de una reacción irreversible electroquímicamente, lo cual es confirmado por la pendiente de Tafel como lo estableció Welch y colaboradores, (Welch *et al.*, 2005)

Las respuestas obtenidas sobre GV en soluciones de 0.1 M de HCl que contienen una concentración igual o mayor de 100 μM de Cr (VI) revelan la presencia de un pre-pico a +25 V (vs. ECS) y una onda de reducción a +0.2 V (vs. ECS) como se muestra en la Figura 2.

El análisis de Randles-Sevcik que se determina con la ecuación 1 para el proceso de reducción de 50 μM , 100 μM , 200 μM , 500 μM y 1000 μM de Cr (VI) sobre GV, demuestra ser lineal a cada velocidad de barrido, sugiriendo así que la reacción es controlada por difusión a la superficie. Se muestra el análisis de regresión lineal en las curvas de la raíz cuadrada de la velocidad de barrido versus los datos de I_p , corriente pico a cada concentración.

$$I_{peak} = 2.69 \times 10^5 n^{3/2} D^{1/2} C_0 A V^{1/2} \quad (1)$$

Donde n es el número de electrones transferidos, D es el coeficiente de difusión ($\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$), C_0 es la concentración del analito (mol cm^{-3}), A es el área del electrodo de trabajo (cm^2) y V es el potencial de la velocidad de barrido (V s^{-1}).

Como se ilustra en las Figuras 3 hasta Figura 6, los procesos de reducción del Cromo (VI) se encuentran controlados por la difusión del electrolito a la superficie del electrodo. Las correlaciones se encuentran en el orden de $R=0.99$ para concentraciones de 50 μM a 500 μM .

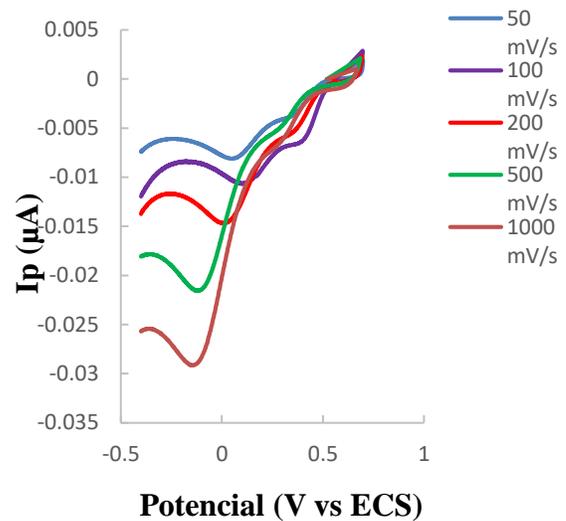


Gráfico 1 Voltamperograma lineal de la variación de I_p , a diferentes velocidades de barrido (50 mV/s - 1000 mV/s) de una concentración de dicromato de potasio de 100 μM

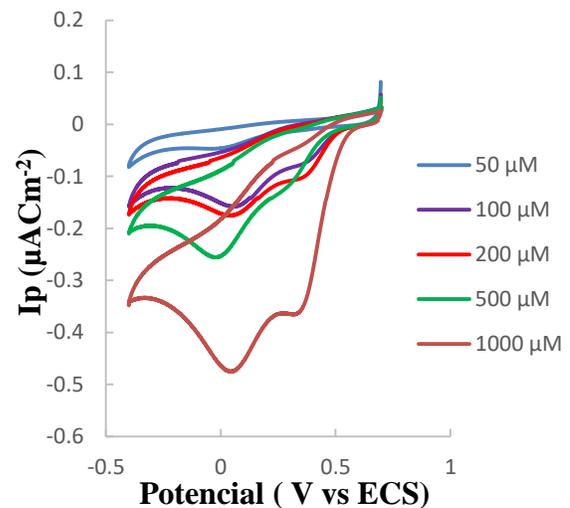


Gráfico 2 Voltamperograma ciclico de la variación de I_p , a diferentes concentraciones de dicromato de potasio a 100 mV s^{-1} sobre electrodo de grafito vidriado

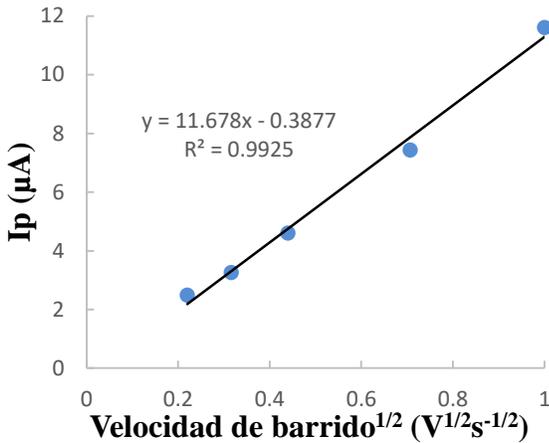


Gráfico 3 I_p en respuesta a las distintas velocidades de barrido (50mV/s a1000 mV/s) a una concentración de 50 μM de Cr VI y 0.1 M de HCl

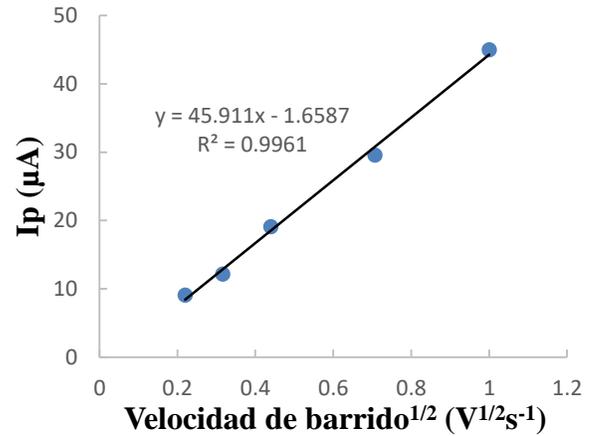


Gráfico 5 I_p en respuesta a las distintas velocidades de barrido (50mV/s-1000mV/s) a una concentración de 200 μM de Cr VI y 0.1 M de HCl

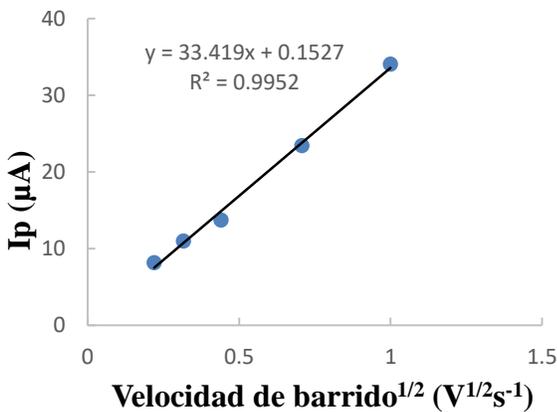


Gráfico 4 I_p en respuesta a las distintas velocidades de barrido (50mV/s-1000mV/s) a una concentración de 100 μM de Cr VI y 0.1 M de HCl

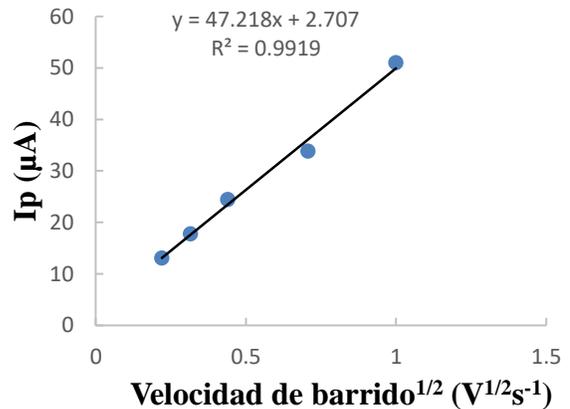


Gráfico 3 I_p en respuesta a las distintas velocidades de barrido (50mV/s-1000mV/s) a una concentración de 500 μM de Cr VI y 0.1 M de HCl

Únicamente, a una concentración de 1000 μM que se muestra en la Figura 7, la correlación para Randles-Sevick presenta una disminución a R=0.98. Sin embargo, todavía es evidente el proceso electroquímicamente irreversible de reducción, y se pueden utilizar estos datos y los presentados finalmente en la Figura 8 hasta la Figura 12 también para asociarlos a la concentración de cromo (VI) presente en soluciones acuosas de este tipo.

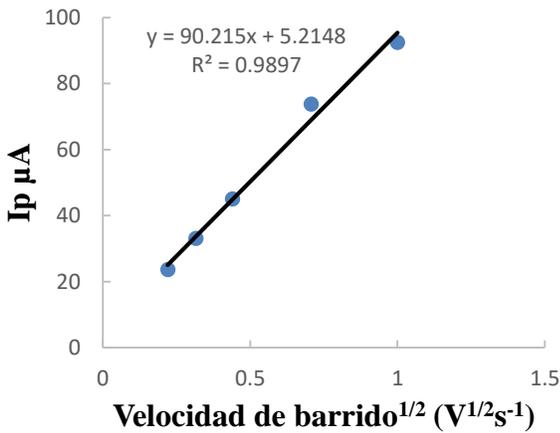


Gráfico 7 I_p en respuesta a las distintas velocidades de barrido (50mV/s-1000mV/s) a una concentración de 1000 µM de Cr VI y 0.1 M de HCl

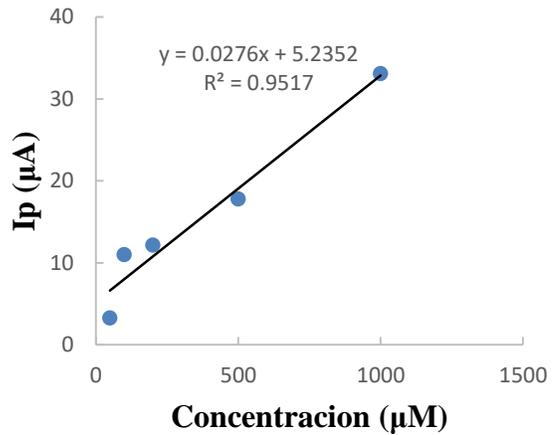


Gráfico 9 Relación de I_p con las concentraciones de Cromo VI (50µM -1000µM) a una velocidad de barrido de 100 mV/s

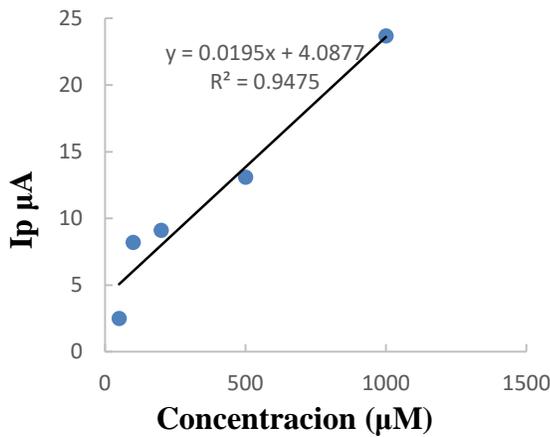


Gráfico 8 Relación de I_p con las concentraciones de Cromo VI (50µM -1000µM) a una velocidad de barrido de 50 mV/s

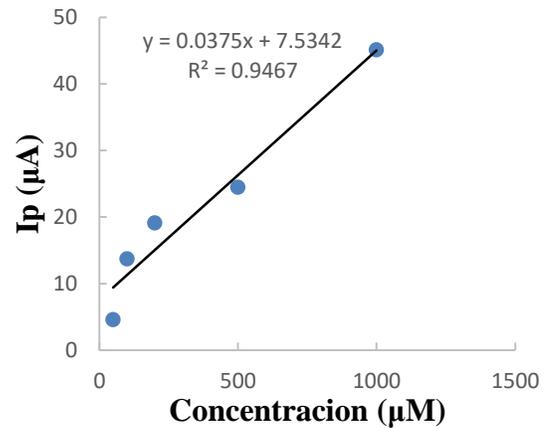


Gráfico 4 Relación de I_p con las concentraciones de Cromo VI (50µM -1000µM) a una velocidad de barrido de 200 mV/s

Por lo tanto, a partir de la gráfica que se muestra en la Figura 8, asociada a cada concentración estudiada, es posible utilizarla como una aproximación a curva de calibración de una solución que contenga concentraciones de cromo (VI) en el intervalo desde 50 a 1000 µM.

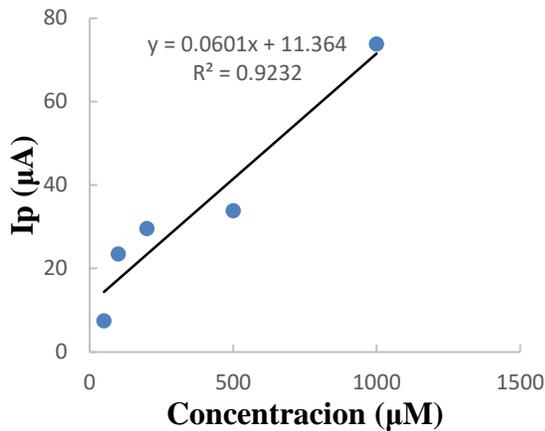


Gráfico 11 Relación de I_p con las concentraciones de Cromo VI ($50\mu\text{M}$ - $1000\mu\text{M}$) a una velocidad de barrido de 500 mV/s

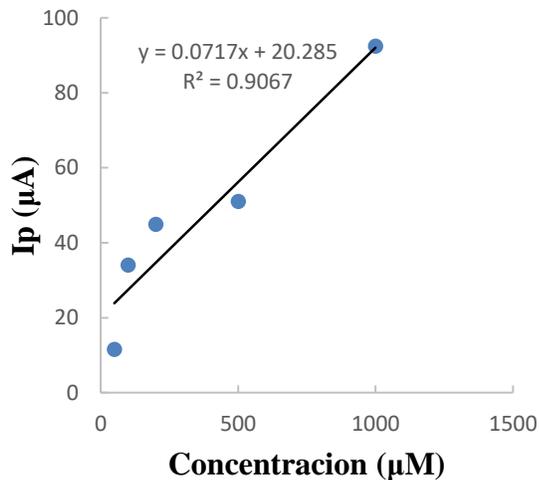


Gráfico 12 Relación de I_p con las concentraciones de Cromo VI ($50\mu\text{M}$ - $1000\mu\text{M}$) a una velocidad de barrido de 1000 mV/s

Agradecimiento

Un agradecimiento a la Coordinación de Química, por los reactivos donados de dicromato de potasio para este estudio.

Conclusiones

Esta es una propuesta a priori para este tipo de determinaciones utilizando técnicas electroquímicas de voltamperometría. A posteriori se pretende modificar esta superficie con una solución de sol-gel para realizar determinaciones in-situ. Esta implementación permitirá realizar cuantificación de tipo espectroscópico de forma más accesible, de bajo costo y con una certidumbre científica.

Referencias

Angelova V., Ivanova, R., Delibaltova, V. and Ivanov, K. 2004. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). *Industrial Crops and Products*, 19: 197–205.

Burke L.D., Nugent P.F., *Electrochim. Acta* 42 (1997)

Buckley A.M., Greenblat M., *J. Chem. Educ.* 71 (1994)

Cervantes C., Campos-García J., Devars S, Gutierrez-Corona, Lozano-Talavera H, Torres-Guzman JC & Moreno-Sánchez R (2001) Interactions of chromium with microorganisms and plants. *FEMS Microbiol. Rev.* 25: 333-347.

Cespon-Romero R.M., Yebra-Biurrun M.C., Bermejo-Barrera M.P., *Anal. Chim. Acta* 327 (1996)

Cranston R.E., Murray J.W., *Anal. Chim. Acta* 99 (1978)

Deepa P.N., Kanungo M., Claycomb G., Sherwood P.M.A., Collinson M.M., *Anal. Chem.* 75 (2003)

Ge H., Zhang J., Wallace G.G., *Anal. Lett.* 25 (1992)

Harzdorf A.C., *Int. Environ J. Anal. Chem.* 29 (1987)

Kalembkiewicz J., Soso E., *Wiadomosci Chemiczne* 56 (2002)

Korolczuk M., Grabarczyk M., *Talanta* 49 (1999)
Li Q., Morris K.J., Dasgupta P.K., Raimundo Jr I.M., Temkin H., *Anal. Chim. Acta* 479 (2003)

Lucho, C.A., Prieto, F., Del Razo, L.M., Rodríguez, R. and Poggi, H. (2005). Chemical fractionation of boron and heavy metals in soils irrigated with wastewater in central Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 108: 57–71

Marx S., Zaltsman A., Turyan I., Mandler D., *Anal. Chem.* 76 (2004)

Sander S., Navrátil T., Bašová P., Novotný L., *Electroanalysis* 14 (2003)

Turyan I., D., *Anal. Mandler* 69 (1997)

Walcarius A., Sibottier E., *Electroanalysis* 17 (2005)

Welch C.M., Nekrassova O., Compton R.G. (2005) reduction of hexavalent chromium at solid electrodes in acidic media: reaction mechanism and analytical applications.

Disminución de emisiones de CO₂ en el TESCOI como logro del SGEN

PIEDRAS-MORALES, Miguel*†

Recibido Octubre 4, 2017; Aceptado Noviembre 3, 2017

Resumen

El desarrollo del Sistema de Gestión de Energía (SGEn) en el Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI), tiene como objetivo principal reducir el consumo de energía eléctrica y como consecuencia la disminución de las emisiones de CO₂. Buscando ayudar al cumplimiento de los acuerdos llevados a cabo en París en el 2016, y en el compromiso mexicano de ayudar a disminuir la huella de carbono del hombre en el planeta, se desarrollo un plan de trabajo, basado en las metodologías CPM y en espiral, en varias etapas, la primera etapa ya concluida, ha arrojado resultados excelentes. En el presente trabajo se explica como funciona el proceso de generación eléctrica, la relación entre emisión de gases de efecto invernadero y los kWh que se consumen. Se muestran, los resultados de los estudios realizados, las consideraciones y acciones seguidas, para disminuir la carga eléctrica conectada y sus resultados, así como los cálculos que llevan a afirmar que en 2016, se dejaron de emitir 23 toneladas de CO₂, al medio ambiente.

Electricidad, Carbono, Ambiente

Abstract

The development of the Energy Management System (SGEn) at the Technological University of Cuautitlán Izcalli (TESCI), has as main objective to reduce the consumption of electric energy and as a consequence the reduction of CO₂ emissions. Seeking to help fulfill the agreements reached in Paris in 2016, and in the Mexican commitment to help reduce the carbon footprint of man on the planet, a work plan was developed, based on CPM and spiral methodologies, In several stages, the first stage already concluded, has yielded excellent results. This paper explains how the electricity generation process works, the relation between the emission of greenhouse gases and the kWh that are consumed. The results of the studies carried out, the considerations and actions taken, are shown to reduce the connected electrical load and its results, as well as the calculations that lead to the assertion that in 2016, 23 tonnes of CO₂ were no longer emitted into the environment.

Electricity, Carbon, Environment

Citación: PIEDRAS-MORALES, Miguel. Disminución de emisiones de CO₂ en el TESCOI como logro del SGEN. Revista de Sistemas Experimentales 2017, 4-13: 17-24

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: profmiguel piedras@hotmail.com)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El desarrollo del Sistema de Gestión de Energía (SGEn) en el Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI), tiene como objetivo principal reducir el consumo de energía eléctrica y como consecuencia la disminución de las emisiones de CO₂.

Buscando ayudar al cumplimiento de los acuerdos llevados a cabo en París en el 2016, y en el compromiso mexicano de ayudar a disminuir la huella de carbono del hombre en el planeta, se desarrollo un plan de trabajo, basado en las metodologías CPM y en espiral, en varias etapas.

Inicialmente el problema fue el monto de facturación, sin embargo conforme se avanza en el proyecto, fue evidente la necesidad de apegarse a normas ya establecidas, como la ISO-50001. Dado que el presupuesto de la institución es limitado, era complicado contratar empresas externas, ya que los costos eran prohibitivos en tales circunstancias.

Con base a la revisión de LEY 697 DE 2001, el uso racional de la energía (URE) es el aprovechamiento y utilización óptima de la energía en cada una de las cadenas energéticas, con el objetivo de obtener la mayor eficiencia, de forma original durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte distribución y consumo, de la corriente eléctrica, incluyendo la reutilización dentro del desarrollo sostenible y el respeto a la normatividad sobre el medio ambiente y los recursos naturales renovables; garantizando el normal funcionamiento de las instalaciones, sin ningún tipo de interferencias en las mismas.

La eficiencia energética, se refiere a, la relación existente entre la energía aprovechada y la energía total utilizada en un determinado proceso.

La generación de energía eléctrica, (proporcionada por CFE), se realiza en instalaciones industriales conocidas como centrales eléctricas generadoras, mismas que realizan la transformación de energías, mecánicas, caloríficas o nucleares, a electricidad.

Las centrales se dividen en dos grupos, centrales eléctricas generadoras convencionales, y centrales eléctricas generadoras no convencionales. Las primeras usan los métodos tradicionales como hidroeléctricas, nucleares o termoeeléctricas, las segundas, son eólicas, solares, mareomotrices, de biomasa, geotérmicas, etc.

Un sistema de generación y suministro eléctrico esta conformado por una serie de elementos, divididos en, generación, transporte, y distribución. Este sistema se encuentra dotado de mecanismos de operación y control centralizado, seguridad y protección, constituyendo un sistema integrado.

En la figura 1 se muestran los elementos desde el sistema de generación, hasta la distribución.

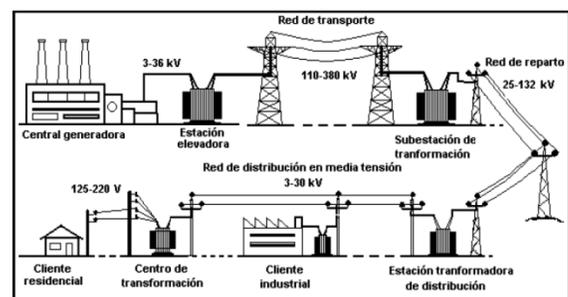


Figura 1 Elementos de un sistema de generación

Las centrales eléctricas son las encargadas de generar, corriente eléctrica utilizable, sin embargo, generalmente estas se encuentran a distancias muy grandes de donde se desea utilizar, por lo que el nivel de voltaje se debe elevar a valores que permitan su transportación, alrededor de 110 a 380kV, en caso de que la distancia sea mucha, o que las condiciones climáticas lo ameriten, este proceso puede repetirse varias veces, ya que se presenta algo llamado, caída de voltaje, dicho de otra forma, la fuerza con la que corre la corriente eléctrica por los cables de transmisión, decae y puede perderse la electricidad o dispersarse en el medio ambiente.

La generación de energía eléctrica tiene el siguiente proceso:
Mover el rotor de un generador eléctrico, mediante inducción magnética se genera electricidad.

Para mover el rotor, se usan distintos medios:

- a. El primero y mas sencillo, es moverlo aprovechando caídas de agua, como cascadas. En las hidroeléctricas estas caídas de agua se han construido artificialmente con la construcción de presas.
 - b. El segundo es calentando agua, hasta generar vapor que, expulsado a gran presión mueve el rotor.
2. El calentamiento del vapor, se logra por, fisión nuclear, quemando gas, quemando carbón o quemando combustóleo.

En México 45% de la energía generada se logra quemando combustóleo o carbón (Fuente CFE).

El 6 de junio del 2012 se publicó la Ley General de Cambio Climático (LGCC) que entró en vigor en Octubre de ese mismo año, esta ley establece la creación de diversos instrumentos de política pública, entre ellos el Registro Nacional de Emisiones (RENE) y su reglamento, los cuales buscan compilar la información necesaria en materia de emisión de Compuestos y Gases de Efecto Invernadero (CyGEI) de los diferentes sectores productivos del país.

Los gases o compuestos de efecto invernadero a reportar son: el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, el carbono negro u hollín, gases fluorados, hexafluoruro de azufre, trifluoruro de nitrógeno, éteres halogenados, halocarbonos, mezclas de estos gases y otros gases identificadas por el IPCC (Intergubernamental Panel on Climate Change) y designados por la Semarnat.

El RENE emite anualmente un factor de emisión para el cálculo de emisiones indirectas por consumo de electricidad, con el cual se puede calcular la cantidad de CO₂ que se emite al medio ambiente.

Este año (2017) su valor es de:

0.454 toneladas de CO₂ / MWh

Dicho de otro modo, cada que se enciende un foco, motor, televisión o cualquier aparato que consuma energía eléctrica (Carga eléctrica), en las estaciones generadoras se debe aumentar la producción de electricidad, por lo que se debe quemar más combustóleo. Entre mas carga se deba alimentar, mas combustóleo se quema. Es por ello que el factor de emisión, esta relacionado directamente con la potencia eléctrica ($P=VI$, donde V=voltaje, I=Corriente, P=Potencia) que esta dada en Whatts.

Hipótesis

La reducción de carga eléctrica conectada en el TESCOI, y las buenas costumbres de su uso, resultarán en la disminución de monto facturado mensualmente e indirectamente en la disminución de emisiones de CO₂, que el TESCOI genera.

Planteamiento del problema

Con base en el método de la ruta crítica (CPM), Figura 2, se plantea el proceso de desarrollo del proyecto.



Figura 2 Método de la ruta crítica. CPM

Planificación: Una vez establecida la necesidad de reducir el consumo de energía, se realizan los siguientes pasos:

1. Identificar el rubro de energía que se debe controlar, se toman en cuenta, gasolina, diesel, gas, y electricidad. Con base en la facturación mensual, se identifica que; gasolina, diesel y gas generan el 20% de gasto total de energía, y la electricidad el 80% (para ello se análisis en consumo de energía realizando un análisis dimensional y convirtiendo todo a KJ), por lo que se decide solo concentrar los esfuerzos en la energía eléctrica.

2. Con la energía a controlar identificada, se procede a identificar los puntos en donde se realiza el mayor gasto, por lo que se hace un inventario de carga conectada.
3. De la carga conectada se identifica cual carga es la que mayor consume.
4. Se hace el estudio para reducir carga de iluminación sin afectar el servicio, mediante luxometría.

Notificación

1. Se analiza el gasto que esto genera, y se notifica a las autoridades, recibiendo la aprobación del proyecto.

Control y monitoreo, análisis y reporte.

1. Se monitorea el avance y se reportan los resultados. Los cuales se presentan a continuación, tomando en cuenta los consumos de los años 2015 y 2016.

Desarrollo e implementación

La infraestructura, consta de 10 edificios de 2 plantas, una cafetería y un almacén. Además cuenta con un estacionamiento amplio con capacidad para 500 automóviles, áreas deportivas, estadio de futbol, una purificadora de agua. De los 10 edificios, se dividen en, un centro de cómputo, dos edificios administrativos, una biblioteca y seis edificios de aulas, cada uno con 13 salones, 6 baños, oficina y auditorio.

Para el suministro de energía se tiene una tarifa OM, la cual es definida por CFE como, tarifa ordinaria para servicio general de media tensión, con demanda menos a 100W, y una capacidad contratada de 63kWatts.

La cual llega a un transformador de 112kVA, estando otros tres transformadores de 300KVA, 300KVA y 225KVA, respectivamente, conectados en anillo.

CFE sugiere los siguientes pasos para el aprovechamiento óptimo de la energía eléctrica, ahorro, optimización, implementación de nuevas tecnologías, implementación de energías renovables.

Se plantea como meta, disminuir la carga conectada y el consumo en KWh, de todo el tecnológico, medible e identificable, en los niveles de facturación.

Se presentan los pasos realizados para identificar la carga conectada, después la identificación del tipo de carga predominante, con base en este resultado, se describen los pasos realizados para disminuir la carga, siguiendo con la concientización y buenas prácticas, por último, el análisis de resultados, basados en la facturación y niveles de consumo, concluyendo con el cálculo de toneladas de CO₂ generadas indirectamente, presentando la disminución lograda durante los años 2015 y 2016, todos los datos presentados corresponden a los dos años citados.

Análisis de la carga conectada

Se realizó un recorrido por todas las instalaciones identificando la carga conectada en cada uno de los edificios e instalaciones tales como, centro de copiado, comedor, áreas comunes, estadio, módulos de información y cafetería.

De los datos obtenidos mediante las observaciones realizadas, se obtuvieron los siguientes:

Infraestructura	Carga conectada (A)	Potencia Conectada (W)
A	289 A	35kW
Purificadora	140 A	14kW
B	289 A	35kW
C	290 A	36kW
D	287 A	34kW
E	300 A	36 Kw
F	267 A	34kW
Vinculación	362 A	43 Kw
Computo	2 kan	204 Kw
Isla informativa TESCO	14 A	2 Kw
Casetas de vigilancia	14 A	1.6kW
Externos	300 A	37 Kw
Cafetería	200 A	20 Kw
Biblioteca	300 A	38 Kw
Taller de electrónica y laboratorios	647 A	77.6 Kw
Total	5 KA	648 Kw

Tabla 1 Carga conectada

Lo primero que se puede apreciar en esta tabla es que la carga total conectada es de 648 Kw, que comparado con la carga contratada con CFE que es de 63kW, se supera en 10 veces esta medida. Lo cual indica que aun cuando el TESCO no tenga encendidos todos los aparatos al mismo tiempo, el consumo mensual siempre estará por encima de este valor. La consecuencia inmediata por parte de la compañía suministradora de energía es que incrementa el valor del multiplicador (Factor para establecer una base de cobro), estando en este momento en 240, cuando normalmente debe ser de 60.

Esto indica claramente que una de las primeras acciones que se deben seguir es la disminución de la carga conectada.

En el estudio de carga conectada se identifica que la iluminación representa el 43% del total.

Pasos realizados para disminuir la carga conectada relacionada con la iluminación

Garantizar la calidad del servicio

Disminuir la carga conectada referida a iluminación, significa quitar lámparas, pero se debe garantizar la calidad del servicio, para lograr esto, se deben garantizar ciertos niveles de iluminación. Los niveles de iluminación, están dictados por la Secretaria del Trabajo y previsión social en la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, indica que en espacios de trabajo como salones, oficinas y laboratorios, donde se requiere una distinción moderada de detalles, se requieren 300 luxes en los niveles mínimos de iluminación y en pasillos un mínimo de 50 luxes.

Con base en los niveles mínimos se realizó un estudio de Luxometría, en cada salón y oficina del TESCI, demostrando que estaban muy por encima de los valores necesarios, en algunos casos se llegaban hasta a 1200 luxes.

En conclusión, las luminarias estaban sobradas, y se podía disminuir la carga conectada sin afectar la calidad del servicio.

Cálculo del número de luminarias por área de trabajo

Para calcular el número de luminarias por cada espacio de trabajo se utilizó el Método de los Lúmenes, también denominado, Sistema General o Método del Factor de utilización, este método da como resultado, la cantidad y distribución de luminarias que deben instalarse en un espacio de trabajo.

Se presenta en la figura 3, un ejemplo del cálculo realizado.

Norma Europea UNE EN12464-1:2003, y NOM-025-STPS--2008			
Modelo lámpara	FB32T8/6 25W ADV841 XEW	Flujo luminoso	2400 lúmenes
SALON 101.			
Índice del local:	$k=(a \cdot b)/h(a+b)$		1.53
Coeficientes de reflexión			
Techo acústico blanco	0.5-0.65	Cu=	0.85
Paredes	0.5-0.75	Cm=	0.6
Suelo blanco	0.70-0.85	Flujo Luminoso=	35,858.12
Altura luminaria:	2.55	m	
altura de trabajo:	1.29	m	
Ancho a:	7.38	m	
Largo b:	8.26	m	
Superficie=	60.96	m ²	
Numero de luminarias	9		
		Redondeo	
Numero a lo ancho	2.583516755		3
Numero a lo largo	2.891578374		3
Comprobación			
Em		300	CUMPLE

Figura 3 Calculo de luminarias por salón

Se realizó el mismo estudio para todos los edificios del instituto, y posteriormente se llevo a cabo.

Como complemento a la disminución de luminarias, se separó la carga, poniendo apagadores por secciones pequeñas, en cada salón, y pasillo, así como poner apagadores en los baños.

Concientización y buenas prácticas

Se debe tener en cuenta que reducir carga conectada, no da resultados de disminución de consumo por si solo. Es decir, el tiempo que un foco esta encendido, es tan importante como los watts que consume.

De lo anterior se deduce que se debe concientizar a los alumnos, personal docente y administrativo a que las luces se apaguen.

Estas acciones se realizaron en tres fases, concientizar, mediante carteles en cada pasillo y salón, conferencias, donde se explica el impacto de reducir el consumo de energía eléctrica, tanto al medio ambiente como a la facturación, y la tercera con un concurso de video donde expongan las mejores prácticas de ahorro de energía.

Resultados

Con base en los datos, que proporciona CFE en sus recibos de luz, se puede saber el nivel de consumo en KWh, por cada mes.

Estos datos se muestran en la Tabla 2.

	Consumo de energía eléctrica en KWH			Emisión de CO2, al medio ambiente. Factor=0.454. En tCo2		
	Año 2015	Año 2016	Diferencia	Año 2015	Año 2016	Reducción
enero	43,320.00	40,320.00	3,000.00	19.67	18.31	1.36
Feb.	47,760.00	46,800.00	960.00	21.68	21.25	0.44
marzo	47,520.00	43,680.00	3,840.00	21.57	19.83	1.74
Abril	51,840.00	47,280.00	4,560.00	23.54	21.47	2.07
mayo	51,120.00	52,080.00	960.00	23.21	23.64	0.44
junio	54,720.00	47,280.00	7,440.00	24.84	21.47	3.38
Julio	52,800.00	43,440.00	9,360.00	23.97	19.72	4.25
agosto	45,120.00	39,600.00	5,520.00	20.48	17.98	2.51
Sept	48,480.00	36,960.00	11,520.00	22.01	16.78	5.23
Oct	53,040.00	50,880.00	2,160.00	24.08	23.10	0.98
Nov	60,240.00	48,000.00	12,240.00	27.35	21.79	5.56
Dic	52,080.00	46,800.00	5,280.00	23.64	21.25	2.40
Total	608,040.00	543,120.00	64,920.00	276.05	246.58	29.47

Tabla 2 Consumo en KWh y emisión de tCO₂

En los resultados obtenidos se puede apreciar que hubo una reducción de consumo total de 64,920 KWh, lo que signifioco dejar de emitir 29.47 tCO₂ al medio ambiente.

En el Gráfico 1, se aprecia la reducción tanto en KWh, primera grafica, como la disminución en las emisiones de CO₂, segunda grafica.

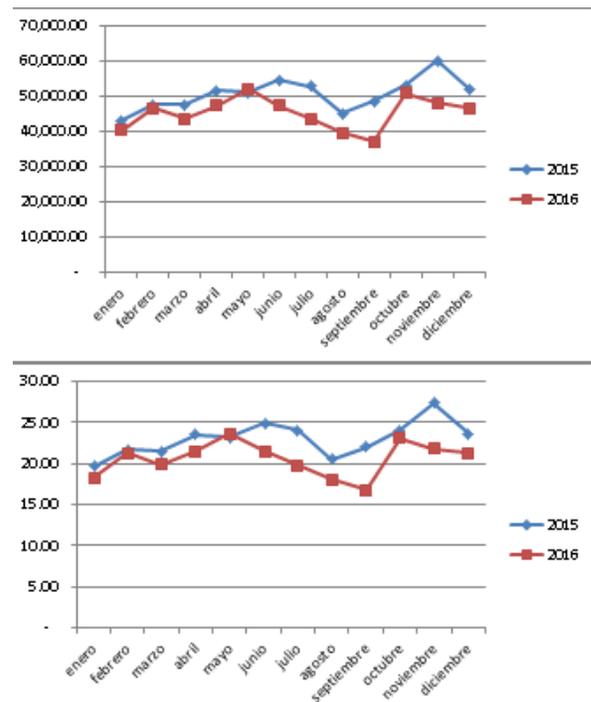


Gráfico 1 Reducción en consumo de KWh y de emisiones de CO₂

Agradecimiento

Agradezco al Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, por permitirme realizar las acciones que poco a poco nos llevan a lograr los resultados planeados en el inicio del proyecto.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que la reducción de carga conectada, aunada a las buenas prácticas, nos permite reducir el consumo de energía y de forma indirecta las emisiones de CO₂ al medio ambiente.

En cada edificio se redujo entre un 20% y un 35% de las luminarias conectadas, además de que se secciono en pequeñas áreas, controladas por apagadores.

Pequeñas acciones, como quitar carga conectada, poner apagadores, y concientizar a las personas en el buen uso de la electricidad, ha dado resultados alentadores. 29.47 toneladas menos de CO₂ en el aire.

Referencias

FIDE. (2008). Energía Guanajuato. Recuperado el 11 de febrero de 2014, de http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/formulario/Memorias2009/Panel_Programas_Exitosos/Proyectos_Exitosos_de_Ahorro_Eficiencia_Energetica.pdf

Abonza, C. J. (Junio de 2008). Sistema de supervisión, control y adquisición de datos para el ahorro de energía". Recuperado el 11 de 07 de 2017, de <http://www.saber.cic.ipn.mx/cake/SABERSvn/trunk/Repositorios/webVerArchivo/416/2>
CFE. Página oficial CFE. Recuperado el 10 de 02 de 2017, de <http://www.cfe.gob.mx/paginas/home.aspx>

Fernández, J. L. (02 de 2013). Ahorrar dinero con una iluminación mejor. Recuperado el 11 de 07 de 2017, de http://www.scp-centre.org/fileadmin/content/files/project/mexico_university/UNAM_lay_es-end.pdf

FIDE. (5 de 02 de 2014). Página principal de FIDE. Recuperado el 10 de 06 de 2017, de <http://www.fide.org.mx/index.php>

Landeros, L. (2006). Proyecto para el ahorro de energía. Recuperado el 11 de 2 de 2017, de <http://es.scribd.com/doc/94426324/ahorro-de-energia>

Luminotecnia. (Cabanes, 1995). Recuperado el 11 de 2 de 2017, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/art%20C3%ADculo%20docente%20C3%A1lculo%20m%20A9todo%20de%20los%20l%C3%BAmenes.pdf>

Nota técnica No. 27726 INCAE Business School.: "El papel de la energía en el desarrollo sostenible: Hechos y asuntos fundamentales".

NOM-025. Recuperado el 10 de 02 de 2017, de <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-025.pdf>

Manuales de Energía Renovables/Biomás. PNUD,GEF,BUN.CA. San José, Costa Rica. Septiembre 2002.

CEI/IEC-61000-4-30:2003 "Testing and measurement techniques- Power quality measurement methods.

UN-EN-50160:1999 "Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución".
www.cfe.gob.mx

Evaluación de la remediación del suelo contaminado con aceite crudo utilizando microorganismos de montaña

SANDOVAL-REYES, Francisca*†, CORTÉZ-PÉREZ, Yuliana, REYES-RESENDIZ, Liliana y HERNÁNDEZ-ROMERO, Israel

Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Químicas Campus Poza Rica-Tuxpan

Recibido Octubre 6, 2017; Aceptado Noviembre 14, 2017

Resumen

El presente estudio busca evaluar la remediación del suelo contaminado con aceite crudo, utilizando microorganismos de montaña. La metodología aplicada consiste en evaluar las propiedades fisicoquímicas del suelo en campo: nitratos, pH y determinación de grasas y aceites; utilizando espectrofotómetro Hach DR2010, potenciómetro Orion y el método Soxhlet respectivamente antes y después del tratamiento con los microorganismos de montaña, se evaluó dos muestras de suelo de 10 y 20 ppm de aceite en un periodo de 60 días. Los resultados obtenidos en la primera muestra de 10 ppm se obtuvo una concentración final del 8.2 ppm por lo tanto se degradó 18% de aceite, para la segunda muestra de 20 ppm se obtuvo una concentración final de 13.1 ppm dando como resultado una degradación del 34.5% del aceite en suelo., en cuanto la concentración de nitratos incremento la concentración de 2.7 a 3.5 mientras que el pH disminuyó de 9.26 a 8.32 Por lo que se concluye que la presencia de microorganismos de montaña son un conjunto de microorganismos (hongos, levaduras y bacterias) que además de nutrir el suelo contribuye con la degradación de hidrocarburos pudiendo este ser utilizado para la remediación cuando son impactados por grasas y aceites.

Microorganismos de montaña (MM), hidrocarburo, composición, degradación

Abstract

The present study aims to evaluate the remediation of soil contaminated with hydrocarbon for agricultural production using mountain microorganisms. The physicochemical properties of the uncontaminated and contaminated soil (nitrates, phosphates, pH and determination of fats and oils by the Soxhlet method) were determined before and after treatment with the mountain microorganisms. The differences in the characteristics of both types of soils were evident. In the first sample, an initial concentration of 10 ppm was obtained with a final counterpoint of 8.2 ppm, thus 18% of the hydrocarbon was degraded for the second sample, with an initial concentration of 20 ppm of hydrocarbon and for the final concentration 13.1 ppm, resulted in a degradation of 34.5% total in the sample studied. As the concentration of nitrates increased the concentration of 2.7 to 3.5 while the pH decreased from 9.26 to 8.32. It is concluded that the presence of mountain microorganisms are a set of microorganisms (fungi, yeasts and bacteria) that besides nourishing the soil contributes to the degradation of hydrocarbons and this can be used for remediation when impacted by fats and oils.

Mountain microorganisms (MM), hydrocarbon, composition, degradation

Citación: SANDOVAL-REYES, Francisca, CORTÉZ-PÉREZ, Yuliana, REYES-RESENDIZ, Liliana y HERNÁNDEZ-ROMERO, Israel. Evaluación de la remediación del suelo contaminado con aceite crudo utilizando microorganismos de montaña. Revista de Sistemas Experimentales 2017, 4-13: 25-32

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: sanrey_10@hotmail.com)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Actualmente el suelo agrícola es impactado negativamente no solo al recibir fertilizantes, pesticidas y otros productos químicos periódicamente, además se ve afectado por los derrames de hidrocarburo, que a pesar de los beneficios que tiene esta industria en la vida del ser humano como fuente económica en el país, suele dañar el suelo haciéndolo infértil y con esto provocando pérdidas económicas a los agricultores o dueños de los predios.

Los hidrocarburos afectan severamente las propiedades físicas y químicas del suelo, como la textura, el pH, su permeabilidad, la pérdida de capacidad de soporte de crecimiento vegetal entre muchas otras. Para limpiar las zonas afectadas con hidrocarburos existen diferentes tipos de tratamientos, físicos, químicos y biológicos, siendo estos últimos ambientalmente seguros y económicamente accesibles a la hora de realizar tratamientos de bioremediación de hidrocarburos.

Una alternativa es el uso de los microorganismos de montaña (MM), que son una mezcla diversa de microbiología proveniente de ecosistemas poco o nada perturbados, que inoculados ayudan a mejorar suelos que han sido afectados con hidrocarburos. Con esto se busca beneficiar a los agricultores ubicados en zonas donde sus suelos hayan sido contaminados con estos tóxicos.

Con este proyecto lo que se busca es utilizar una alternativa de bajo costo y de fácil aplicación, como lo es el estudio de Microorganismos de Montaña (MM), que son organismos beneficiosos para el suelo ya que contienen levaduras, bacterias fotosintéticas y bacterias ácido lácticas. Este tipo de microorganismos ayudan a mejorar la calidad del suelo, al aportar los nutrientes que éste necesita y a su vez degradar contaminantes.

La técnica de los MM fue utilizada por primera vez en la Universidad de Ryukus, Okinawa, Japón por el Doctor Teruo Higa quien desarrolló las múltiples aplicaciones en la agricultura como promotor del crecimiento de las plantas y supresor de enfermedades en la ganadería. En el presente trabajo se evalúa la actividad de los Microorganismos de Montaña (MM) en la remediación del suelo agrícola contaminado con hidrocarburos, y demostrar que el uso de Microorganismos de Montaña (MM) pueden devolver las características fisicoquímicas necesarias para la producción agrícola; además de contribuir con un proyecto que es fácil y económico de aplicar por los propios campesinos siendo un proyecto sustentable.

Hipótesis

La actividad de los Microorganismos de Montaña (MM) favorece la remediación de las propiedades fisicoquímicas del suelo agrícola contaminado por hidrocarburos.

Marco teorico

Microorganismos de montaña

El concepto de microorganismos eficientes (EM) o microorganismos de montaña fue desarrollado por el profesor Teruo Higa, en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón (Higa, 1991; y Widiadana, 1991).

El profesor Higa inició el desarrollo de los MM en 1968 y fue hasta 1982 que este producto se volvió más desarrollado. “Los MM surgieron como una alternativa en cuanto al uso de agroquímicos. Actualmente su uso se ha extendido a aplicaciones en los campos de medio ambiente, industria y salud” (Higa y Wood, 2009)

Los microorganismos de montaña consisten en una mezcla de microorganismos beneficiosos, que pueden ser aplicados como inoculantes para incrementar la diversidad microbiana de los suelos y plantas. Contienen una mezcla de tres microorganismos principales (levaduras, bacterias fotosintéticas y bacterias ácido lácticas). Como Almánzar (2012) nos describe cada microorganismo como:

Levaduras: Degradan proteínas complejas y carbohidratos. Producen sustancias bioactivas (vitaminas, hormonas, enzimas) que pueden estimular el crecimiento y actividad de otras especies, así como de plantas superiores.

Las levaduras son importantes por su capacidad para realizar la descomposición mediante fermentación (predominantemente alcohólica) de diversos compuestos orgánicos, principalmente los azúcares o hidratos de carbono, produciendo distintas sustancias.

La fermentación es una forma de obtener energía mediante el metabolismo sencillo de azúcares, en el que se descompone en otras sustancias más sencillas y dióxido de carbono en forma de gas. Díaz-Plascencia (2011).

De acuerdo con la investigación del Aislamiento e Identificación de bacterias y levaduras resistentes a petróleo por Ismael Acosta Rodríguez de la Universidad autónoma de San Luis Potosí se estudiaron las bacterias *Rhodococcus aetherivorans* y *E. wratislaviensis*, *Streptomyces* spp y *Pseudomonas aeruginosa* sp, las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida albicans* y los hongos filamentosos *Penicillium* sp y *Aspergillus* sp, *Trichoderma asperellum*, con objetivo de la identificación de bacterias tolerantes a petróleo crudo encontrando que todas las bacterias crecen mejor en presencia del hidrocarburo.

Se aislaron 15 bacterias y una levadura resistentes a petróleo, con el potencial para degradarlo. Además en presencia de petróleo crudo como fuente de carbono, presentan una gran actividad de alcohol oxidasa, la cual puede utilizar metanol, etanol y petróleo crudo como sustratos, por lo cual pueden utilizarse para eliminar el hidrocarburo presente en aguas y suelos contaminados.

Bacterias fotosintéticas: Pueden fijar el Nitrógeno atmosférico y el bióxido de Carbono en moléculas orgánicas tales como aminoácidos y carbohidratos, también sintetizan sustancias bioactivas. Llevan a cabo una fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere nutrimentos, carbohidratos, aminoácidos, sin necesidad de la luz solar, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas del día.

Las bacterias ácido lácticas: Las bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus*) producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por las bacterias fotosintéticas y las levaduras. El ácido láctico, como agente altamente esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa y acelera la transformación de la materia orgánica.

Un estudio realizado en Costa Rica por Castro, Murillo, Uribe y Mata Chinchilla (2012) acerca de "*Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* y MM", obtuvieron un mayor crecimiento vegetativo además de una gran cantidad de fósforo, magnesio y potasio, con este artículo se puede reforzar que la utilización de MM ayuda al suelo brindándole una gran cantidad de nutrientes.

En el artículo de “*Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios*” de Sánchez, Hernández & Ruz (2011) mencionan que los efectos de los microorganismos en el suelo están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas y biológicas y en la supresión de enfermedades. Entre estos, según Correa (2008), se pueden mencionar:

Efectos en las condiciones físicas del suelo: mejoran la estructura y la agregación de las partículas del suelo, reducen su compactación, incrementan los espacios porosos y mejoran la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego; los suelos son capaces de absorber 24 veces más el agua proveniente de la lluvia y se evita la erosión por el arrastre de las partículas.

Efectos en la microbiología del suelo: suprimen o controlan las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo; incrementan la biodiversidad microbiana, lo que genera las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

En el artículo “*Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (Lycopersicon esculentum, Mill)*” de Terry, Leyva y Hernández (2005) hacen mención de la capacidad que tienen los MM para nutrir no solo el suelo, además de ayudar como plaguicida en las plantas, suprimen enfermedades de las plantas, tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, y descomponen con mayor facilidad residuos orgánicos.

En este artículo “*Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios*” Sánchez, Hernández, & Ruz (2011) nos dicen que al usar Microorganismos incrementan las cosechas y mejoran las propiedades del suelo, a diferencia de los fertilizantes químicos que reducen la productividad de la tierra.

Hábitat

De acuerdo con Ramos, F (2016) para que la acción de los microorganismos sea eficiente se debe conocer los requerimientos ambientales, entre ellos se consideran la humedad, temperatura y pH. Existe mayor diversidad de microorganismos en ambientes de pH neutro entre valores de 6 a 8 y con temperaturas entre 15 y 45°C. La reproducción o inoculación de MM se realiza bajo fermentación anaeróbica.

Importancia

Los microorganismos eficientes, como inoculante microbiano, reestablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección; además conserva los recursos naturales, generando una agricultura sostenible

Contaminación por aceites

Los aceites usados vertidos en suelos producen la destrucción del humus y contaminación de aguas superficiales y subterráneas. La eliminación por Vertido de los aceites usados, origina graves problemas de contaminación de tierras, ríos y mares. En efecto, los hidrocarburos saturados que contiene el aceite usado no son degradables biológicamente, recubren las tierras de una película impermeable que destruye el humus vegetal y, por tanto, la fertilidad del suelo.

Los aceites tienen tendencia en acumularse en el entorno, todo aquel aceite que se pierde por las calles, montes, cuando llueve se arrastra a ríos, lagos, acumulándose en sus sedimentos.

Metodología

El enfoque utilizado es el cuantitativo porque es un enfoque que permite conocer de manera clara e imparcial los factores del problema a analizar, puesto que se recogen y analizan de manera objetiva datos a través de diferentes experimentos.

El primer método que se seleccionó fue el comparativo ya que se realizaron las comparaciones de diferentes muestras de suelo agrícola contaminado con aceite adicionados con MM, para analizar las características fisicoquímicas y verificar si hay un mejoramiento en la calidad del suelo agrícola y/o degradación del contaminante en el suelo agrícola contaminado con hidrocarburo.

El segundo método que se utilizó es el cuasi-experimental ya que no se controlan todas las variables, por ejemplo la cantidad exacta de los microorganismos de montaña.

Las técnicas que se utilizaron en el presente proyecto son; la extracción de aceite por el método Soxhlet realizando la destilación con rotavapor marca Yamato, utilizando el espectrofotómetro Hach DR2010 se determinó nitratos, así mismo utilizando el potenciómetro Orion se determinó el pH. En la Figura 1. Se muestra el diagrama de bloques del proceso de la investigación.

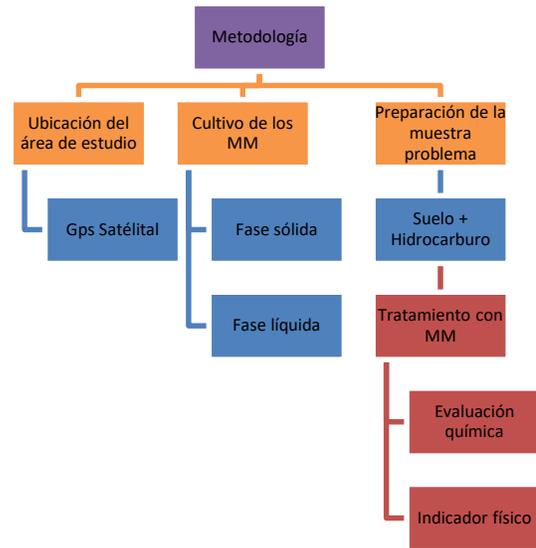


Figura 1 Metodología del proyecto

Ubicación del sitio

Utilizando un posicionador geográfico se ubicó la localidad el Palmar Km.40, carretera Cazones del municipio de Papantla, Veracruz, México con las coordenadas: latitud norte 20°38'39.807" y longitud oeste 97°21'58.76". Figura 2, fue la zona en la que se recolectó hojarasca del suelo, bajo los árboles viejos, su tipo de clima es cálido-subhúmedo según Gómez, D. (2011). Este es el hábitat de los microorganismos de montaña.

Se eligió esta zona ya que gran parte del suelo de la comunidad aún no ha sido contaminado con pesticidas y agroquímicos y cuenta con gran variedad de árboles en donde se pudo encontrar la hojarasca con microorganismos.

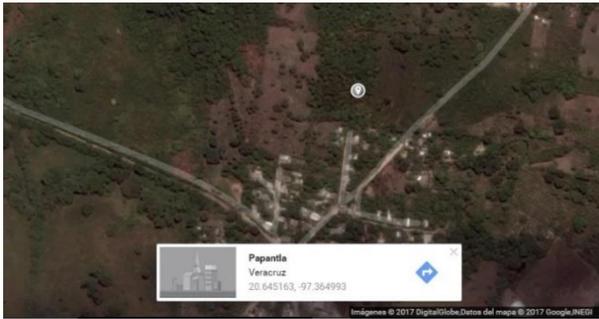


Figura 2 Ubicación del sitio de captura de los MM Palmar Km.40

Fuente: INEGI

Cultivo de microorganismos

Fase sólida

Para la obtención de los microorganismos de montaña se aplicó el protocolo artesanal elaborada por el Dr. Teruo Higa, Ramírez (2012).

Los materiales utilizados para elaborar la fase sólida de los MM se describen en la tabla 1.

Cantidad	Unidad de medida	Producto utilizado
3	Kg	Hojarasca fina del suelo de montaña
3	Kg	Maíz finamente molido
90	mL	Piloncillo líquido
10	mL	Agua
1	Cubeta	Una cubeta con tapa hermética con capacidad de 19 L

Tabla 1 Materiales para elaborar la fase solida de los MM

Fase líquida

Activación de los microorganismos de montaña

Los materiales para la activación de los MM en fase líquida se muestran en la tabla 2:

Muestras	Concentración de aceite crudo (ppm)	componentes
Blanco	0	Suelo sin aceite + MM
M1	10	Suelo + aceite +MM
M2	20	Suelo + aceite +MM

Tabla 2 Materiales para activación de los MM

Preparación de las muestras de suelo para el estudio se indica en la tabla 3.

Cantidad	Unidad de medida	Producto utilizado
750	gr.	MM sólido
1	L.	Piloncillo líquido
7.250	L.	Agua
1		Garrafa con capacidad para 10 L

Tabla 3 Preparación de muestras en estudio

Evaluación química

Transcurridos 60 días del tratamiento al suelo con MM. Se le realiza extracción de grasas y aceites por el método soxhlet, utilizando para la destilación el rotavapor YAMATO, la determinación de nitratos mediante equipo HACH DR2010, la determinación de fosfatos mediante equipo HACH y el pH con el potenciómetro marca Orion

Resultados

Del análisis de los datos, se identificó la evaluación química y se utilizó un indicador físico.

En cuanto a la evaluación química se realizó la extracción de aceites para conocer cuál fue la degradación del aceite en el suelo gráfico 1.

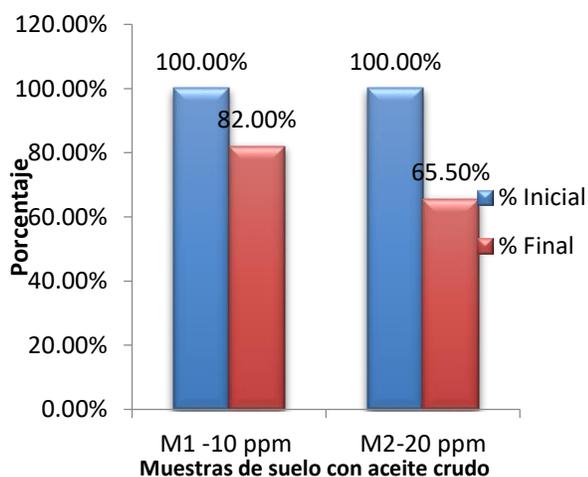
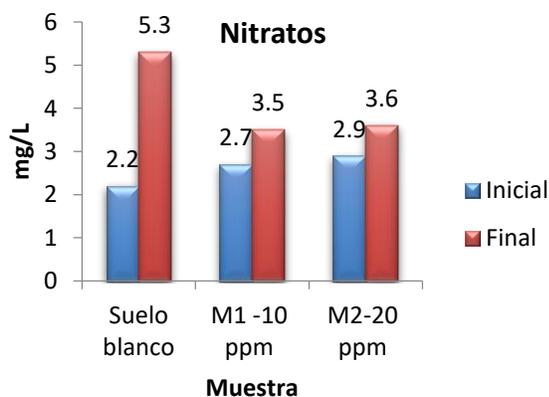


Gráfico 1 Extracción de aceite crudo en suelo

En el gráfico 1 se puede observar la concentración del aceite después del tratamiento con los microorganismos de montaña, se observa que en la primera muestra con 10 ppm se degradó un 18% del aceite en el suelo, mientras que en la segunda muestra la degradación fue de 34.5%, ambas en 60 días con el tratamiento de microorganismos de montaña.

En el gráfico 2 se observa la determinación de nitratos en el equipo HACH DR2010.



Gráficos 2 Determinación de nitratos en el suelo

En el gráfico 2 se observa que la mayor concentración de nitratos se presentó en el blanco, mientras que en la muestra 1 y 2 el incremento fue similar en proporción del suelo sin tratamiento.

En el gráfico 3 se observa las variaciones del pH antes y después del tratamiento.

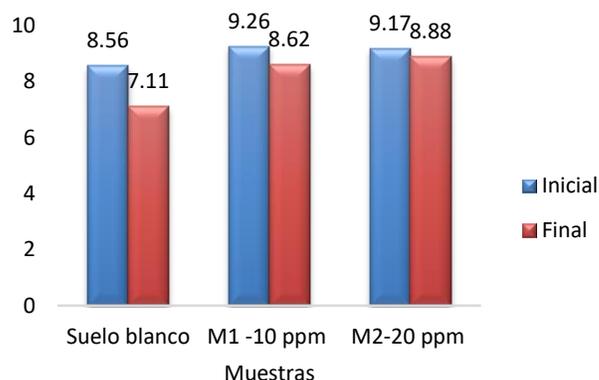


Gráfico 3 Determinación de pH en suelo

De acuerdo con los resultados en la figura 4 se muestra que el tratamiento con microorganismos de montaña disminuyó en la M1 y M2 en similar proporción mientras que en la muestra (blanco) suelo sin aceite crudo con tratamiento de MM disminuyó el pH de 8.6 a 7.11, quedando el suelo cerca del pH de un suelo fértil sin tratamiento establecido en 7.11-7.5.

Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos se concluye que la hipótesis se cumple, ya que al analizar las dos muestras de suelo contaminadas por aceite, se obtuvo en la primera muestra de 10 ppm se degradó 18% de aceite, para la segunda muestra de 20 ppm se obtuvo una concentración final del 34.5% del aceite en suelo.

La concentración de nitratos aumento en las tres muestras, observando mayor incremento en el blanco, lo que confirma que en suelo que no contiene contaminante los MM representan una fuente de nutrientes que hacen más fértil a éste, pudiendo ser una alternativa a utilizar en el campo agrícola como abono orgánico. En las dos muestras de suelo (M1 y M2) la concentración incrementó 0.8 mg/L, con esta investigación se confirma que puede ser utilizado como alternativa sustentable para la remediación de suelos contaminados con aceites.

Los microorganismos de montaña también favorecen a la regulación del pH y al igual que en la concentración de nitratos se ve que en suelo contaminado (M1 y M2) y no (blanco) disminuye acercándose a un pH de 7.11 7.5 recomendado para suelo fértil

Referencias

- Higa, 1991; Higa y Widiadana, 1991^a EM consiste en un cultivo mixto de microorganismos benéficos, de ocurrencia... Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón
- Higa, T., & Wood, M. (2009). Effective microorganisms for sustainable community development. *Cooperation with EM Research Organization, Okinawa, Japan.*
- Acosta Almánzar, H. A. (2012). Microorganismos eficientes de montaña.
- Díaz-Plascencia, D., Rodríguez-Muela, C., Mancillas-Flores, P., Angulo, C., Salvador, F., Ruíz, O., ... & Elías, A. (2011). Desarrollo de un inoculo con diferentes sustratos mediante fermentación sólida sumergida. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 12(1). Colomer
- Barquero, L. C., Roos, M. M., Lorío, L. U., & Chinchilla, R. M. (2015). Inoculación al suelo con *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* y microorganismos de montaña (mm) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 39(3), 21-36.
- Mendoza, F. J., Herrera Prats, L., ROBLES MARTÍNEZ, F., Gallardo Izquierdo, A., & Carlos Alberola, M. (2012). Secado de residuos de jardinería en reactores mediante procesos biológicos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28, 61-67.
- Sánchez, S., Hernández, M., & Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 34(4), 375-392.
- Correa, M. F. (2008). *Evaluación de caracteres PGPR en actinomicetos e interacciones de estas Rizobacterias con hongos formadores de Micorrizas*. Editorial de la Universidad de Granada.
- Alfonso, E. T., Leyva, Á., & Hernández, A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Revista colombiana de Biotecnología*, 7(2), 47-54.
- Ramos, F., & Lesly, M. (2016). Caracterización físico-química del biofertilizante Microorganismos de Montaña (MM) para la Finca Agroecológica Santa Inés, Zamorano, Honduras.
- Gómez, D., & Vásquez, M. (2011). *Abonos orgánicos*. PYMERURAL Y PRONAGRO

Caracterización e Identificación de microorganismos presentes en lombricomposta y lombriz (*Eisenia foetida*)

TORRES-GONZÁLESZ, Adrián*†, RAMOS-PERFECTO, Valentina y HIDALGO-CORTÉS, Marisol

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla, AV. José Luis Martínez Vázquez No. 2000. Jicolapa, Zacatlán, Pue

Recibido Octubre 18, 2017; Aceptado Noviembre 23, 2017

Resumen

La generación de sustratos de origen orgánico, para su aplicación en la agricultura es de vital importancia, permitiendo beneficios como el incremento y la diversidad de microorganismos, ya que estos proporcionan carbono para la generación y la formación de estructuras orgánicas y nitrógeno para la síntesis de proteínas, además de otros elementos. Así como un aumento en la fauna del suelo sobre todo en lombrices de tierra el objetivo del presente trabajo es identificar mediante tinción gram la flora que se presenta tanto en lombricomposta como en las lombrices, para ello se llevo a cabo la siguiente metodología: se utilizaron muestras de lombricomposta y de estómagos de lombrices para el aislamiento de los microorganismos y posteriormente se fijaron en un portaobjetos para su tinción (tinción gram). Los resultados que se obtuvieron son los siguientes, en ambas muestras se encontraron cepas bacterianas gram positivas, que presentaban forma bacilar, organizadas en forma de cadena corta, dichas cepas pertenecen al genero *Bacillus sp.* En conclusión la presencia de *Bacillus sp.* en la lombricomposta hace mas eficiente la generación de los macronutrientes Nitrogeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K), los cuales son elementos primordiales en la nutrición vegetal.

***Bacillus sp.*, lombricomposta, proteínas**

Abstract

The generation of substrates of organic origin for their application in agriculture is of vital importance, allowing benefits such as the increase and diversity of microorganisms, since they provide carbon for the generation and formation of organic structures and nitrogen for the synthesis of Proteins, in addition to other elements. As well as an increase in the fauna of the soil, especially in earthworms, the objective of the present work is to identify by gram staining the flora that is presented both in vermicompost and in earthworms, for which the following methodology was carried out: Samples of vermicompost and worms' stomachs for the isolation of the microorganisms and were subsequently fixed on a slide for staining (gram staining). The results obtained were as follows, in both samples were found gram positive bacterial strains, which presented bacillary form, organized in short chain form, these strains belong to the genus *Bacillus sp.* In conclusion the presence of *Bacillus* in the vermicompost makes it more efficient the generation Nitrogen (N), Phosphorus (P) and Potassium (K), which are primordial elements in plant nutrition.

***Bacillus sp.*, Vermicompost, proteins**

Citación: TORRES-GONZÁLESZ, Adrián, RAMOS-PERFECTO, Valentina y HIDALGO-CORTÉS, Marisol. Caracterización e Identificación de microorganismos presentes en lombricomposta y lombriz (*Eisenia foetida*). Revista de Sistemas Experimentales 2017, 4-13: 33-37

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: adrian_tg5@hotmail.com)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La contaminación que se ocasiona por una mala disposición de los residuos orgánicos representa un riesgo para la salud pública que puede ser evitado si, desde la fuente de generación, los residuos son procesados de manera adecuada para la obtención de un producto comercializable. Aunque la técnica de saneamiento conocida como composteo ha ganado popularidad en los años recientes, y hay diversas formas para elaborarla, aún es percibida por muchos como algo molesto, sucio o complicado (Aranda, 2004).

Una de estas metodologías es La lombricultura hoy en día es una actividad alternativa en la agropecuaria, que se rige por normas similares a las utilizadas para la producción de cualquier animal doméstico (Paco Gabriel 2012).

La especies mas representativas de lombrices utilizadas para la producción de lombricomposta, son: *Allopora caliginosa*, la cual es útil para la agricultura pero se reproduce escasamente; *Ocasium lacteum*, lombriz parda, que se desarrolla en suelos arenosos y húmedos; *Dendrobaena alpina*, lombriz del lodo, la cual vive asociada a *Eisenia foetida*; *Lombricus terrestres*, este anélido cava galerías muy profundas, prefiere regiones frías y se reproduce poco; *Lumbricus rubellus*, lombriz de los residuos orgánicos, habita tanto en la superficie como en el interior del suelo y por ultimo *Eisenia foetida*, lombriz del estiércol o roja californiana, de gran actividad reproductiva (Compagnoni en Paco Gabriel 2011).

En Mexico la lombricultura en la producción agrícola, inicio su desarrollo en el año de 1980, teniendo el papel principal la lombriz roja californiana, la que revela mejores condiciones para el cautiverio (Ferruzzi 1988, Hernández 1991).

La lombriz roja (*Eisenia* spp.) forma parte de las herramientas biotecnológicas actuales para el reciclaje de desechos orgánicos, obteniéndose como beneficio el vermicompost (abono orgánico) y carne, fuente óptima para la alimentación animal (Ferruzzi en Paco Gabriel 2011). Este anélido caracterizado por ser hermafrodita puede llegar a producir grandes cantidades de lombrices por año, el abono producto de sus deyecciones contiene una gran riqueza bacteriana (2×10^{12} bacterias/g), desarrollando su ciclo biológico en pequeños espacios (50×10^3 cm³ de sustrato), se adapta a un amplio rango de condiciones edafoclimáticas (Flores & Alvira en Paco Gabriel 2011). La lombriz roja (*Eisenia* spp.) se desarrolla bien bajo temperaturas promedio de 30° C (Edwards & Bate 1992, Hernández et al 1997, Hernández & Roa 1998, Hernández et al 2000, Hernández et al 1999, Hernández 1997, Reinecke et al 1992, y en un amplio rango de restos agrícolas, lo que permite utilizarla en condiciones climáticas cálidas para el reciclaje de estiércoles de animales y restos de cosecha para la producción de humus de lombriz y proteína animal con la subsiguiente disminución de la contaminación (Paco Gabriel 2011). La lombricomposta, o compuesto que también se llama abono orgánico el producto que se obtiene del compostaje, y constituye un "grado medio" de descomposición de la materia orgánica, que ya es en sí un buen abono. Se denomina humus al "grado superior" de descomposición de la materia orgánica. El humus supera al compost en cuanto abono, siendo ambos orgánicos. La materia orgánica se descompone por vía aeróbica o por vía anaeróbica. El compost, es obtenido de manera natural por descomposición aeróbica (con oxígeno) de residuos orgánicos como restos vegetales, animales, excrementos y purines por medio de la reproducción masiva de bacterias que están presentes en forma natural en cualquier lugar.

Normalmente se trata de evitar la putrefacción de los residuos orgánicos (por exceso de agua, que impide la aireación-oxigenación y crea condiciones biológicas malolientes), aunque ciertos procesos industriales de compostaje usan la putrefacción por bacterias anaerobias (Aranda, 2004). El compost se usa en agricultura y jardinería como enmienda para el suelo aunque también se usa en paisajismo, control de la erosión, recubrimientos y recuperación de suelos. El compost implica una solución estratégica y ambientalmente aceptable a la problemática planteada por las grandes concentraciones urbanas y las explotaciones agrícolas, forestales y ganaderas, cuyos residuos orgánicos deben ser tratados. El compostaje es una tecnología alternativa a otras que no siempre son respetuosas a los recursos naturales y al medio ambiente y que tienen un costo elevado (Aranda, 2004).

Por lo anterior citado en el presente trabajo Se estudian las características y el aislamiento de microorganismos que se encuentran en la lombricomposta y en el estomago de las lombrices, con las especificaciones del objeto de estudio se determinan el género de las bacterias y factores que favorecen la degradación del sustrato.

Hipotesis

Al conocer la caracterización e identificación de microorganismos, se podrá determinar la influencia de este en el metabolismo de *Eisenia foetida*

Planteamiento del problema

El lombricompostaje es un proceso biooxidativo que da lugar a un producto orgánico altamente estable. Se puede definir como la mineralización y humificación parcial de las sustancias orgánicas mediante reacciones microbianas.

Estas reacciones se realizan bajo condiciones óptimas durante un periodo determinado y relativamente corto. La transformación microbiana de la fracción orgánica es una oxidación aerobia, de forma que la relación superficie/volumen de las partículas y la relación aire/agua en el espacio entre partículas, tiene una influencia directa en el proceso. Los procesos modernos de compostaje se realizan a intervalos de temperatura mesófilos y termófilos, aunque se considera que los microorganismos mesófilos son más eficaces para la descomposición de la materia orgánica, las temperaturas más altas favorecen la eliminación de potenciales patógenos vegetales y animales y la muerte de semillas de malas hierbas que podrían ser perjudiciales en el uso posterior del producto final, debido a esto es de vital importancia el aislamiento y la caracterización e identificación microscópica, con el objetivo de que la lombricomposta tenga características finales de acuerdo a la normatividad.

Metodología

Se llevo a cabo la elaboración de una cama en donde se comenzó a cultivar la lombriz por un lapso de tres meses, la cual se mantuvo húmeda, mediante el roseado de agua (Figura 1).



Figura 1 Crecimiento de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*)

Una vez que se termino el proceso de crecimiento de la lombriz se inicio con la elaboración de los medios de cultivo (Agar enriquecido) para el aislamiento y crecimiento de los microorganismos que provenían tanto de la lombricomposta como del estomago de la lombriz (Figura 2). (Cazado 2012)



Figura 2 Obtención de la muestra para análisis microbiológico

Por ultimo con la aplicación de la tinción gram se definio el tipo de microorganismo y su morfología.

Resultados

De acuerdo a la tinción Gram, el tipo de microorganismo que se aislo del estomago de la lombriz y de la lombricomposta es correspondiente al genero *Bacillus* (Figura 3 y 4)

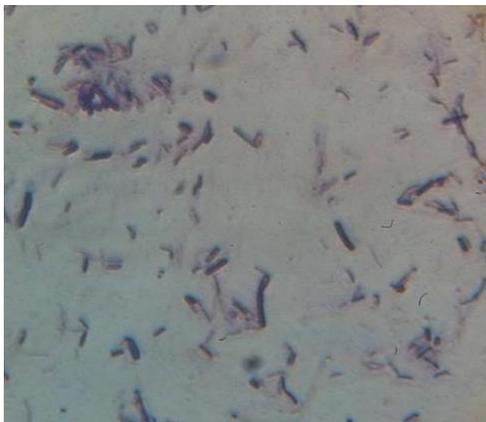


Figura 3 Tinción Gram de los microorganismos del estomago de la lombriz

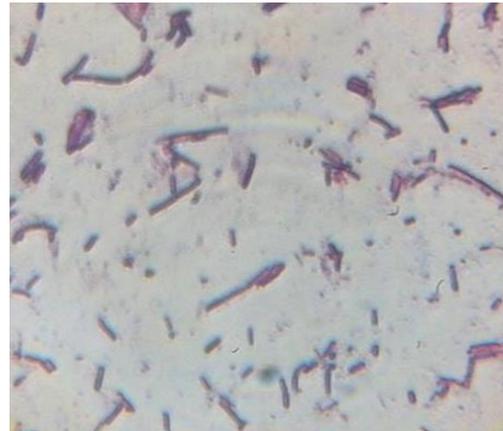


Figura 4 Tinción Gram de los microorganismos de la lombricomposta, pertenecientes al genero *Bacillus*

Agradecimiento

Al Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla, por que el presente proyecto se llevo a cabo en sus instalaciones.

Conclusiones

De acuerdo a los ensayos microbiológicos el microorganismo que se aislo, pertenece al género *Bacillus firmus* indicando como bacteria Gram positiva considerada como rizobacteria.

De acuerdo con la NMX-FF109-SCFI-2008 que enumera las especificaciones y metodos de prueba para HUMUS DE LOMBRIZ (LOMBRICOMPOSTA), la que obtuvimos en el presente proyecto alcanzo fase termofilica, lo cual indica que esta dentro de los limites maximos permisibles. Aplicando la NOM-004-SEMARNAT-2002 que describe las especificaciones y limites maximos permisibles de contaminantes para el aprovechamiento y disposicion de lodos y biosolidos, ya que de forma contraria la composta sin fase termofilica solo se podria dar uso forestal o para el mejoramiento de suelos, sin que haya contacto directo, en este caso es viable para su aplicación en todo tipo de cultivo.

Referencias

Aranda, D. E. 2001. El lombricompostaje, un eco tecnología para convertir los desechos orgánicos en abonos mejoradores de la fertilidad. Pag.247-252.

Aranda, D, E. 2003. El cultivo de lombrices una solución ecológica sencilla y eficiente para producir abono con nuestra basura orgánica doméstica. Reducción de reciclaje de residuos sólidos. Pag.257-268.

Aranda, D, E. 2004. La importancia de la lombricultura en el sistema de producción de café orgánico. Pag.54-71.

Concepción Cazado G. 2012. Medios de cultivo en el laboratorio de microbiología. México.

NMX-FF-109-SCFI-2008. Humus de lombriz (LOMBRICOMPOSTA), Especificaciones y métodos de prueba.

NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

Evaluación técnico-económica de reactores químicos homogéneos usando la herramienta computacional Excel

VÁZQUEZ, Rubén*†, ARRIAGA, Ma. Juana, ALCÁNTARA, Ma. Del Consuelo' y MOZALVO, Filemón

Instituto Tecnológico de Pachuca, Felipe Angeles Km. 84.5, Venta Prieta, 42083 Pachuca de Soto, Hgo., México
'Instituto Tecnológico de Querétaro, Av. Tecnológico s/n, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Qro., México

Recibido Octubre 10, 2017; Aceptado Noviembre 17, 2017

Resumen

La facilidad en el uso y accesibilidad de la herramienta computacional Excel, posibilita ser empleada en diferentes campos de la ingeniería. En este trabajo se presenta el análisis de diferentes tipos de reactores químicos homogéneos mediante métodos numéricos, implementados en Excel, para comparar su desempeño tanto operativo como económico. Se estableció un caso de estudio para una reacción química, con sus características termodinámicas y cinéticas, llevando a cabo esta reacción en diferentes tipos de reactores químicos homogéneos. Se emplearon los métodos Runge-Kutta de cuarto orden y Euler para analizar el comportamiento molar, cinético y termodinámico de cada uno de los reactores químicos estudiados. Posteriormente, se evaluaron económicamente estos reactores implicando costos de inversión y de operación, con lo cual se hace el comparativo global. Con el uso de la herramienta Excel se analizaron diferentes variantes al caso base, fortaleciendo su versatilidad mediante diferentes escenarios de resultados. Diversas son las áreas del conocimiento que se aplican: cinética química, termodinámica, métodos numéricos, diseño de equipo y costos, incidiendo todas ellas en el razonamiento del comportamiento fenomenológico de los reactores químicos, contribuyendo con esto a que estudiantes y profesionales de ingeniería química refuercen su conocimiento sobre ingeniería de reactores

Abstract

The ease in using and accessibility of the computational tool Excel, allows it to be used in different engineering fields. In this work, it is presented the analysis of different types of homogeneous chemical reactors through the use of numerical methods implemented in Excel, to compare their performance both operative and economical. It was established a study case for a chemical reaction, with its thermodynamics and kinetics characteristics; it is carried out this reaction in different types of homogeneous chemical reactors. The Runge-Kutta fourth order and Euler methods were used to analyze the molar, kinetic and thermodynamic performance of each chemical reactor studied. Later, these reactors were evaluated economically, involving investment and operation costs, wherewith the global comparation is done. With the use of tool Excel, different variants to the base case are analyzed, strengthening its versatility through different results scenarios. Various areas of the knowledge are applied: chemical kinetic, thermodynamics, numerical methods, equipment design and costs, influencing all of them on the reasoning of the phenomenological behavior of the chemical reactors, contributing to students and chemical engineering professionals reinforce their knowledge about reactors engineering.

Reactor, homogeneous, kinetics, numerical methods

Reactor, homogéneo, cinética, métodos numéricos

Citación: VÁZQUEZ, Rubén, ARRIAGA, Ma. Juana, ALCÁNTARA, Ma. Del Consuelo' y MOZALVO, Filemón. Evaluación técnico-económica de reactores químicos homogéneos usando la herramienta computacional Excel. Revista de Sistemas Experimentales 2017, 4-13: 38-49

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: rvazquezz@itpachuca.edu.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Una reacción química es aquella operación unitaria que tiene por objeto distribuir de forma distinta los átomos de ciertas moléculas (reactantes) para formar otras nuevas (productos). El lugar físico donde se llevan a cabo las reacciones químicas se denomina reactor químico, Stephanopoulos (1984).

Los reactores químicos tienen como funciones principales: (1) asegurar el tipo de contacto o modo de fluir de los reactantes en el interior del tanque, para conseguir una mezcla deseada con los materiales reactantes, (2) proporcionar el tiempo suficiente de contacto entre las sustancias y el catalizador, para conseguir la extensión deseada de la reacción y (3) permitir condiciones de presión, temperatura y composición de modo que la reacción tenga lugar en el grado y a la velocidad deseada, atendiendo a los aspectos termodinámicos y cinéticos de la reacción, Peña *et al* (2008).

Las características de no linealidad que presenta el reactor químico, así como su elevado retardo e interacción entre sus entradas y salidas hacen complejo el diseño de su sistema de control. Los objetivos de control son: lograr una conversión adecuada del producto formado, y mantener al sistema operando alrededor de sus condiciones de estado estacionario. Estas condiciones de estado estacionario involucran distintas variables: concentraciones, nivel dentro del tanque, temperaturas, flujos. En este sentido, la conversión se ve reflejada en la concentración del producto, mientras que por otra parte es necesario asegurar, debido a la entrada continua de reactante al tanque, que no se produzca una acumulación tal que el nivel de la mezcla se desborde, Stephanopoulos (1984).

En la ingeniería de la reacción química, la necesidad de conocer el comportamiento de las variables en sistemas dinámicos continuos para su análisis, conduce al desarrollo de programas computacionales que simulen el comportamiento para establecer las condiciones óptimas que den funcionalidad al sistema bajo estudio, debido a que los modelos matemáticos resultantes son un conjunto de ecuaciones diferenciales que relacionan los cambios de variables dependientes con respecto al tiempo, es necesario hacer uso de diferentes métodos de integración numérica, como: Euler, Serie de Taylor, Euler-Gauss, Runge-Kutta de 2° hasta 6° orden, de acuerdo con Almanza *et al* (2016) el método de Runge-Kutta es el más viable de ser empleado por su mayor precisión y exactitud.

En el trabajo de Beltrán *et al* (2016), el modelo matemático se basa en los balances de continuidad, energía y momento del reactor, están en la capacidad de analizar cualquiera de las variables que afectan de manera directa el proceso como son: composición de alimentación, el flujo másico y presión, la temperatura de alimentación se rige por criterios de estabilidad del proceso real, dicho modelo se apoya en ecuaciones constitutivas que complementan de manera significativa el rendimiento del mismo y están provistos con una amplia gama de expresiones cinéticas y termodinámicas.

Indica también que la aplicación de métodos numéricos para la solución del modelo matemático, los cuales se basan en ecuaciones diferenciales, es clave importante, proponiendo al método Runge Kutta-Gill, y varias rutinas iterativas, como el método numérico que más se ajusta a los resultados esperados, implementados en Microsoft Excel como herramienta de programación y diseño.

Ahumada *et al* (2017), llevaron a cabo la comparación entre diferentes soluciones numéricas para un modelo matemático de combustión teórica y la variación de la conductividad del cuesco de palma en un reactor de lecho fijo descendente mediante combinaciones entre los esquemas compactos (EC) de diferencias finitas (DF) de orden 2, 4 y 6 y los métodos de integración de Runge-Kutta (RK) para $n=1,2$ y 4. Los resultados obtenidos mostraron que la aproximación obtenida bajo los EC y el método de integración RK, ambos de orden 4, fueron las más cercanas al punto de referencia analizado.

Builes, S., & Calle, F. mencionan que es posible encontrar en la literatura una gran cantidad de simulaciones hechas con reactores tipo tanque agitado, por ejemplo, el simulador ModelMaker de la empresa Cherwell Scientific Publishing Ltd que emplea un método de Runge Kutta de paso variable como opción predeterminada.

Este artículo presenta la metodología para realizar la evaluación técnica-económica de reactores homogéneos, con ayuda de la herramienta computacional Excel, con enfoque hacia la parte didáctica en esta área de estudio de la Ingeniería Química.

Se toma un caso base para el análisis, lo cual permite comparar el comportamiento de diversos reactores homogéneos.

El uso de la herramienta Excel posibilita el análisis de este tipo de reactores de una manera relativamente sencilla, con la ventaja que esta metodología pueda ser desarrollada y trabajada por los elementos relacionados con esta área del conocimiento.

Para el caso base se considera una reacción homogénea en fase líquida, con análisis en los reactores químicos: (i) Reactor de flujo pistón (PFR, por sus siglas en inglés) multitubular, y (ii) Reactor batch. Los métodos numéricos empleados son Runge-Kutta de cuarto orden (RK-4) y Euler.

Hipótesis

El análisis técnico-económico permitirá determinar el tipo de reactor más conveniente a trabajar, para un caso base.

Metodología

En la primera sección se caracteriza el caso base, especificando completamente el tipo de reacción, las condiciones iniciales, la condición esperada al término de la operación, y las condiciones operacionales.

En la segunda sección se obtiene el modelo matemático para el análisis técnico, y se presentan los elementos para el análisis económico.

En la tercera sección se especifican las características del análisis técnico, empleando el método de Runge-Kutta de cuarto orden y el método de Euler, en la solución del modelo matemático.

En la cuarta sección se presentan los elementos para llevar a cabo el análisis económico, considerando tanto los costos de inversión, como los costos operacionales.

En la quinta sección se muestran los resultados, tanto del análisis técnico, como del análisis económico.

Finalmente, en la sexta sección se tienen las conclusiones derivadas del análisis técnico-económico.

Caso base

El caso consiste en una reacción homogénea en fase líquida de segundo orden con respecto a A, con las siguientes características:



Concentración inicial de los reactivos A y B, 1.65 mol/L y 5.5 mol/L, respectivamente

Temperatura de alimentación 315 K, para ambos reactivos

Flujo volumétrico total 14.4 L/min

Coefficiente cinético $k_A = 5.044 \times 10^9 e^{-10,270/T}$ L/mol•seg, con T en K

Calor de reacción $-\Delta H_{Rxn} = 36.35$ KJ/mol.

Capacidad calorífica de las especies A, B y C, en J/mol•K: 138.5, 117.5 y 95, respectivamente

Coefficiente global de transferencia de calor entre el sistema de reacción y el fluido de servicio: 32.3 Watts/m²•K

Temperatura promedio de los alrededores: Conversión esperada para el reactivo A .K 303 %70

Reactor multitubular de flujo pistón

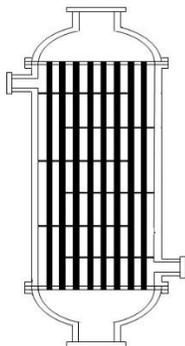


Figura 1 Reactor multitubular de flujo pistón

Configuración de tubos y coraza 1-1, con 274 tubos de tubería IPS de 1 ½ pulg., Ced. 40, en arreglo triangular con paso de 1 7/8 pulg.
Reactor batch



Figura 2 Reactor batch

Tanque de 0.78 m de diámetro y 2.39 m de altura, para la mezcla de reacción.

Modelamiento para los reactores

Se presenta el modelamiento de los tipos de reactores considerados, involucrando el balance molar, el balance de energía y el cálculo de costos.

Expresión de la velocidad de reacción con base en el reactivo A,

$$-r_A = k_A C_{A0}^2 (1 - X_A) \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A \right) \quad (1)$$

Transferencia de calor entre el sistema de reacción y el sistema de enfriamiento (agua),

$$\dot{Q} = U A (T - T_a) \quad (2)$$

Modelamiento reactor multitubular de flujo pistón

El reactor de flujo pistón es un reactor continuo de geometría multitubular, en configuración de tubos y coraza 1-1, por el interior de los tubos circula la mezcla de reacción mientras que por el lado de la coraza circula el fluido de servicio.

Cada uno de los tubos es un reactor tubular.

El modelamiento para este tipo de reactor es el siguiente:

Balance molar,

$$\frac{dV}{dX_A} = \frac{v_0}{k_A C_{A0}(1-X_A) \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A \right)} \quad (3)$$

Balance de energía,

$$\frac{dT}{dX_A} = \frac{U \left(\frac{4}{d} \right) (T_a - T) \frac{dV}{dX_A} + \left(-\Delta \hat{H}_{Rxn} \right) F_{A0}}{\sum_{j=1}^n F_j C_{p_j}} \quad (4)$$

Área de transferencia de calor,

$$A_{PFR} = N_t A_{tubo} = N_t (\pi d_{tubo} L_{tubo}) = N_t \frac{4V_{tubo}}{d_{tubo}} \quad (5)$$

Modelamiento reactor batch

El modelamiento para este tipo de reactor es el siguiente:

Balance molar,

$$\frac{dt}{dX_A} = \frac{1}{k_A C_{A0}(1-X_A) \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - X_A \right)} \quad (6)$$

Balance de energía,

$$\frac{dT}{dX_A} = \frac{U A (T_a - T) \frac{dt}{dX_A} + \left(-\Delta \hat{H}_{Rxn} \right) N_{A0}}{\sum_{j=1}^n N_j C_{p_j}} \quad (7)$$

Área de transferencia de calor,

$$A_{Batch} = \pi d_{tqe} h_{tqe} \quad (8)$$

Volumen de la mezcla de reacción

$$V_{Batch} = \pi \frac{(d_{tqe})^2}{4} h_{tqe} \quad (9)$$

Métodos numéricos

Los métodos numéricos empleados son Runge-Kutta de cuarto orden y Euler (Constantinides, 1999), esto con el propósito de presentar el comparativo de los resultados obtenidos con estos métodos.

Es importante puntualizar que el sistema a resolver, por medio de métodos numéricos, es un sistema de ecuaciones diferenciales simultáneas. Para el reactor multitubular de flujo pistón, la variable independiente es la conversión del reactivo A y las variables dependientes son el volumen del reactor y la temperatura de la mezcla de reacción. Para el reactor batch, la variable independiente es la conversión del reactivo A y las variables dependientes son el tiempo de reacción y la temperatura de la mezcla de reacción. El paso de integración (h) empleado para la conversión de A (X_A) es 0.05

Método de Runge-Kutta de cuarto orden

El modelo matemático a ser resuelto es,

$$y_{i+1,j} = y_{ij} + \frac{1}{6} (k_{1j} + 2k_{2j} + 2k_{3j} + k_{4j}) \quad (10)$$

$$k_{1j} = h f_j (x_i, y_{i1}, y_{i2}) \quad (11)$$

$$k_{2j} = h f_j \left(x_i + \frac{h}{2}, y_{i1} + \frac{k_{11}}{2}, y_{i2} + \frac{k_{12}}{2} \right) \quad (12)$$

$$k_{3j} = h f_j \left(x_i + \frac{h}{2}, y_{i1} + \frac{k_{21}}{2}, y_{i2} + \frac{k_{22}}{2} \right) \quad (13)$$

$$k_{4j} = h f_j (x_i + h, y_{i1} + k_{31}, y_{i2} + k_{32}) \quad (14)$$

$$x_{i+1} = x_i + h \quad (15)$$

Método de Euler

El modelo matemático a ser resuelto es,

$$y_{i+1,j} = y_{ij} + h f_j (x_i, y_{i1}, y_{i2}) \quad (16)$$

$$x_{i+1} = x_i + h \quad (17)$$

Análisis económico

Los costos básicos de inversión consideran el costo del equipo (C_{LAB}) libre a bordo mientras que para los costos de operación sólo se consideran los costos del servicio de enfriamiento, empleando agua.

Para el reactor multitubular de flujo pistón, su C_{LAB} corresponde al de un intercambiador de calor de tubos y coraza, mientras que para el reactor batch sólo se considera un tanque de proceso.

Resultados

Los resultados obtenidos se presentan de forma tabular y de forma gráfica

Análisis técnico

Se presentan los resultados para el reactor multitubular de flujo pistón y para el reactor batch.

Reactor multitubular de flujo pistón

En la tabla 1 se presentan los resultados para cada uno de los tubos, obtenidos por medio del método de Runge-Kutta de cuarto orden, mientras que en la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos por medio del método de Euler.

X_A	Volumen L	Temperatura K	Flujo de calor J/seg
0.0	0.0	315.00	
0.05	0.2	315.5	7.64
0.10	0.5	315.8	8.04
0.15	0.7	315.9	8.51
0.20	1.0	315.7	9.07
0.25	1.3	315.2	9.75
0.30	1.6	314.2	10.53
0.35	2.1	312.7	11.34
0.40	2.6	310.7	11.87
0.45	3.5	308.3	11.60
0.50	4.6	306.4	10.43
0.55	6.1	305.3	9.41
0.60	8.0	304.7	8.98
0.65	10.3	304.4	8.86
0.70	13.1	304.2	9.25

Tabla 1 Resultados para el reactor multitubular de flujo pistón, obtenidos por medio del método Runge-Kutta de cuarto orden.

De acuerdo con los resultados obtenidos,

$$A_{PFR,RK4} = 274 \text{ tubos} \frac{4 (0.0483 \text{ m}) \left(\frac{13.1 \text{ L/tubo}}{1,000 \text{ L/m}^3} \right)}{(0.0409 \text{ m})^2} = 415 \text{ m}^2$$

X_A	Volumen L	Temperatura K	Flujo de calor J/seg
0.0	0.0	315.0	
0.05	0.2	315.5	7.64
0.10	0.4	316.0	7.95
0.15	0.7	316.2	8.31
0.20	0.9	316.2	8.73
0.25	1.2	315.9	9.22
0.30	1.5	315.3	9.77
0.35	1.9	314.2	10.33
0.40	2.3	312.4	10.75
0.45	2.8	310.0	10.56
0.50	3.6	307.1	8.92
0.55	4.9	304.8	6.22
0.60	6.7	304.7	8.44
0.65	8.7	304.2	7.04
0.70	11.3	304.3	8.98

Tabla 2 Resultados para el reactor multitubular de flujo pistón, obtenidos por medio del método Euler.

De acuerdo con los resultados obtenidos,

$$A_{PFR,Euler} = 274 \text{ tubos} \frac{4 (0.0483 \text{ m}) \left(\frac{11.29 \text{ L/tubo}}{1,000 \text{ L/m}^3} \right)}{(0.0409 \text{ m})^2} = 358 \text{ m}^2$$

De manera complementaria, en el gráfico 1 se presenta el comportamiento del volumen del reactor con respecto a la conversión del reactivo A, con resultados obtenidos por medio de los métodos Runge-Kutta de cuarto orden y Euler. Mientras que en el gráfico 2 se presenta el comportamiento de la temperatura de la mezcla de reacción con respecto a la conversión del reactivo A, con resultados obtenidos por medio de los métodos Runge-Kutta de cuarto orden y Euler.

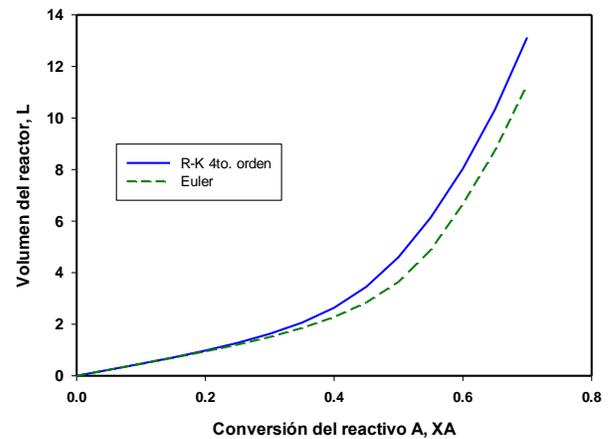


Gráfico 1 Volumen del reactor multitubular de flujo pistón como función de la conversión del reactivo A

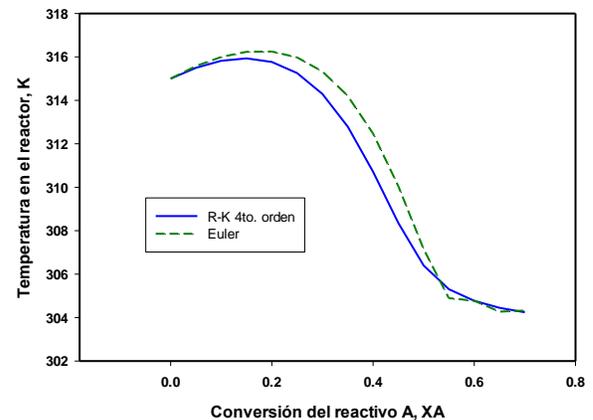


Gráfico 2 Temperatura de la mezcla de reacción en el reactor multitubular de flujo pistón como función de la conversión del reactivo A

Reactor Batch

El área para transferencia de calor es,

$$A_{Batch} = \pi (0.55 \text{ m})(1.65 \text{ m}) = 3.37 \text{ m}^2$$

El volumen de la mezcla de reacción es,

$$V_{Batch} = \pi \frac{(0.55 \text{ m})^2}{4} (1.65 \text{ m}) = 0.39 \text{ m}^3$$

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos por medio del método de Runge-Kutta de cuarto orden, mientras que en la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos por medio del método de Euler.

X_A	Tiempo seg	Temperatura K	Flujo de calor J/seg
0.0	0	315.0	
0.05	232	317.9	2,788.07
0.10	418	320.8	3,336.29
0.15	566	323.8	3,899.37
0.20	685	326.9	4,479.42
0.25	780	330.0	5,077.73
0.30	856	333.3	5,695.07
0.35	917	336.7	6,331.81
0.40	966	340.2	6,988.03
0.45	1,005.5	343.8	7,663.65
0.50	1,037.5	347.5	8,358.46
0.55	1,063.7	351.3	9,072.22
0.60	1,085.4	355.2	9,804.65
0.65	1,103.5	359.2	10,555.45
0.70	1,118.9	363.3	11,324.32

Tabla 3 Resultados para el reactor batch, obtenidos por medio del método Runge-Kutta de cuarto orden

X_A	Tiempo seg	Temperatura K	Flujo de calor J/seg
0.0	0	315.0	
0.05	260.1	317.8	2,783.61
0.10	468.0	320.7	3,325.25
0.15	634.5	323.7	3,880.20
0.20	768.2	326.7	4,450.97
0.25	875.6	329.9	5,039.19
0.30	961.9	333.1	5,645.88
0.35	1,031.5	336.4	6,271.62
0.40	1,087.5	339.9	6,916.66
0.45	1,132.9	343.4	7,581.03
0.50	1,169.8	347.0	8,264.62
0.55	1,199.9	350.8	8,967.23
0.60	1,224.8	354.6	9,688.63
0.65	1,245.5	358.6	10,428.53
0.70	1,263.1	362.6	11,186.65

Tabla 4 Resultados para el reactor batch, obtenidos por medio del método Euler

Igualmente, en el gráfico 3 se presenta el comportamiento del tiempo de reacción con respecto a la conversión del reactivo A, con resultados obtenidos por medio de los métodos Runge-Kutta de cuarto orden y Euler.

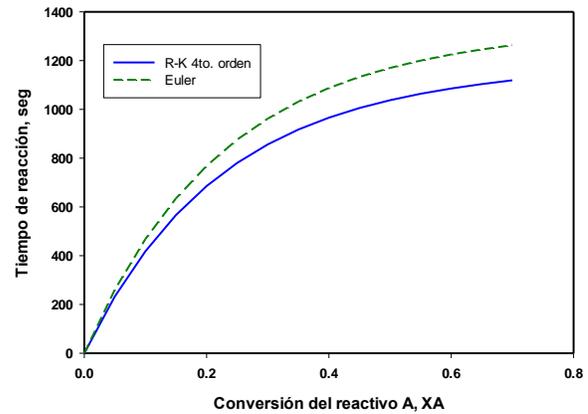


Gráfico 3 Tiempo de reacción en el reactor batch como función de la conversión del reactivo A

Adicionalmente, en el gráfico 4 se presenta el comportamiento de la temperatura de la mezcla de reacción con respecto a la conversión del reactivo A, con resultados obtenidos por medio de los métodos Runge-Kutta de cuarto orden y Euler.

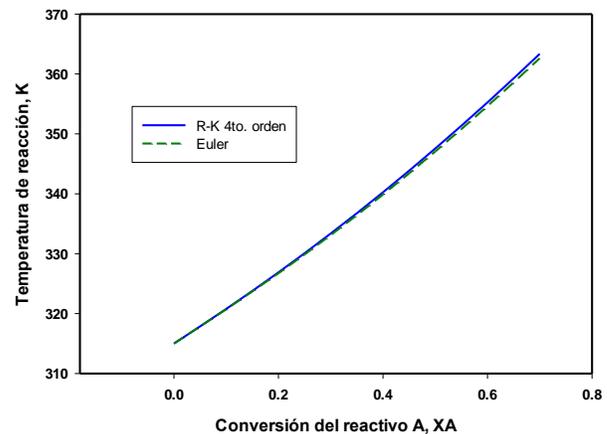


Gráfico 4 Temperatura de la mezcla de reacción en el reactor batch como función de la conversión del reactivo A

Análisis económico

El costo del equipo libre a bordo se calcula mediante (Turton *et al*, 2007),

$$\log_{10} C_{LAB} = K_1 + K_2 \log_{10}(P_C) + K_3 [\log_{10}(P_C)]^2 \quad (18)$$

Los parámetros presentados corresponden a costos para el año 2001 con índice de costo 394.3

Los parámetros y costos de inversión para los dos tipos de reactores son,

Reactor multitubular

El parámetro de diseño (parámetro de capacidad) para el costo de equipo libre a bordo es el área de transferencia de calor.

Costo de equipo

$K_1 = 2.7652$ / $K_2 = 0.7282$ / $K_3 = 0.0783$
 $P_C = 354 \text{ m}^2$ (empleando el método de Runge-Kutta de cuarto orden)

$$C_{LAB,2001} = \$ 161,564.00$$

$P_C = 305 \text{ m}^2$ (empleando el método de Euler)

$$C_{LAB,2001} = \$ 136,658.00$$

Reactor batch

El parámetro de diseño (parámetro de capacidad) para el costo de equipo libre a bordo es el volumen del equipo.

$K_1 = 3.4974$ / $K_2 = 0.4485$ / $K_3 = 0.1074$

$$P_C = 1.13 \text{ m}^3$$

$$C_{LAB,2001} = \$ 3,323.00 \text{ (Batch)}$$

Costo por servicio de enfriamiento

Para el costo por servicio anual por servicio de enfriamiento, se emplean los datos reportados (Turton *et al*, 2007), considerando 8,120 horas de operación al año.

El costo del servicio de enfriamiento es 0.354 \$/GJ.

Reactor multitubular de flujo pistón

Considerando los valores de flujo de calor intercambiado mostrados en las tablas 1 y 2, se calcula el costo anual.

Método de Runge-Kutta de cuarto orden

Costo de servicio = \$ 384.00/año

Método de Euler

Costo de servicio = \$ 349.00/año

Reactor Batch

Considerando los valores de flujo de calor intercambiado mostrados en las tablas 3 y 4, se calcula el costo anual.

Método de Runge-Kutta de cuarto orden

Costo de servicio = \$ 987.00/año

Método de Euler

Costo de servicio = \$ 978.00/año

Costo total anual

Para el costo anual se considera el costo anual del equipo, considerando una vida útil de 10 años para el equipo, más el costo anual de servicios, por medio de,

$$\text{Costo anual} = \frac{\text{Costo de equipo}}{\text{Vida útil}} + \text{Costo de servicios} \quad (19)$$

El ajuste de los costos del año 2001 al año 2016 se realiza por medio de los Índices de costos para estos años, por medio de,

$$\text{Costo anual}_{2016} = \text{Costo anual}_{2001} \left(\frac{I_{2016}}{I_{2001}} \right) \quad (20)$$

Los índices de costos son: $I_{2001} = 394.3$; $I_{2016} = 541.7$ (Economic Indicators, 2017)

Tomando en cuenta los valores de los costos calculados se tiene,

Reactor multitubular de flujo pistón

Método de Runge-Kutta de cuarto orden

$$\text{Costo anual}_{2001} = \$ 16,541.00$$

$$\text{Costo anual}_{2016} = \$ 22,725.00$$

Método de Euler

$$\text{Costo anual}_{2001} = \$ 14,015.00$$

$$\text{Costo anual}_{2016} = \$ 19,254.00$$

Reactor Batch

Método de Runge-Kutta de cuarto orden

$$\text{Costo anual}_{2001} = \$ 1,320.00$$

$$\text{Costo anual}_{2016} = \$ 1,813.00$$

Método de Euler

$$\text{Costo anual}_{2001} = \$ 1,311.00$$

$$\text{Costo anual}_{2016} = \$ 1,801.00$$

Nomenclatura

A	Área de transferencia de calor
C_{A0}	Concentración inicial del reactivo A
C_{B0}	Concentración inicial del reactivo B
C_{LAB}	Costo del equipo libre a bordo
C_p	Capacidad calorífica
d	Diámetro
d_o	Diámetro exterior
F_{A0}	Flujo molar inicial de A
F_j	Flujo molar de la especie j
h	Paso de integración
h	Altura
I	Índice de costos
k_A	Coefficiente cinético para A
k_{ij}	Constante para el método Runge Kutta de cuarto orden
L	Longitud
N_{A0}	Número de moles iniciales de A
N_j	Número de moles de la especie j
N_t	Número de tubos
P_C	Parámetro de capacidad
Q	Flujo de calor
$-r_A$	velocidad de reacción con respecto al reactivo A

t	Tiempo
T	Temperatura
T_a	Temperatura de los alrededores
U	Coefficiente global de transferencia de calor
V	Volumen
X_A	Conversión del reactivo A
y_{ij}	Variable dependiente para los métodos Runge Kutta de cuarto orden y Euler
<i>Letras griegas</i>	
ΔH	Calor de reacción
v	Flujo volumétrico

Subíndices

R_{xn} Reacción

h_{qe} Tanque

Conclusiones

Dos son los aspectos generales que enfatizar, de acuerdo con los resultados obtenidos.

Con respecto al análisis técnico, para el reactor multitubular de flujo pistón, el % de error relativo en los parámetros calculados por medio del método de Euler con respecto al método RK-4 es: para el volumen del reactor 13.75% y para la temperatura 0.03%. Para el reactor batch el % de error relativo es: para el tiempo de reacción 12.9% y para la temperatura 0.19%.

Con respecto al análisis económico, el costo anual del reactor multitubular de tipo flujo pistón es poco mas de 12.5 veces mayor que el costo del reactor batch.

Considerando los aspectos anteriores, se concluye que el reactor batch es el reactor más conveniente para este sistema de reacción.

Referencias

Ahumada, L. M., Audivet, C. P., Bula, A. J., & Sanjuan, M. E. (2017). Comparación entre Soluciones Numéricas de un Modelo Matemático de Combustión Teórica y Variación de la Conductividad del Cuesco de Palma en un Reactor de Lecho Fijo. *Información tecnológica*, 28(3), pp. 171-184.

Almanza Villanueva, J., Aragón Sibaja, M., Caro González, F., Segoviano Aguilar, M., & Solís Rosales, J. (2016). Desarrollo de un programa para la simulación de sistemas dinámicos continuos. Recuperado de <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/16256>

Beltrán Ramírez, M. F., Gutiérrez Castro, I. D. C., & Martínez Villa, A. J. (2016). Modelamiento matemático y simulación de un reactor de lecho fijo para la síntesis de amoniaco. Builes, S., & Calle, F. Retromezcla: Simulador Dinámico de Reactores de Tanque Agitado

Constantinides, A. & Mostoufi, N. (1999). *Numerical Methods for Cheical Enginners with MATLAB Applications*. New Jersey. Prentice-Hall.

Economic Indicators. *Chemical Engineering J.*, p66, August 2017.

Peña, E., Pérez, A., Miranda, A., & Sánchez, J. (2008, diciembre). Modelado de un reactor químico tipo CSTR y evaluación del control predictivo aplicando Matlab-Simulink. *INGENIERÍA UC*, 15(3), pp. 97-115.

Stephanopoulos, George (1984). *Chemical Process Control (An Introduction to Theory and Practice)*. New Jersey, U.S.A. Prentice Hall.

Turton, R., Bailie, R. C., Whiting, W. B. & Shaiwitz, J. A. (2007). Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes. 2nd. Edition. New Jersey. Prentice-Hall.

Propuesta comercial para el aprovechamiento de mango desechado en el estado de Guerrero

CAMACHO, César*†, BAUTISTA, Lilia, LEÓN, Yolanda y ANTONIO, María

Instituto Tecnológico de Pachuca, Felipe Angeles Km. 84.5, Venta Prieta, 42083 Pachuca de Soto, Hgo., México

Recibido Octubre 5, 2017; Aceptado Noviembre 2, 2017

Resumen

México es uno de los mayores exportadores de mango a nivel mundial, Guerrero es el principal estado a nivel nacional. Se cosechan 3.3 millones de toneladas al año, de las cuales el 54.54% son desechadas por no aprobar estándares de calidad en tiendas, mercados o empresas industriales. El objetivo de la investigación es hacer una propuesta de elaboración de un vino de mango no aprovechado, así como el estudio técnico-económico que demuestre la viabilidad del producto. Para la obtención de alcohol, se seleccionó la fermentación con levaduras, agregando un sistema de destilación. Durante la experimentación se logró obtener un vino de mango de 9% de alcohol en volumen. Con el cálculo de la Taza Interna de Retorno (TIR): 25.56%, el Valor Actual Neto (VAN): \$13,942,393.40 y una Utilidad: \$2,261,087, se demuestra la viabilidad de la propuesta. La comunidad se beneficiará con la reutilización de este fruto y la generación de empleos en la entidad objeto de estudio.

Vino de mango, forraje, harinas, fermentado

Abstract

Mexico is one of the largest exporters of mango in the world, Guerrero is the main state at the national level. 3.3 million tons are harvested annually, of which 54.54% are discarded for not approving quality standards in stores, markets or industrial companies. The objective of the research is to make a proposal for the production of an untapped mango wine, as well as the technical-economic study that demonstrates the viability of the product. To obtain alcohol, the fermentation was selected, adding a distillation system. During the experimentation it was possible to obtain a mango wine of 9% alcohol by volume. With the calculation of the Internal Revenue Cup (TIR): 25.56%, the Net Present Value (NPV): \$ 13,942,393.40 and a Profit: \$ 2,261,087, demonstrates the viability of the proposal. The community will benefit from the reuse of this fruit and the generation of jobs in the entity under study

Mango wine, fodder, flours, fermented

Citación: CAMACHO, César, BAUTISTA, Lilia, LEÓN, Yolanda y ANTONIO, María. Propuesta comercial para el aprovechamiento de mango desechado en el estado de Guerrero. Revista de Sistemas Experimentales 2017, 4-13: 50-58

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: camachocesar22@gmail.com)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

“La degradación ambiental, el riesgo de colapso ecológico y el avance de la desigualdad y la pobreza son signos elocuentes de la crisis del mundo globalizado, cuyos orígenes remiten a la concepción del mundo que funda a la civilización occidental” (Leff, 2002).

En México y el mundo entero, la globalización crea oportunidades para pocos y carencias para la mayoría, pues se privilegia el crecimiento al desarrollo y éste se aparta de ser sustentable. La industria crea, bajo condiciones insatisfactorias, pocas oportunidades de trabajo en las zonas urbanas para los que abandonan la provincia, favoreciendo así la formación de cinturones de miseria (Hernández, 2017). Con esto el desempleo llega a ser la principal causa económica desfavorable del país.

En 2016, la Tasa de Desocupación (TD) a nivel nacional fue de 3.93% de la Población Economicamente Activa (PEA), por lo que la TD promedio fue de 3.92%. De este porcentaje la tasa de desempleo en el Estado de Guerrero es del 1.6%, considerada la más baja a nivel nacional. (INEGI, 2011)

Por otra parte, México es uno de los mayores productores de mango en todo el mundo, exportando a más de 27 países como Estados Unidos, Inglaterra, España, etcétera. En los últimos cinco años Guerrero encabezó el primer lugar en producción de mango. Meza (2014) indica que en el año 2014 se identificó que, de la producción total del país (3.3 millones de toneladas), Guerrero aporta un 22% de la producción total mencionada, así mismo se detecta un desperdicio considerado importante de aproximadamente un 54% que no se puede comercializar por no pasar los estándares de calidad.

El mango considerado como desperdicio presenta problemas de plagas, alto grado de descomposición, caída de árbol y sólo una pequeña parte de este fruto es donado a comedores comunitarios en los diferentes municipios del estado de Guerrero o bien vendido por un precio aproximado de 80 pesos la caja con 30 kg de mango.

Acorde a datos de producción de mango proporcionados por los productores del estado de Guerrero, específicamente de Tecpan de Galeana y datos estadísticos se realizó la presente investigación con el objetivo de reutilizar frutos no aprovechados en la elaboración de un vino de mango.

El consumo de vino a nivel mundial en 2016 fue de 241 millones de hectolitros, lo cual supone un mercado potencial para la distribución de este producto, por lo que se decide desarrollar un vino de mango con ciertas características que lo posicionen fuertemente dentro de la competencia a nivel nacional y mundial.

Con esta propuesta se podría impulsar el sector económico contrarrestando problemas sociales en la región, como el desempleo y la delincuencia, además de persuadir al mercado nacional e internacional al consumo del nuevo producto.

Fundamento

El Desarrollo Sustentable

La revolución industrial fue, sin duda, el inicio y punto de partida del crecimiento económico basado en los procesos tecnificados de producción, así mismo, desató no sólo el auge económico, científico y técnico, sino que, con su aparición, se promulgó el uso intensivo, extensivo e irracional de los recursos naturales en busca de modelos de acelerado crecimiento económico. Los procesos de industrialización no sólo fueron progresivos, sino que se concibieron de forma irracional, dando como resultado la grave problemática ambiental que prevalece hoy día, desequilibrando el medio ambiente.

La sustentabilidad, es el término ligado a la acción del hombre para conservar los sistemas biológicos (diversidad) y productividad a lo largo del tiempo, por otra parte, ligada también al equilibrio de cualquier especie en especial con los recursos que se encuentran en su entorno.

De entre varios acuerdos internacionales, en 1987, el informe de Brundtland, define la sustentabilidad como la capacidad de satisfacer las necesidades de la generación humana actual sin comprometer los recursos de las generaciones futuras. El reporte sugiere que el desarrollo económico y social deben descansar en la sustentabilidad y como concepto clave en las políticas del desarrollo sustentable identifica los siguientes puntos: a) La satisfacción de necesidades básicas de la humanidad (alimentación, vestido, vivienda, salud), b) La necesaria limitación de organización tecnológica y social, c) Su impacto sobre los recursos naturales, d) Y la capacidad de la biosfera para absorber dicho impacto.

También se proponen 7 estrategias imperativas para emprender la ruta hacia el desarrollo sustentable:

- Reactivar el crecimiento
- Cambiar la calidad del crecimiento
- Satisfacer las necesidades esenciales de empleo, alimento, energía, agua y sanidad.
- Asegurar un nivel sustentable de la población.
- Conservar y mejorar la base de recursos.
- Reorientar la tecnología y manejar el riesgo.
- Relacionar el medio ambiente con las decisiones económicas.

El informe no pronostica un futuro, presenta una advertencia mediante la cual enfatiza que ha llegado la hora de tomar decisiones. Dentro de la definición de desarrollo sustentable se advierte que el individuo es el elemento central. En el fondo la sustentabilidad no es un ajuste tecnológico, tampoco es un asunto de nuevas inversiones financieras, es un cambio de valores. (Díaz, 2011).

Producción de Mango en México.

En el estado de Guerrero la producción del mango es una de las principales actividades económicas de la población, llevando al país a ser reconocido a nivel mundial como uno de los principales exportadores de esta fruta y el quinto país productor del mismo con una generación de 726,000 toneladas al año lo que representa 22% de la producción nacional. Además, 1.8 millones de toneladas al año son desperdiciadas a nivel nacional, lo que representa un 54.54% de la cosecha anual de mango.

Estimaciones de SAGARPA indican que, de 6,379,400 hectáreas que conforman el territorio Guerrerense, el 15.4% (982 427.6 ha) se destinan a la agricultura. Según INEGI (2007), la superficie sembrada fue de 841 677.7 hectáreas, de las cuales 82 693 hectáreas son de riego y 758 984.1 de temporal.

Desde el mes de abril hasta octubre la población de Guerrero aprovecha las condiciones climáticas para producir diferentes tipos de mango, entre los que destaca el Ataulfo que contiene en promedio 69% en peso de pulpa, 19% de cascara y 8.5% de hueso. El volumen de producción, el alto contenido de pulpa y azúcares hacen de este mango la especie adecuada para la elaboración de vino.

Vino de mango

La Real Academia Española incluye dos definiciones de vino:

1. Bebida alcohólica que se hace del zumo de las uvas exprimido, y cocido naturalmente por la fermentación.

2. Zumo de otras plantas o frutos que se cuece y fermenta al modo del de las uvas.

Romero (s.f.) menciona que el mango contiene más de 20 vitaminas y minerales que benefician en varios aspectos: Degeneración macular asociada a la edad, prevención del asma, cáncer, diabetes, digestión, enfermedades del corazón, piel y cabello.

La clasificación de los vinos según su edad (muchos blancos, rosados, espumosos, y jóvenes) están producidos para consumirlos en un año. Pero hay otros que se elaboran con el propósito de un envejecimiento a través de los años, tanto en barrica como en botella.

La vida de un vino tiene un límite. Hay una evolución ascendente en la calidad del vino hasta que llega a su mayor expresión, pero a partir de ahí se inicia una baja de la calidad. Es difícil que el punto de máxima calidad supere los 15 o 20 años.

El vino de mango se caracteriza por ser un vino joven, lo que brinda un sabor ligeramente concentrado y un olor de perspectiva suave.

El maridaje que se recomienda es queso de cabra, mariscos, sushi, anchoas y salmón ahumado e inclusive postres a base de frutas.

Metodología

En respuesta a la necesidad identificada en Tecpan de Galeana, Guerrero se realizó la metodología representada en la figura 1:



Figura 3 Metodología

Ubicación de áreas de oportunidad

En entrevista con productores de mango se obtuvo la siguiente información: En el municipio de Tecpan, se producen 25 mil toneladas de mango cada tres meses, 100 mil toneladas de mango al año. De este mango producido, el 30% es desperdiciado. Estadísticamente la zona de Tecpan de Galeana produce en promedio 420 mil toneladas de mango al año.

Se considera desperdicio si el fruto presenta algún problema de plaga, descomposición, abolladura, desprendimiento de cáscara o bien su no permanencia en el árbol del fruto.

El mango considerado como desperdicio es donado a comedores comunitarios o bien vendidos a un costo menor, 80 pesos la caja con 30 kilogramos de mango. Cabe mencionar que el 30% es neto y no se contempla las donaciones de fruto a comedores comunitarios.

Proceso de elaboración

Se realizó una fermentación con levaduras en laboratorio, con la finalidad de obtener alcohol de mango y establecer un método de tratamiento de los frutos hasta el producto final.

Se seleccionó una muestra específica de 150 mangos (40 kilogramos) en descomposición en las fechas de enero a mayo de 2017, se obtuvo su composición de la cual el 70% pertenece a la pulpa y el resto que corresponde al 30% es semilla y cáscara.

Los pasos para la elaboración del vino se muestran en la figura 2.

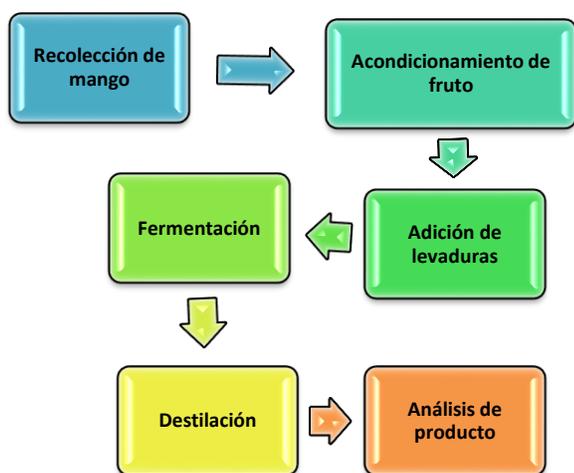


Figura 4 Método de fermentación

Las levaduras usadas fueron *Saccharomyces cerevisiae*, mismas utilizadas en la industria cervecera, ya que aportan una eficiencia superior al 80%.

Análisis de producto terminado

El Alcohol Etilico y Metanol se cuantificó mediante un cromatógrafo de gases Perkin Elmer, con detector de ionización de flama (FID). Se utilizó una columna de acero inoxidable. El gas acarreador fue nitrógeno molecular con flujo de 30 ml/min. La flama se generó mediante un flujo de aire y de hidrógeno de 300 y 30 ml/min respectivamente.

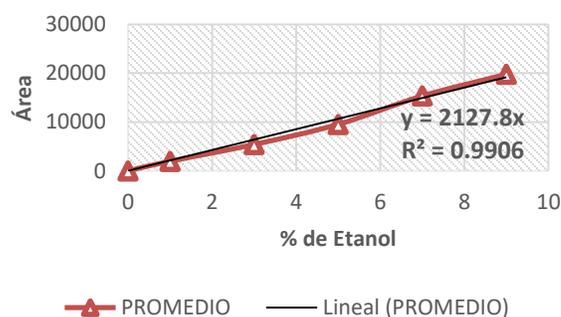


Gráfico 1 Curva estándar de Alcohol Etilico. Coeficiente de correlación $r=0.9906$, $m=2127.8$

Se inyectaron al cromatógrafo 1 μL de muestra con una jeringa de 10 μL (Hamilton). Las curvas de calibración se muestran en los gráficos 1 y 2.

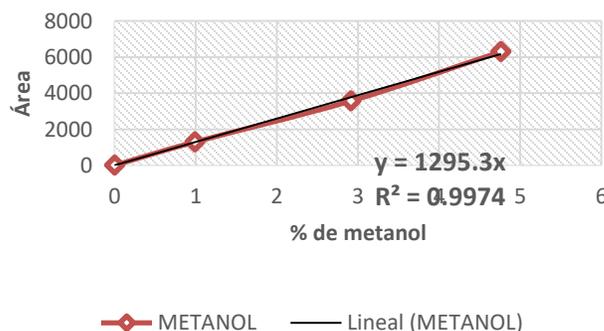


Gráfico 2 Curva estándar de Metanol. Coeficiente de correlación $r=0.9974$, $m=1295.3$

Estudio técnico

Realizadas las pruebas de laboratorio se estableció el proceso de elaboración, la llegada de la materia y su acondicionamiento con sistemas de lavado y transporte por bandas, separación de pulpa de la cáscara y semilla, molienda de pulpa para verterla en tanques de fermentación con levaduras. El fermentado pasa a una torre de destilación en la cual se colecta el alcohol etílico formado en los tanques, en este último paso se monitorean el porcentaje en volumen de alcohol hasta obtener 9% preestablecido.

Con las capacidades definidas para la producción establecida, los equipos fueron identificados en catálogos industriales. Equipos ya diseñados y a la venta; delimitados a capacidades establecidas en laboratorio y escaladas a un nivel de producción establecido.

Estos son los siguientes:

- a) Banda transportadora con lavado
- b) Despulpadora
- c) Trituradora
- d) Tanques fermentadores
- e) Columna de destilación
- f) Tuberías y accesorios
- g) Mezcladores

Al establecer esta tecnología, es posible obtener costos para iniciar el estudio económico.

Estudio económico

Con el estudio técnico se determinaron los indicadores que definen la viabilidad del proyecto.

Este proceso se inició con la determinación de costos iniciales como equipos, terreno, construcciones, mobiliario; fijos como servicios de energía eléctrica, agua potable, internet, gas natural; variables como materia prima, sueldos y salarios, envases, etiquetas, corchos. Por último, se determinó el costo de venta del producto, presentación, etiqueta y botella. Se hizo el tratamiento de estos datos para determinar la Tasa Interna de Retorno, Valor Actual Neto, el punto de equilibrio y la utilidad, con el diseño de una corrida financiera.

Resultados

Los resultados de la fermentación en laboratorio arrojaron que se puede producir un vino blanco de 9 % en volumen de alcohol. Esto resulta de la toma de muestra en espacios de una hora hasta encontrar el punto óptimo de % en volumen de alcohol, como lo muestra la tabla 1 y gráfico 3.

Muestra/tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
1 h	20.1	20.5	20.1	20.1	20.4
2h	20	20.1	19.9	19.8	19.9
3h	19.2	19.9	18.9	18.9	18.8
4h	18.2	18.1	18	18.1	18

Tabla 1 Grados Brix en la toma de muestras durante la destilación

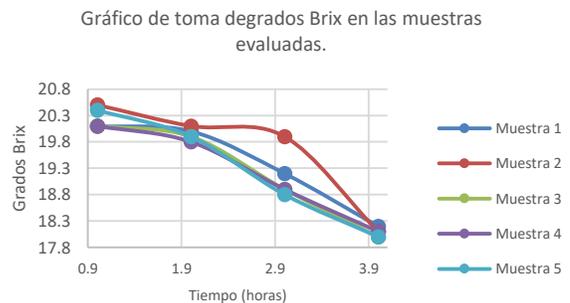


Gráfico 3 Grados brix de cada muestra

Acorde al nivel de producción media de vino de la zona fue posible realizar el balance de materia correspondiente a los equipos a utilizar en el proceso, esto con base en el estudio técnico y los resultados de pruebas de laboratorio. El balance de materia se presenta en la figura 3.

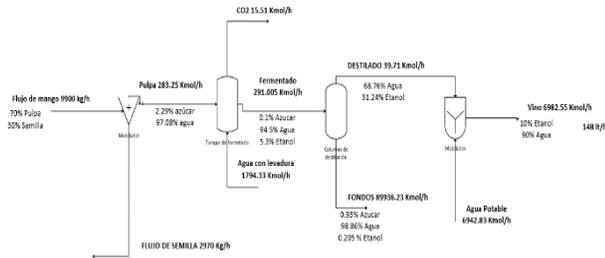


Figura 3 Diagrama de proceso general con balance de materia

Con base a los resultados del balance de materia, en la tabla 2 se desglosa la cantidad aprovechada de producto (con plaga, grado de descomposición) del total de mango desperdiciado.

Nivel	Ton/año	Tonelada aprovechada/añ	% de aprovechamiento
Mango desperdiciado a nivel nacional (año)	1.8 millones	86,724	4.8
Mango desperdiciado a nivel regional (año)	126,000		68
Mango desperdiciado a nivel local (año)	30,000		100

Tabla 2 Aprovechamiento de mango con la aplicación de la propuesta, en México

Acorde a catálogos industriales se obtuvieron los siguientes indicadores:

a)TIR: 25.56%

b)VAN: \$13,942,393.40

c)Punto de equilibrio: 32,516 botellas (\$6,503,106) gráfico 4.

d) Utilidad: \$2,261,087

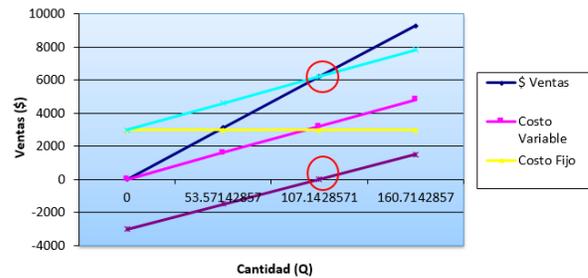


Gráfico 4 Costo beneficio de producto

Los indicadores muestran el beneficio de la industrialización del vino de mango. Con una inversión inicial estimada de \$4,000,000.00, un precio de venta al público de \$200 en una presentación de botella de 750ml. Cada botella tendrá un coste de producción de \$61.

Al año se utilizarán 86,724 toneladas de mango, se producirá 1,207,746 litros de vino al año por planta.

El costo de 86,724 toneladas de mango es de \$3,335,538.46 acorde a los datos proporcionados por los proveedores. Esto implica una constante compra de producto de mala calidad a productores de Guerrero.

Conclusiones

Con la aplicación de la propuesta se da respuesta a la problemática de desperdicio de mango que afecta a proveedores del estado, además se planea la ubicación de la primera empresa de industrialización de vino de mango en el estado de Guerrero, pero con expectativas a la instalación y arranque de otras en los otros estados productores de mango en México.

En la entidad, los productores de este fruto podrán verse beneficiados con la venta constante de frutos de mala calidad.

Con esta propuesta se abre también empleos y se contribuye a mejorar la economía de un sector local del estado de Guerrero.



Figura 4 Propuesta de botella de vino de mango

El producto lleva el nombre de “Sangre Azteca” y el diseño de la botella se muestra en la figura 4.

Referencias

INEGI. (2011). Indicadores del plan estatal de desarrollo 2011-2016. México: *Comité estatal de informática, estadística y geográfica del estado de Hidalgo*. Recuperado de http://ceieg.hidalgo.gob.mx/eje_4.html.

Meza Orozco, N. (2014). Mango, un negocio jugoso para México. *Forbes*, México.

Romero, S. (s.f.). Muy interesante. México: Los beneficios del mango para la salud. Recuperado de <http://www.muyinteresante.es/salud/articulo/los-beneficios-del-mango-para-la-salud-711408363194>

Geankoplis, C.J., (1998), *Procesos de transporte y operaciones unitarias*, México, CECSA.

Moctezuma, J.M. y Quintanilla, C. (1996). Norma oficial mexicana nom-142-ssa1-1995: bienes y servicios, bebidas alcohólicas. México: *Especificaciones sanitarias. etiquetado sanitario y comercial*. Recuperado de: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/142ssa15.html>

Cámara de diputados. (2015). LEY Federal del Trabajo. México: *Cámara de diputados*. Recuperado de: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lft.htm>

Romo. M. A. (2017). Nom-159-scfi-2004: bebidas alcohólicas-sotolespecificaciones y métodos de prueba. Normas mexicanas. Recuperado de: <http://ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/A/PC/SE/Normas/Oficiales/NOM-159-SCFI-2004.pdf>

Quintero, C., Giraldo, G. (2013). Caracterización fisicoquímica del mango común (*Mangifera indica* L.) durante su proceso de maduración, *De Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Base de datos*, 11(1), 10-18.

Subsecretaría de fomento a los agronegocios. (2011). Monitor Agroeconomico (Primer informe de gobierno). Recuperado de: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/coyuntura/agosto_2011.pdf

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2010). Informe de evaluación de avances logrados entre 2006 y 2010. Recuperado de: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/guerrero/Documents/Comit%C3%A9%20T%C3%A9cnico%20Estatal%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Evaluaci%C3%B3n%202011/INFORME%20MOSCA%20DE%20LA%20FRUTA.pdf>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2017). Aumenta producción de mango mexicano 36 por ciento en tres años. Recuperado de: http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC_0001-1.aspx.

Lancacho, D., Peña, Y. y Demoya, S. (2015). Vino de mango. Recuperado de: <http://vinodemango.blogspot.mx/>

Plinio, N. (2015). ABC COLOR. Vino de mango. Recuperado de: <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/vino-de-mango--tec-neuso-plinio-ramirez--1324220.html>

Himmelblau, D. (1997). *Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química*. México: pHH.

Meza, N. (2014). Mango, un negocio jugoso para México. *Forbes*, México.

Fogler, H. S. (2008). *Elementos de ingeniería de las reacciones químicas*. México: Pearson Educación

Díaz, R. (2011). Desarrollo sustentable. *México, DF: McGraw-Hill Interamericana*.

Leff, E. (2002). *Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. Siglo xxi.

Escobar, J. L. (2008). El desarrollo sustentable en México (1980-2007). *Tema del mes*.

Instrucciones para Autores

[Titulo en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayusculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor
Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva

(Indicar Fecha de Envio:Mes,Dia, Año); Aceptado(Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen

Titulo

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keyword

**Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman
y Negritas No.11**

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor. Titulo del Paper.
Título de la Revista. 2015, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Instrucciones para Autores

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]

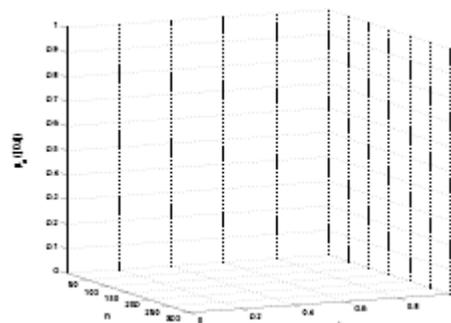


Grafico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

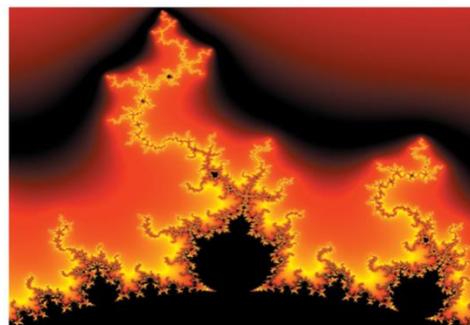


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

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 Titulo secuencial.

Instrucciones para Autores

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.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

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.

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

Referencia

Formato de Originalidad



Sucre, Chuquisaca ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Sucre, Chuquisaca ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Bolivia a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Bolivia to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de Sistemas Experimentales

“Extracción y caracterización de aceite absoluto de Vainilla”

SALAS, Yamilet, CHÁVEZ, Luz, HERNÁNDEZ, Israel y HERNÁNDEZ, Javier

Universidad Veracruzana

“Determinación de trazas de Cromo VI en aguas residuales mediante voltamperometría cíclica y voltamperometría lineal”

CHÁVEZ, Joaquín, RÍOS, Judith y GALICIA, Mónica

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

“Disminución de emisiones de CO₂ en el TESCO como logro del SGen”

PIEDRAS-MORALES, Miguel

“Evaluación de la remediación del suelo contaminado con aceite crudo utilizando microorganismos de montaña”

SANDOVAL-REYES, Francisca, CORTÉZ-PÉREZ, Yuliana, REYES-RESENDIZ, Liliana y HERNÁNDEZ-ROMERO, Israel

Universidad Veracruzana

“Caracterización e Identificación de microorganismos presentes en lombricomposta y lombriz (*Eisenia foetida*)”

TORRES-GONZÁLEZ, Adrián, RAMOS-PERFECTO, Valentina y HIDALGO-CORTÉS, Marisol

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla

Evaluación técnico-económica de reactores químicos homogéneos usando la herramienta computacional Excel

VÁZQUEZ, Rubén, ARRIAGA, Ma. Juana, ALCÁNTARA, Ma. Del Consuelo y MOZALVO, Filemón

Instituto Tecnológico de Pachuca

Instituto Tecnológico de Querétaro

Propuesta comercial para el aprovechamiento de mango desechado en el estado de Guerrero

CAMACHO, César, BAUTISTA, Lilia, LEÓN, Yolanda y ANTONIO, María

Instituto Tecnológico de Pachuca

