

ISSN 2523-6776

Volumen I, Número 4 — Octubre — Diciembre - 2017

Revista de Ingeniería Tecnológica

ECORFAN®



ECORFAN-Taiwán

Indización

- RESEARCH GATE
- GOOGLE SCHOLAR
- HISPANA
- MENDELEY

ECORFAN-Taiwán

Directorio Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD.

Director de la Revista

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC.

Edición Tipográfica

TREJO-RAMOS, Iván. BsC.

Edición de Logística

SERRUDO-GONZALEZ, Javier. BsC.

Revista de Ingeniería Tecnológica, Volumen 1, Número 4, de Octubre a Diciembre 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe district, ZhongXin, Street 69. Postcode: 23445. WEB: www.ecorfan.org/taiwan, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. ISSN 2523-6776. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, 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 de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Consejo Editorial

BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD
Universidad Industrial de Santander, Colombia

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD
Universidad de Concepción, Chile

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD
University of Iowa, U.S.

SOLIS-SOTO, María. PhD
Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia

GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD
Universidad de Santiago de Compostela, España

ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD
Université Paris Diderot-Paris, Francia

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD
Universidad de Guayaquil, Ecuador

Consejo Arbitral

VGPA. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

EAO. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

MMD. PhD

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

BRIIIG. PhD

Bannerstone Capital Management, U.S.

EAO. MsC

Bannerstone Capital Management, U.S.

OAF. PhD

Universidad Panamericana, México

CAF. PhD

Universidad Panamericana, México

RBJC. MsC

Universidad Panamericana, México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Ingeniería Tecnológica

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 de la Editora en Jefe.

Como primer artículo está *Tratamiento del lixiviado del antiguo relleno sanitario La Reserva mediante procesos Fenton y fisicoquímico* por MIRELES-MUÑOZ, Héctor Emmanuel y PÁRAMO-VARGAS, Javier con adscripción en la Universidad Tecnológica de León, como siguiente artículo está *Análisis de esfuerzos de una hélice de paso variable utilizando el análisis del elemento finito* por PIERO-ESPINO, Román, LIZÁRRAGA-LIZÁRRAGA, Alejandro, MELLADO-OSUNA, Carlos y DAVIZON-CASTILLO, Yasser con adscripción en la Universidad Politécnica de Sinaloa, como siguiente artículo está *Elaboración de biopelícula a partir de las escamas, espinas y piel de Mojarra Tilapia (*Oreochromis niloticus*)* por MATA-GARCÍA, Moisés, HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, Daniel, VÁZQUEZ-BRIONES, María del Carmen y GONZÁLEZ-TOTO, Jorge con adscripción en la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz, como siguiente artículo está *Análisis de aplicación del método de eliminación a través de la descomposición genética* por IBARRA-CARRILLO, Cruz Elena con adscripción en la Universidad Tecnológica General Mariano Escobedo, como siguiente artículo está *Polímero antibacteriano elaborado con HDPE reciclado y nanotubos de carbono funcionalizados con plata* por JIMÉNEZ-RODRÍGUEZ, José Alfredo, GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, Brenda Janette, LUGO-COPADO, Atziri Abigail y MUÑOZ-RAMÍREZ, Sandra con adscripción en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez y el Laboratorio de Nanociencia y Nanotecnología de Grupo Jumex, como siguiente artículo está *Aplicación de diseño de dos factores en el proceso de pintado para refrigeradores comerciales en una empresa del sur del Bajío* por OLVERA-MONTOYA, Ana Luisa, RAMOS-AGUILAR, Maribel, ESPINOSA-RODRÍGUEZ, Marcela y RAMÍREZ-ÁLVAREZ, José Luis con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, como siguiente artículo está *Evaluación de cuatro genotipos de tomate Heirloom en producciones orgánicas en invernadero* por MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, como último artículo presentamos, *Aplicación web para la identificación de intereses vocacionales y profesionales*, por VALDEZ-MENCHACA, Alicia Guadalupe, CORTES-MORALES, Griselda, VÁZQUEZ-DE LOS SANTOS, Laura Cristina, MONTOYA-SOLÍS, Thelma Nallely., con adscripción en Universidad Autónoma de Coahuila.

Contenido

Artículo	Página
Tratamiento del lixiviado del antiguo relleno sanitario La Reserva mediante procesos Fenton y fisicoquímico MIRELES-MUÑOZ, Héctor Emmanuel y PÁRAMO-VARGAS, Javier	1-12
Análisis de esfuerzos de una hélice de paso variable utilizando el análisis del elemento finito PIERO-ESPINO, Román, LIZÁRRAGA-LIZÁRRAGA, Alejandro, MELLADO-OSUNA, Carlos y DAVIZON-CASTILLO, Yasser	13-19
Elaboración de biopelícula a partir de las escamas, espinas y piel de Mojarra Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) MATA-GARCÍA, Moisés, HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, Daniel, VÁZQUEZ-BRIONES, María del Carmen y GONZÁLEZ-TOTO, Jorge	20-28
Análisis de aplicación del método de eliminación a través de la descomposición genética IBARRA-CARRILLO, Cruz Elena	29-39
Polímero antibacteriano elaborado con HDPE reciclado y nanotubos de carbono funcionalizados con plata JIMÉNEZ-RODRÍGUEZ, José Alfredo, GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, Brenda Janette, LUGO-COPADO, Atziri Abigail y MUÑOZ-RAMÍREZ, Sandra	40-47
Aplicación de diseño de dos factores en el proceso de pintado para refrigeradores comerciales en una empresa del sur del Bajío OLVERA-MONTOYA, Ana Luisa, RAMOS-AGUILAR, Maribel, ESPINOSA-RODRÍGUEZ, Marcela y RAMÍREZ-ÁLVAREZ, José Luis	48-58
Evaluación de cuatro genotipos de tomate Heirloom en producciones orgánicas en invernadero MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel	59-67
Aplicación web para la identificación de intereses vocacionales y profesionales VALDEZ-MENCHACA, Alicia Guadalupe, CORTES-MORALES, Griselda, VÁZQUEZ-DE LOS SANTOS, Laura Cristina, MONTOYA-SOLÍS, Thelma Nallely	68-76

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Tratamiento del lixiviado del antiguo relleno sanitario La Reserva mediante procesos Fenton y fisicoquímico

MIRELES-MUÑOZ, Héctor Emmanuel†* y PÁRAMO-VARGAS, Javier

Universidad Tecnológica de León. Blvd. Universidad Tecnológica 225, Universidad Tecnológica, San Carlos la Roncha, • 37670 León, Gto.

Recibido 3 de Octubre, 2017; Aceptado 8 de Diciembre, 2017

Resumen

Se evaluaron procesos de tratamiento del lixiviado del antiguo relleno sanitario "La Reserva", en León, Guanajuato. El lixiviado contiene altas concentraciones de DQO y cromo (2347 mg/L y 2.4 mg/L respectivamente) y es tratado con un método fisicoquímico, teniendo una remoción de DQO del 36%; por lo que se evaluaron metodologías de tratamiento enfocadas en la oxidación de la fracción orgánica y la remoción del metal; como el proceso Fenton y procesos físico-químicos de coagulación-floculación. Con el proceso de oxidación avanzada Fenton, se logró alcanzar un nivel máximo de remoción de DQO del 75.3% con las concentraciones iniciales de peróxido de hidrógeno y ion ferroso de 1500 mg/L y 200 mg/L, respectivamente. Con el tratamiento fisicoquímico se lograron remociones de DQO, de 77.3% empleando sulfato férrico y 56.2% empleando sulfato de aluminio. En relación a la remoción de cromo, los valores máximos fueron del 55.5% en el tratamiento Fenton, 90.8% empleando sulfato férrico y 68.7% con sulfato de aluminio. Estos valores se compararon con las eficiencias del tratamiento actual, remoción máxima de DQO del 31.3% y de cromo del 43.7%. La coagulación fue el principal mecanismo de remoción en ambos procesos; participando también la oxidación química en el proceso Fenton.

Fenton, oxidación avanzada, coagulación, oxidación química, fisicoquímico, lixiviado

Abstract

We performed an evaluation on the treatment of the leachate in the old landfill called "La Reserva", in Leon, Guanajuato. The leachate contains high concentrations of COD and chromium (2347 mg/L and 2.4 mg/L, respectively) and is actually treated with a physicochemical method, with a COD removal of 36.3%; therefore, we evaluated methodologies of treatment focused on the oxidation of the organic fraction and the removal of the metal; like Fenton process and physicochemical processes based on coagulation-flocculation. A maximum COD removal of 75.3% was reached with the advanced oxidation Fenton process with the initial concentrations of hydrogen peroxide and ferrous ion of 1500 mg/L and 200 mg/L, respectively. With the physicochemical treatment, the COD removal values achieved were, 77.3% using ferric sulphate and 56.2% using aluminum sulphate. In relation to the removal of chromium, the maximum values were 55.5% in the Fenton treatment, 90.8% using ferric sulfate and 68.7% with aluminum sulphate. These values were compared with the efficiencies of current treatment, which has a maximum removal for COD, of 31.3% and 43.7% of chromium. The coagulation was the main mechanism for removal in both processes; but also chemical oxidation is involved in the Fenton process.

Fenton, advanced oxidation, coagulation, chemical oxidation, physicochemical, leachate

Citación: MIRELES-MUÑOZ, Héctor Emmanuel y PÁRAMO-VARGAS, Javier. Tratamiento del lixiviado del antiguo relleno sanitario La Reserva mediante procesos Fenton y fisicoquímico. Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-4:1-12

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: emmanuelmireles@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El sitio denominado “La Reserva”, donde se ubica el antiguo relleno sanitario de la ciudad de León, Guanajuato, del mismo nombre; cuenta con una superficie de 37 hectáreas, de las cuales 25 hectáreas fueron destinadas para la disposición de los residuos, con un total de 5.5 millones de toneladas acumuladas. La Reserva se encuentra en el ejido Plan de Ayala en el suroeste de la ciudad de León encontrándose a la altura del kilómetro 7 de la carretera León–San Francisco del Rincón. El sitio funcionó durante 16 años, recibiendo al inicio de operaciones alrededor de 900 ton/día, para terminar con un ingreso de 1600 ton/día, cuando fue clausurado en mayo de 2001. El sitio se encuentra en una zona de recarga del acuífero y como no se realizaron obras de impermeabilización, hay riesgos de infiltración al subsuelo y escurrimientos superficiales dentro y fuera del sitio. Aunado a todo lo descrito anteriormente, se debe considerar que el sitio recibió residuos de origen industrial, entre los que destacan metales pesados como el cromo, el cual constituye sin duda alguna, un gran riesgo ambiental, ya que, en condiciones anaerobias, como son las que prevalecen en el sitio, los metales pesados presentes en dichos residuos, se solubilizan más fácilmente, potencializando su movilización al subsuelo.

En el año 2005 se llevó a cabo la construcción de una planta de tratamiento de lixiviado, una fosa de captación de lixiviado y una plancha de secado de lodos. Esta planta inicio su operación a partir de febrero del 2012, opera por lotes y cada lote es de un volumen de 40 m³. Tratando diariamente 80 m³ de lixiviado por turno, con una eficiencia de remoción de DQO del 36%. Actualmente se busca, como parte de la clausura, entre otras acciones, la descarga de lixiviado tratado a un cuerpo federal y la reducción de costos de tratamiento del lixiviado.

Marco teórico

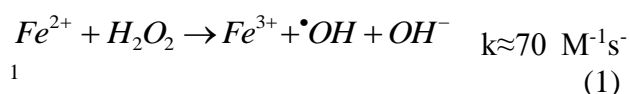
Los lixiviados, son líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contienen en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos. Pueden ocasionar la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro; por lo que representan un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos. Dada su gran diversidad de contaminantes, es necesario tratarlos; existiendo diferentes tipos de tratamiento como los procesos de oxidación avanzada y el tratamiento fisicoquímico.

Los procesos de oxidación avanzada son aquéllos basados en la generación y acción de especies fuertemente oxidantes, siendo los más comunes los que usan los radicales hidroxilo ($\bullet\text{OH}$). El radical ($\bullet\text{OH}$) tiene un alto poder oxidante ($E^\circ = 2.8 \text{ V}$, ENH), solamente menor que el flúor, como puede verse en tabla 1. Su potencial de oxidación es mayor que otros oxidantes químicos, como el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y el permanganato de potasio (KMnO_4) (Isarain-Chávez et al., 2010). Es capaz de oxidar todos los compuestos orgánicos, ya sea en forma parcial o total hasta CO_2 y H_2O , y a los correspondientes iones inorgánicos. Es un oxidante no selectivo, para el cual, sin embargo, hay algunos compuestos refractarios como el ácido oxálico, oxámico y el acético (Bigda, 1995; Hermosilla, Cortijo, & Huang, 2009). La formación de estos ácidos carboxílicos, limita la eficiencia de estos procesos de tratamiento, particularmente el oxámico que es el más recalcitrante (García-Segura & Brillas, 2011).

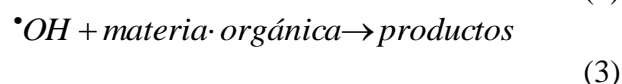
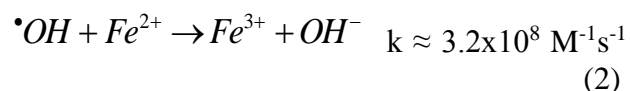
Oxidante	Potencial normal de reducción, E°(V) vs ENH
F ₂	3.03
•OH	2.8
O ₃	2.07
H ₂ O ₂	1.77
MnO ₄ ⁻	1.67
Cloro	1.36
O ₂	1.23

Tabla 1 Potenciales de reducción

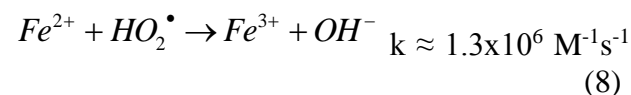
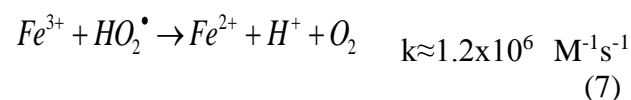
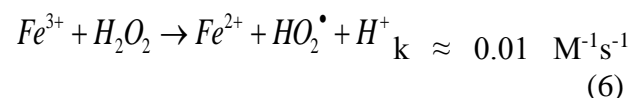
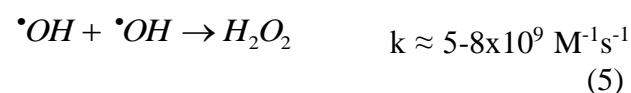
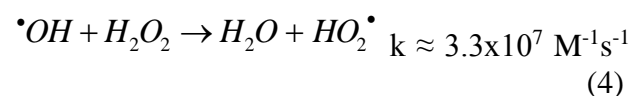
El proceso Fenton, es el proceso químico más común de oxidación avanzada, donde se generan los radicales hidroxilo (•OH), a partir de la reacción de Fenton entre iones Fe²⁺ y peróxido de hidrógeno (H₂O₂), en solución ácida (pH óptimo entre 2.8 y 3); como lo muestra la reacción 5 (Babuponnusami & Muthukumar, 2014; Blanco, Torrades, De la Varga, & García-Montaño, 2012; Neyens & Baeyens, 2003; Reyna et al., 2011). A pH mayores de 3, se da la precipitación química del hidróxido férrico; mientras que a pH ligeramente menores a 3, se tiene una condición autocatalítica del hierro (Méndez-Díaz, Sánchez-Polo, Rivera-Utrilla, Canonica, & von Gunten, 2010; Umar, Aziz, & Yusoff, 2010) que hace viable el proceso Fenton.



Los radicales hidroxilo, pueden reaccionar con iones ferrosos o con compuestos orgánicos (reacciones 6 y 7) (Babuponnusami & Muthukumar, 2014; Neyens & Baeyens, 2003; Umar et al., 2010).



Se puede dar también la reacción entre los radicales hidroxilo y el peróxido de hidrógeno, para producir otros radicales o combinarse entre ellos para producir peróxido de hidrógeno, además de otras que se refieren a continuación (reacciones 8 a 12) (Babuponnusami & Muthukumar, 2014; Fan et al., 2009; Neyens & Baeyens, 2003). Estas reacciones y sus velocidades de reacción deben considerarse, por las reacciones de competencia que pueden establecerse.



Los radicales hidroxilo pueden oxidar los compuestos orgánicos (RH), por los mecanismos mencionados previamente. Los iones férricos generados pueden formar hidroxocomplejos férricos, cuyas especies predominantes son en orden de importancia, las siguientes: [Fe(H₂O)₅(Umar et al.)]²⁺ y [Fe(H₂O)₄(Umar et al.)₂]⁺ (Gallard, De Laat, & Legube, 1999). Estas reacciones son muy rápidas y el equilibrio se alcanza en unos segundos, luego de mezclar el Fe²⁺ y el H₂O₂ (De Laat & Gallard, 1999)

Estos hidroxocomplejos férricos dan al proceso Fenton la capacidad de coagulación, capturando sólidos suspendidos finos y formando en conjunto flóculos que terminan precipitando (Kang & Hwang, 2000; Sheng H. Lin, Lin, & Leu, 1999; Neyens & Baeyens, 2003; Peres, Beltrán de Heredia, & Domínguez, 2004; Üstün, Solmaz, Morsünbül, & Azak, 2010). Los factores principales son el ya comentado pH, la relación molar $[\text{Fe}^{2+}]/[\text{H}_2\text{O}_2]$ que con valores menores de 1 favorece la oxidación química y la temperatura, cuyo valor se recomienda en general sea menor de 45°C. Hay estudios como el de (Deng & Englehardt, 2006) que refieren la utilidad de los procesos tipo Fenton para el tratamiento de lixiviados, con remociones de DQO entre el 50 y 70%.

Por otro lado, el tratamiento fisicoquímico, se basa en la remoción de contaminantes en forma de flóculos. Sus etapas principales son la floculación y la coagulación. El fundamento es la desestabilización de coloides, que se lleva a cabo a través de especies coagulantes por adsorción o bien a través de inmersión dentro de los precipitados de hidróxidos o carbonatos (Weber, 1979). Las partículas desestabilizadas, se unen y forman flóculos, que por efecto de barrido crecen al precipitarse. Las variables principales son el pH y las dosis del coagulante y floculante; las cuales se determinan experimentalmente.

Materiales y métodos

Materiales y reactivos

La muestra de lixiviado se tomó a la entrada de la planta de tratamiento del mismo y se mantuvo en refrigeración a 4 °C.

Se usó sulfato ferroso, ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), marca KEM, 99% de pureza; oxisulfato de titanio (IV) – ácido sulfúrico ($\text{O}_5\text{STi} \cdot x\text{H}_2\text{SO}_4$), Fluka analytical, 27-31% H_2SO_4 ; peróxido de hidrógeno, H_2O_2 , marca Karal, 29-32% de pureza; acetato de amonio, $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, 98% de pureza; ortofenantrolina: $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\text{H}_2\text{O}$, 100% de pureza; ácido sulfúrico, H_2SO_4 , 97.8% de pureza; ácido ascórbico, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, 99% de pureza; sulfato mercúrico, HgSO_4 , 98% de pureza; sulfato de plata, Ag_2SO_4 , 98% de pureza; dicromato de potasio, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 99% de pureza; sulfato ferroso amoniacal hexahidratado, $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$, 98.5-100 % de pureza y agua destilada. En las pruebas de tratamiento fisicoquímicas se usó sulfato de aluminio marca ESPEQUIM al 7.5%, sulfato férrico marca ESPEQUIM al 48%, hidróxido de calcio marca CALHIDRA al 80% de pureza, policloruro de aluminio marca PYSITEC al 17% y poliacrilamida hidrolizada marca PYSITEC.

Equipo

La conductividad y el pH fueron medidos con un equipo multiparamétrico marca HACH y la turbidez fue medida con un equipo Hanna Instruments modelo HI 93703. Las mediciones colorimétricas se hicieron con un espectrofotómetro de UV visible CARY 50. Para la DQO se usó un reactor de DQO marca Hanna Instruments, y en las pruebas de jarras de tratamiento fisicoquímico se usó un equipo de agitación múltiple marca TEMSA.

Metodologías de análisis

El lixiviado fue tratado sin alteración alguna por los métodos de prueba estudiados. En tanto que las muestras de monitoreo de la fase experimental, fueron primeramente preparadas para su análisis, filtrando a través de un filtro de fibra de vidrio Whatman A.

La determinación de la concentración de especies iónicas de hierro se hizo por el método de la fenantrolina (A. P. H. Association, Association, Federation, & Federation, 1915; A. W. W. Association, 1915; Farias, Albizzati, & Alfano, 2009), basado en la presencia del ión ferroso en solución y la reducción del ión férrico a ferroso. Esta medición se hizo por una metodología Ultravioleta-Visible a una longitud de onda de 508 nm, basada en la formación de un complejo rojo-naranja. Para la determinación del hierro total, se agregó un poco de ácido ascórbico para la reducción del ión férrico a ferroso; mientras que la concentración de ión férrico se obtuvo restando la concentración de ión ferroso a la total. En el caso del H_2O_2 , su concentración se calculó también por espectrofotometría de UV a una longitud de onda de 406 nm, usando oxisulfato de titanio en una proporción muestra: oxisulfato de 10:1. La DQO se determinó por el método de reflujó (A. P. H. Association et al., 1915), corrigiendo sus valores con la ecuación de (Kang, Cho, & Hwang, 1999), por la presencia de H_2O_2 residual. Finalmente, el cromo se determinó por absorción atómica con un equipo marca VARIAN.

Sistemas de tratamiento

Los tratamientos de oxidación avanzada Fenton se llevaron en un sistema por lotes, con un reactor de capacidad de 1 L, agitación de 350 rpm y temperatura constante de 23 °C. Por otro lado, las pruebas fisicoquímicas se llevaron por lotes en un equipo de jarras. En el caso del tratamiento Fenton se seleccionó un diseño factorial 3^2 , con los factores, concentración inicial de $[H_2O_2]_0$ y concentración inicial de $[Fe^{2+}]_0$ para el tratamiento Fenton. Se trabajó con 3 niveles de $[H_2O_2]_0$ y 3 niveles de $[Fe^{2+}]_0$, como se muestra en la tabla 2.

Prueba	$[H_2O_2]_0$ (mg/l)	$[Fe^{2+}]_0$ (mg/l)
1-1	600	100
1-2	600	150
1-3	600	200
1-4	1100	100
1-5	1100	150
1-6	1100	200
1-7	1500	100
1-8	1500	150
1-9	1500	200

Tabla 2 Diseño de experimentos del tratamiento Fenton

La dosis óptima del $[H_2O_2]_0$ fue calculada a partir del balance estequiométrico, el cual establece una relación entre la DQO (oxígeno necesario para oxidar químicamente la muestra) y el agente oxidante. La relación es de 1g de DQO igual a 0,03125 mol O_2 , igual a 0,0625 mol H_2O_2 (Blanco et al., 2012). Por otro lado, en el caso de las pruebas fisicoquímicas, primero se determinó el pH óptimo y luego la dosis óptima.

Resultados

Tratamiento Fenton

La caracterización del lixiviado arrojó los siguientes valores medios: pH de 8.6, conductividad de 10.9 mS/cm, 2.4 mg Cr/L y 2347 mg/L de DQO. El H_2O_2 residual tiene un aporte de DQO en los resultados de las pruebas, por lo que fue necesario realizar la corrección de su interferencia, mediante la ecuación 1 y 2 (Kang et al., 1999).

$$f = 0.4706 - 4.06 \times 10^{-5} \times 10^{-5} [H_2O_2]$$

$$DQO \left(\frac{mg}{L} \right) = DQO_m - [H_2O_2] f [H_2O_2]$$

Las más altas eficiencias de remoción de DQO se obtuvieron con las siguientes condiciones: a) $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ de 1100 mg/, $[\text{Fe}^{2+}]_0$ de 150 mg/L, con un porcentaje de remoción de 70.6%, b) $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ de 1500 mg/, $[\text{Fe}^{2+}]_0$ de 150 mg/L, con un porcentaje de remoción de 75.3% y c) $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ de 1500 mg/, $[\text{Fe}^{2+}]_0$ de 200 mg/L, con un porcentaje de remoción de 70.7%. La gráfica de figura 1, muestra la variación de la demanda química de oxígeno disuelta residual (DQO_d) con el tiempo. Se puede observar que el máximo nivel de remoción de DQO, del 75%; corresponde a una DQO_d residual de 580 mg/L. Hay una reducción importante de este parámetro en los primeros 2.5 minutos y la variación continúa siendo notoria hasta los 20 minutos; mientras que, en la parte restante, permanece casi constante; comportamiento similar al reportado por Blanco et al, para agua residual textil, alcanzando una condición estable entre 30 y 40 min. Esto es importante pues se relaciona con el tiempo de retención, parámetro que en diseño determina el tamaño de las unidades. Este comportamiento, indica que se ha llegado a una condición donde los compuestos presentes no son ya susceptibles de remover por este proceso.

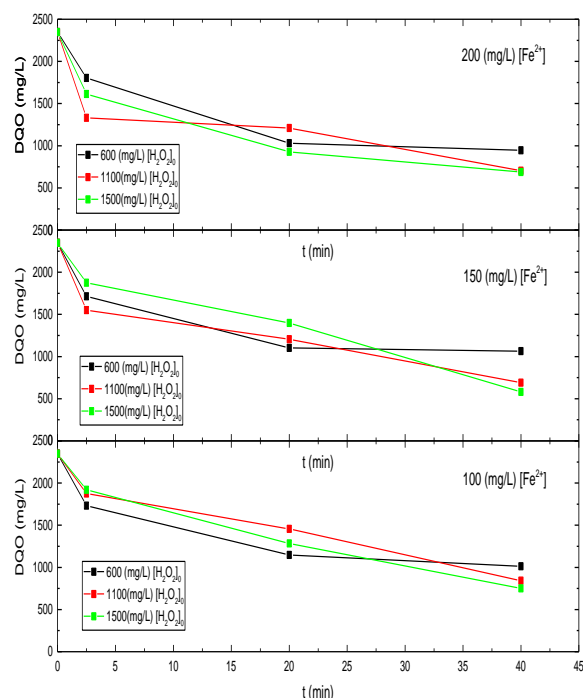


Figura 1 Variación de DQO disuelta residual con respecto al tiempo de reacción de ensayos Fenton

Este comportamiento de la DQO y la explicación referida es congruente con el comportamiento de la concentración de peróxido residual, la cual se muestra en la gráfica de figura 2. Hay una reacción de descomposición rápida del peróxido en los primeros 2.5 minutos y teniendo pequeños cambios en el resto del tiempo. Considerando el comportamiento observado de la DQO, estos cambios finales en la concentración de H_2O_2 , se deben a procesos competitivos como la autodescomposición y la reducción del Fe^{3+} (ecuaciones 4 y 7). El porcentaje de descomposición del peróxido es alto, superior al 89.9%.

Analizando las gráficas de las figuras 1 y 2, se encuentra que al aumentar la concentración de $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$, aumenta la remoción de DQO.

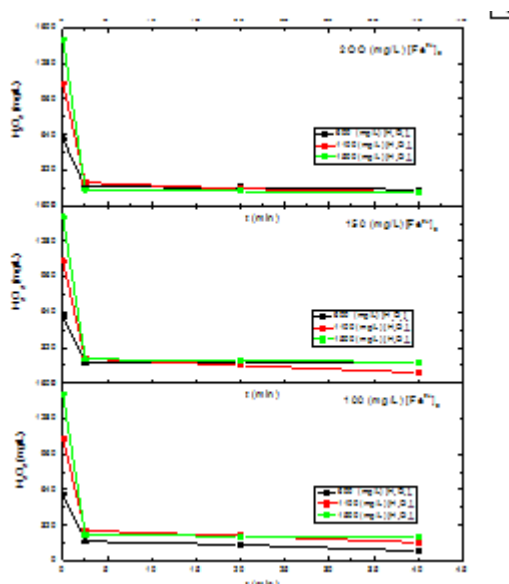


Figura 2 Variación de la concentración de H₂O₂ residual en el tratamiento Fenton

Por otro lado, el comportamiento del Fe²⁺ es muy importante, pues cataliza la reacción Fenton, que produce el radical hidroxilo; el cual es el responsable de la oxidación de la materia orgánica presente en el lixiviado. Este ión también interviene en procesos fisicoquímicos de remoción, al cambiar a Fe³⁺, reaccionando con las partículas coloidales, precipitándolas y formando lodo (Deng & Englehardt, 2006; Sheng H Lin & Lo, 1997). La tabla 3, muestra los valores de las concentraciones finales de las especies de hierro.

Fe (mg/L)								
[H ₂ O ₂] ₀ (600 mg/L) 6-3			[H ₂ O ₂] ₀ (1100 mg/L) 7-3			[H ₂ O ₂] ₀ (1500 mg/L) 8-3		
Fe ²⁺	Fe ³⁺	Fe _t	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Fe _t	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Fe _t
[Fe ²⁺] ₀ = 100 mg/L								
53	67	14	57	76	19	61	75	14
[Fe ²⁺] ₀ = 150 mg/L								
62	70	7	77	86	9	53	72	19
[Fe ²⁺] ₀ = 200 mg/L								
60	70	10	87	86	1	60	70	10

Tabla 3 Concentraciones residuales de especies de hierro del tratamiento Fenton.

Los datos muestran que la concentración de la especie Fe³⁺ es la menor de las 3, lo cual es congruente con lo observado en las pruebas de tratabilidad. En ellas se observó la formación de lodo, resultado de un proceso de coagulación-floculación. El hierro en su forma oxidada, precipita, arrastrando material coloidal (Lau, Wang, & Fang, 2001; Umar et al., 2010; Zhang, Wu, & Li, 2012). Por otro lado, la concentración de Fe²⁺ es todavía importante con valores superiores a 50 mg/L. Estos valores, junto con los ya comentados de H₂O₂ residual, hacen viable aún el proceso Fenton con la consecuente generación de radicales; lo cual se da; pero ya estos radicales no afectan a los compuestos presentes. Esto confirma que lo que se da son las ya referidas reacciones competitivas y de autodescomposición del H₂O₂.

La información muestra que hay dos mecanismos que intervienen en la remoción de la DQO, la oxidación química y la coagulación. Esto se confirmó determinando para el lixiviado tratado, la demanda química de oxígeno total DQO_t y la disuelta DQO_d en el caso de la mejor condición ([H₂O₂]₀ = 1500 mg/L y [Fe²⁺]₀ = 150 mg/L). La diferencia entre la DQO_i y la DQO_t permitió estimar la remoción por oxidación química y la remoción por coagulación se estimó considerando la DQO_t y la DQO_d (Deng, 2007). Así, del 75% total de remoción, la oxidación removió el 10% y la coagulación el 65%.

En relación al diseño de experimentos, el estudio fue realizado con un intervalo de confianza del 95%, obteniendo un valor de R² de 81.4593%, que indica una buena correlación del modelo elegido. El diagrama de Pareto estandarizado para la DQO (figura 3), muestra que las concentraciones [Fe²⁺]₀ y [H₂O₂]₀ son factores significativos en el proceso. El [H₂O₂]₀ tiene un mayor efecto; por ello sus cambios tienen un efecto importante en la eficiencia.

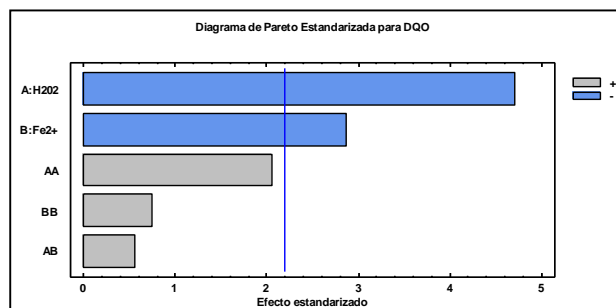


Figura 3 Diagrama de Pareto estandarizado para tratamiento Fenton

Por otro lado, el gráfico de efectos (figura 4), permite observar un comportamiento curvo de la variación de $[DQO]_d$ residual; reduciéndose al inicio con el aumento de la concentración de $[H_2O_2]_0$, alcanzando su menor valor antes de llegar a la concentración de 1500 mg/L.

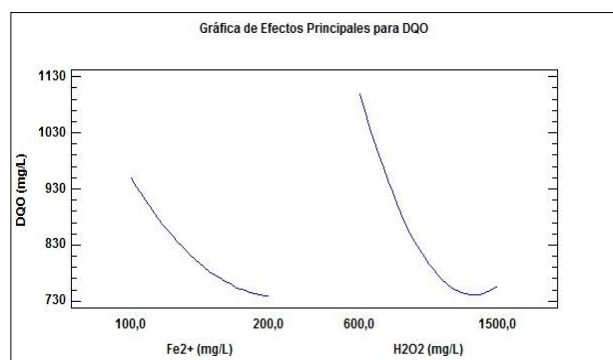


Figura 4 Gráfica de efectos principales para tratamiento Fenton

Este comportamiento curvo puede deberse a que en condiciones de exceso hay más H_2O_2 residual que significa en sí mismo un cierto valor de DQO y su información puede ser útil para el diseño de su aplicación real, permitiendo bajar los costos de tratamiento; esto es, no forzosamente una situación de máxima concentración de reactivos es la más adecuada. En relación a la $[Fe^{2+}]_0$, al aumentar su valor, se tiene una mejor eficiencia; esto es una menor DQO_d residual.

Tratamiento fisicoquímico

Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$)

En estas pruebas se consideraron factores como: generación de lodo, velocidad de sedimentación, velocidad de resuspensión de lodo y porcentaje de remoción de turbidez. En este caso se logró un porcentaje de remoción máximo de DQO del 49.4% a pH 6 y 250 mg/L de $Al_2(SO_4)_3$.

Sulfato férrico ($Fe_2(SO_4)_3$)

En este tratamiento se hizo primero un ajuste de pH a 9, con cal, buscando remover metales como el cromo. Posteriormente se hizo el tratamiento con el sulfato férrico, si realizar ajustes de pH, solamente variando la dosis del reactivo y al final en cada prueba se usó acrilamida como floculante. La mejor remoción fue con una dosis de 900 mg/L de $Fe_2(SO_4)_3$; obteniendo una DQO final de 533 mg/L, significando una remoción del 77%.

Pruebas con policloruro de aluminio

Este tratamiento es el que actualmente se realiza, por lo que solo se repitieron sus condiciones, obteniendo una DQO final de 1613 mg/L, que corresponde a un porcentaje de remoción del 31%. En la gráfica de la figura 5, se muestran las concentraciones finales de las mejores pruebas de cada caso.

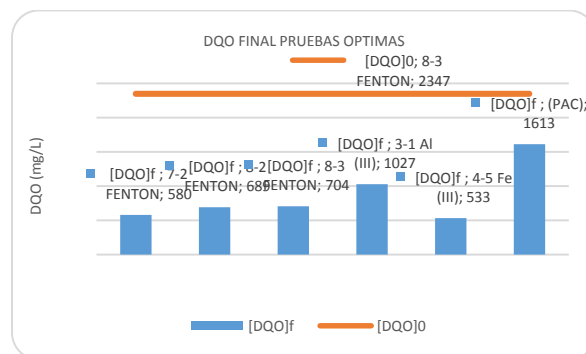


Figura 5 Concentraciones finales de DQO por prueba

El proceso Fenton no es capaz de lograr una completa mineralización de todos los contaminantes orgánicos, pero sí un incremento de la biodegradabilidad. Algunos de los compuestos identificados como resistentes a la reacción Fenton son: ácidos orgánicos de cadena corta (acético, oxálico, fórmico, maleico, fumárico), algunos aldehídos, cloroformo y acetona (Blanco et al., 2012). El tratamiento llevado a cabo a través de Fe (III) resultó ser el más efectivo en todos los parámetros, aunque muy similar al Fenton que también alcanzó una eficiencia del 75%.

Remoción de cromo

En relación a la remoción de cromo, el proceso Fenton, presentó una baja eficiencia, dado su pH de trabajo, cercano a 3; condición en la cual este metal se halla predominantemente como Cr^{3+} , especie caracterizada por su solubilidad. Así, como puede verse en la gráfica de figura 6, el porcentaje de remoción de cromo total por el proceso Fenton es menor que las metodologías fisicoquímicas, pero mayor que el tratamiento actual. Esta diferencia con los procesos fisicoquímicos es baja, en relación al sulfato de aluminio y alta comparando con el sulfato férrico; pero puede acortarse, pues el ajuste posterior del pH del lixiviado tratado, permite una remoción extra de cromo.

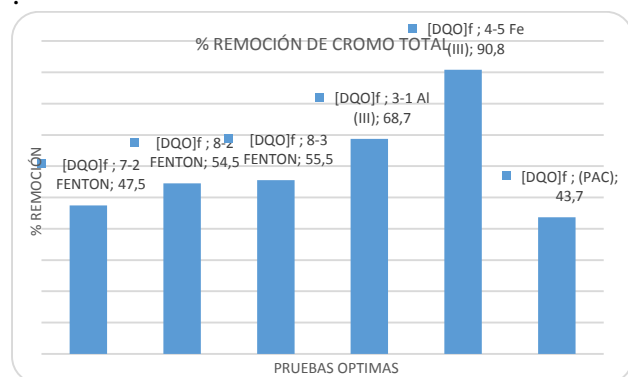


Figura 6 Porcentajes de remoción de cromo en las mejores pruebas

Se realizaron también mediciones de turbidez, que mostraron la gran eficiencia de remoción de material coloidal del proceso Fenton, como puede verse en la figura 7.

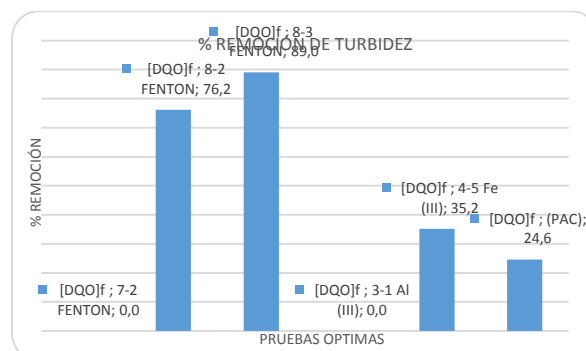


Figura 7 Remoción de turbidez de las pruebas optimas

Finalmente, en relación a la conductividad, parámetro indicador de la concentración de sales, hubo una remoción promedio del 20%.

Conclusiones

El proceso Fenton es una excelente alternativa de tratamiento para el lixiviado generado en el Antiguo Relleno Sanitario La reserva; pues se lograron resultados que rebasaron la eficiencia del 70% en la remoción de DQO gracias a los mecanismos de oxidación química y coagulación físico-química. Se observó una gran influencia del Fe^{3+} en la remoción de DQO en los dos mejores sistemas del estudio. Primeramente, en el proceso Fenton, en el cual su formación se da gracias a la oxidación del Fe^{2+} , adsorbiendo y precipitando el material coloidal y sólidos que aportan valor a la DQO del lixiviado.

Se obtuvieron valores muy altos en la remoción de la turbidez, valor influenciado por el hierro, el cual además de funcionar como catalizador del proceso en su forma Fe^{2+} , funciona como un coagulante precipitando en forma de Fe^{3+} .

La precipitación de este metal contribuye también a la reducción del cromo, aunque este proceso se vuelve poco eficiente alcanzando remociones de solo el 50% de la concentración inicial, debido a que el pH del sistema lo vuelve soluble evitando ser adsorbido o precipitado.

En el tratamiento llevado a cabo con sulfato férrico, el Fe^{3+} nuevamente desempeña un papel clave en la remoción de DQO, turbidez y cromo principalmente, al formar especies insolubles de hierro, que permiten la coagulación-floculación. Se alcanzó la mejor remoción de DQO, del orden del (77%). Aunque este sistema superó las eficiencias alcanzadas por el tratamiento Fenton, no es una opción viable debido a los altos costos de operación de \$75.2 por m^3 .

El tratamiento con sulfato de aluminio, no se considera adecuado por el bajo nivel de remoción de DQO alcanzado (49.4%) y su alto costo de operación.

El sistema de tratamiento actual opera bajo un proceso poco eficiente y con altos costos operativos (\$94.75 por m^3). Las condiciones en que opera este tratamiento fueron replicadas a nivel laboratorio dando como resultado una remoción de DQO de 31.3% y de cromo, del 43.7%; eficiencias muy bajas, comparadas con cualquiera de las demás metodologías.

El proceso Fenton es una opción viable para tratar el lixiviado generado en el antiguo Relleno Sanitario La Reserva, debido a la alta eficiencia de remoción de la DQO y la reducción de costos de tratamiento, estimada en un 50%, en comparación con el tratamiento actual.

La remoción del cromo es otro factor importante a considerar en el desempeño de este sistema, ya que a pesar de no alcanzar concentraciones altas al término del proceso Fenton, la remoción restante se puede lograr combinando la metodología usada en el proceso físico-químico, en el cual la precipitación y remoción del metal se da a un pH 9, es decir; la etapa de neutralización realizarla con cal hasta un pH 9.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Tecnológica de León y al Sistema Integral de Aseo Público de León Guanajuato por su apoyo para la realización de este proyecto.

Referencias

Association, A. P. H., Association, A. W. W., Federation, W. P. C., & Federation, W. E. (1915). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (Vol. 2): American Public Health Association.

Association, A. W. W. (1915). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (Vol. 2): American Public Health Association.

Babuponnusami, A., & Muthukumar, K. (2014). A review on Fenton and improvements to the Fenton process for wastewater treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(1), 557-572. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2013.10.011

Bigda, R. J. (1995). Consider Fenton's chemistry for wastewater treatment. *Journal Name: Chemical Engineering Progress; Journal Volume: 91; Journal Issue: 12; Other Information: PBD: Dec 1995, Medium: X; Size: pp. 62-66.*

- Blanco, J., Torrades, F., De la Varga, M., & García-Montaño, J. (2012). Fenton and biological-Fenton coupled processes for textile wastewater treatment and reuse. *Desalination*, 286, 394-399.
- De Laat, J., & Gallard, H. (1999). Catalytic decomposition of hydrogen peroxide by Fe (III) in homogeneous aqueous solution: mechanism and kinetic modeling. *Environmental Science & Technology*, 33(16), 2726-2732.
- Deng, Y. (2007). Physical and oxidative removal of organics during Fenton treatment of mature municipal landfill leachate. *Journal of Hazardous Materials*, 146(1), 334-340.
- Deng, Y., & Englehardt, J. D. (2006). Treatment of landfill leachate by the Fenton process. *Water Research*, 40(20), 3683-3694.
- Fan, H.-J., Huang, S.-T., Chung, W.-H., Jan, J.-L., Lin, W.-Y., & Chen, C.-C. (2009). Degradation pathways of crystal violet by Fenton and Fenton-like systems: Condition optimization and intermediate separation and identification. *Journal of Hazardous Materials*, 171(1), 1032-1044. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.06.117
- Farias, J., Albizzati, E. D., & Alfano, O. M. (2009). Kinetic study of the photo-Fenton degradation of formic acid. *Catalysis Today*, 144(1), 117-123. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.cattod.2008.12.027
- Gallard, H., De Laat, J., & Legube, B. (1999). Spectrophotometric study of the formation of iron (III)-hydroperoxy complexes in homogeneous aqueous solutions. *Water Research*, 33(13), 2929-2936.
- García-Segura, S., & Brillas, E. (2011). Mineralization of the recalcitrant oxalic and oxamic acids by electrochemical advanced oxidation processes using a boron-doped diamond anode. *Water Research*, 45(9), 2975-2984. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2011.03.017
- Hermosilla, D., Cortijo, M., & Huang, C. P. (2009). The role of iron on the degradation and mineralization of organic compounds using conventional Fenton and photo-Fenton processes. *Chemical Engineering Journal*, 155(3), 637-646. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2009.08.020
- Isarain-Chávez, E., Arias, C., Cabot, P. L., Centellas, F., Rodríguez, R. M., Garrido, J. A., & Brillas, E. (2010). Mineralization of the drug β -blocker atenolol by electro-Fenton and photoelectro-Fenton using an air-diffusion cathode for H₂O₂ electrogeneration combined with a carbon-felt cathode for Fe²⁺ regeneration. *Applied Catalysis B: Environmental*, 96(3), 361-369. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.apcatb.2010.02.033
- Kang, Y. W., Cho, M.-J., & Hwang, K.-Y. (1999). Correction of hydrogen peroxide interference on standard chemical oxygen demand test. *Water Research*, 33(5), 1247-1251. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00315-7
- Kang, Y. W., & Hwang, K.-Y. (2000). Effects of reaction conditions on the oxidation efficiency in the Fenton process. *Water Research*, 34(10), 2786-2790.
- Lau, I. W., Wang, P., & Fang, H. H. (2001). Organic removal of anaerobically treated leachate by Fenton coagulation. *Journal of environmental engineering*, 127(7), 666-669.

- Lin, S. H., Lin, c. M., & Leu, H. G. (1999). Operating characteristics and kinetic studies of surfactant wastewater treatment by Fenton oxidation. *Water Research*, 33(7), 1735-1741. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00403-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00403-5)
- Lin, S. H., & Lo, C. C. (1997). Fenton process for treatment of desizing wastewater. *Water Research*, 31(8), 2050-2056.
- Méndez-Díaz, J., Sánchez-Polo, M., Rivera-Utrilla, J., Canonica, S., & von Gunten, U. (2010). Advanced oxidation of the surfactant SDBS by means of hydroxyl and sulphate radicals. *Chemical Engineering Journal*, 163(3), 300-306. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2010.08.002>
- Neyens, E., & Baeyens, J. (2003). A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique. *Journal of Hazardous Materials*, 98(1), 33-50. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3894\(02\)00282-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3894(02)00282-0)
- Peres, J. A., Beltrán de Heredia, J., & Domínguez, J. n. R. (2004). Integrated Fenton's reagent—coagulation/flocculation process for the treatment of cork processing wastewaters. *Journal of Hazardous Materials*, 107(3), 115-121. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2003.09.012>
- Reyna, S., Sanchez, J. L., Bandala, E. R., Peralta-Hernández, J. M., Martínez-Huitle, C. A., & Quiroz, M. A. (2011). Comparative analysis between the biological and electrochemical methods for removal of 4-nitrophenol from aqueous media. *Sustainable Environment Research*, 21(5).
- Umar, M., Aziz, H. A., & Yusoff, M. S. (2010). Trends in the use of Fenton, electro-Fenton and photo-Fenton for the treatment of landfill leachate. *Waste Management*, 30(11), 2113-2121. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.07.003>
- Üstün, G. E., Solmaz, S. K. A., Morsünbül, T., & Azak, H. S. (2010). Advanced oxidation and mineralization of 3-indole butyric acid (IBA) by Fenton and Fenton-like processes. *Journal of Hazardous Materials*, 180(1), 508-513. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.04.061>
- Weber, W. J. (1979). *Control de la calidad del agua: procesos fisicoquímicos*: Reverté.
- Zhang, H., Wu, X., & Li, X. (2012). Oxidation and coagulation removal of COD from landfill leachate by Fered–Fenton process. *Chemical Engineering Journal*, 210, 188-194.

Análisis de esfuerzos de una hélice de paso variable utilizando el análisis del elemento finito

PIERO-ESPINO, Román†*, LIZÁRRAGA-LIZÁRRAGA, Alejandro, MELLADO-OSUNA, Carlos y DAVIZON-CASTILLO, Yasser

Universidad Politécnica de Sinaloa. Carretera Municipal Libre Mazatlán Higuera Km 3, 82199 Mazatlán, Sin.

Recibido 3 de Octubre, 2017; Aceptado 19 de Diciembre, 2017

Resumen

Este trabajo de investigación analiza los esfuerzos y deformaciones de una hélice de paso variable de cuatro palas aplicando el método de elemento finito (FEM), esto mediante el uso del software Autodesk SimulationMechanical. La metodología propuesta consiste en aplicar cargas de empuje y torsión que actúan sobre las palas en dirección radial para cada pala. Ambas, torsión y el empuje son aplicadas como cargas puntuales siguiendo la distribución radial de cada carga. Los esfuerzos alcanzados no alcanzan la deformación del material, de tal forma que la deformación plástica no está presente en las palas. Finalmente, el FEM alcanzado muestra la distribución de los esfuerzos en la hélice de una forma más rápida que aplicar de una forma manual el cual es más complicado dada su geometría. La complejidad de la geometría y sus condiciones de frontera presentes en la hélice no permiten obtener una solución analítica, por lo cual es necesario aplicar soluciones basadas en métodos numéricos.

Hélice de paso variable, método de elemento finito, análisis de esfuerzos

Abstract

This research work analyzes the strength and deformations of a variable pitch propeller of four blades applying the Finite Element Method (FEM) using the software Autodesk Simulation Mechanical. The proposed methodology consists to apply thrust loads and torsion acting over the blades in the radial direction of each blade. Both torsion and thrust are applied to the finite element as point loads following the radial distribution of each charge. The strengths achieved do not reach the creep strength of the material, i.e., plastic deformation is not present in the blades. Finally, the FEM allowed for showing the strength distribution in the propeller in a faster way than applying the manual method which it is more complicated because of its geometry. The complexity of the geometry and the boundary conditions present in the propeller, do not allow for obtaining an analytical solution, therefore, it is necessary to apply a numerical method.

Variable pitch propeller, finite element method, strength analysis

Citación: PIERO-ESPINO, Román, LIZÁRRAGA-LIZÁRRAGA, Alejandro, MELLADO-OSUNA, Carlos y DAVIZON-CASTILLO, Yasser. Análisis de esfuerzos de una hélice de paso variable utilizando el análisis del elemento finito. Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-4:13-19

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: pespino@upsin.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las propelas de hélice pueden considerarse como parte de una superficie helicoidal que, cuando gira, parece “atornillarse” en el agua, con lo cual impulsa el agua hacia atrás y al vehículo al frente (Anderson y Tracy, 2012). Una sola condición es común a todos los sistemas de la propulsión: el empuje producido debe ser igual a la resistencia ofrecida al movimiento hacia adelante, en este punto el objeto está en equilibrio dinámico con sus alrededores, y mantendrá la velocidad, que es la esencia de la propulsión (Ricepropulsión, 2015). El mecanismo más común de propulsión marina es la hélice la cual convierte la mayor parte de la potencia del motor en una fuerza de empuje para propulsar una embarcación. El movimiento de la hélice es una combinación de una rotación con una traslación a lo largo del eje de rotación. La hélice está formado por elementos formados por una serie de dispositivos que se denominan palas o álabes, dispuestos de forma concéntrica sobre un eje y que giran alrededor de éste en un mismo plano.

Sepúlveda (2006) señala que para obtener un mejor rendimiento en la hélice frente a problema ocasionado por la cavitación es preciso calcular, para cada sección de la pala, los espesores necesarios para que pueda soportar, sin fracturas ni elongaciones excesivas, los esfuerzos a los que va a estar sometida. Por lo que el objetivo de este trabajo consiste en realizar el cálculo estructural para una hélice ya construida donde se analiza los esfuerzos y deformaciones de una hélice de paso variable de cuatro palas aplicando el análisis por elemento finito. La hélice de paso variable consiste en que cada una de las palas pueden girar con respecto a su propio eje de giro resultando casi perpendicular al eje de la hélice. Las palas se mueven simultáneamente mediante un mecanismo situado en el cubo que es accionado mecánica o hidráulicamente.

A continuación se describen diversos estudios que han evaluado el rendimiento de una hélice aplicando técnicas y análisis por elemento finito: Rao et. al (2012) propone una metodología para diseñar una hélice de material compuesto analiza los esfuerzos y deformaciones usando el software Ansys. Khan et. al (2013) realiza el modelado de la pala de la hélice analizando la respuesta de la frecuencia de vibración de la hélice fabricada de aluminio y otra de material compuesto. Yeo et. al (2014) analiza mediante el análisis por elemento finito la distribución de los esfuerzos en la pala de la hélice debido a la carga hidrodinámica. Sagar et. al (2013) señala que debido a la geometría compleja que tiene una hélice se requiere del uso de software de elemento finito para modelar el comportamiento de la hélice para el análisis de su respuesta dinámica. Suneetha et. al (2013) modela y analiza una hélice fabricada con materiales compuesto, el análisis por elemento finito de lleva a cabo usando Abacus, realizan una comparación entre diferentes materiales, para comparar el de mejor rendimiento.

Marco Teórico

El cálculo de los esfuerzos en la hélice es muy complicado debido a los siguientes aspectos: las fuerzas fluctúan, su distribución sobre la superficie de la pala de la hélice es difícil de calcular por la geometría de la hélice debido a que es muy compleja. Por tanto, es habitual el uso de métodos simplificados para calcular los esfuerzos en la pala de la hélice. (HydroComp, 2004), proporciona un modelo simple para la estimación de las fuerzas propulsivas que son adecuadas para el análisis por elemento finito:

a) las fuerzas pueden ser modeladas más bien por un conjunto de cargas puntuales que por una distribución de presiones, y b) las magnitudes de esas cargas puntuales pueden ser estimadas usando una distribución representativa para hélices libres. En la Fig. 1, se muestra como las tres fuerzas principales, empuje, torque y centrífuga, son aplicadas como cargas puntuales actuando en un segmento radial de la pala.

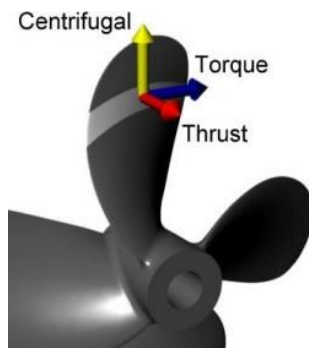


Figura 1 Diagrama de fuerzas. Las fuerzas de empuje son siempre axiales en su dirección, las fuerzas de torque es tangente al arco del radio y la fuerza centrífuga es normal al eje de rotación. Fuente: HydroComp (2004)

El empuje y torque es desarrollado a partir de las fuerzas de sustentación y arrastre locales en las secciones laminares de la pala definidas por su posición radial. La distribución de cargas para hélices es determinada mediante lo publicado por Schoenherr, en el artículo se describe la distribución entregada por la fuerza por unidad radial de distancia versus posición radial. La fuerza de empuje axial F_T y la fuerza por torque horizontal F_Q para una sección, se defienden por dos coordenadas radiales (Schoenherr, 1963).

$$F_{T(X_1 \text{ a } X_2)} = 3.5 RK_T [a_T(X_2) - a_T(X_1)] \quad (1)$$

$$F_{Q(X_1 \text{ a } X_2)} = 3.5 RK_Q [a_Q(X_2) - a_Q(X_1)] \quad (2)$$

Dónde:

R = Radio de la hélice.

$$K_T = \frac{T}{(Z \cdot R \cdot C_H)}$$

$$K_Q = \frac{T}{(Z \cdot R^2 \cdot C_H)}$$

X_2 = Coordenada radial externa.

X_1 = Coordenada radial interna.

$a_T(X)$ = Expresión de integración de empuje en X .

$a_Q(X)$ = Expresión de integración de torque en X .

T = Empuje de la hélice.

Q = Torque de la hélice.

Z = Número de palas.

C_H = expresión de integración del eje al borde.

X_H = Posición radial del borde del núcleo.

Y además:

$$a_T(X) = \left(-\frac{2}{105} \right) (8 + 4X + 3X^2 - 15X^3) \sqrt{(1-X)} \quad (3)$$

$$a_Q(X) = \left(-\frac{2}{105} \right) (2 + X + 3X^2) \sqrt{(1-X)} \quad (4)$$

$$C_H = \left(\frac{1}{15} \right) (8 + 4X_H + 3X_H^2 - 15X_H^3) \sqrt{1-X} \quad (5)$$

La hélice presenta las siguientes características (ver tabla 1)

Diámetro	1.65 m
Pasó	1.67 m
Número de palas	4
Radio del núcleo	0.257 m
Posición radial del borde del núcleo	7.89×10^{-3} m
Número de revoluciones	1800 rpm
Torque entregado (Q)	12795.21 N.m
Empuje generado (T)	69593.55 N
Relación de transmisión del motor	6 a 1
Potencia del eje	524 Hp

Tabla 1 Características de la hélice que serán consideradas para el cálculo de esfuerzos y deformaciones

La Fig. 2 se puede observar la geometría principal de la hélice, la cual servirá de referencia para la colocación de las cargas de empuje y torque y posteriormente realizar el modelo por elemento finito.

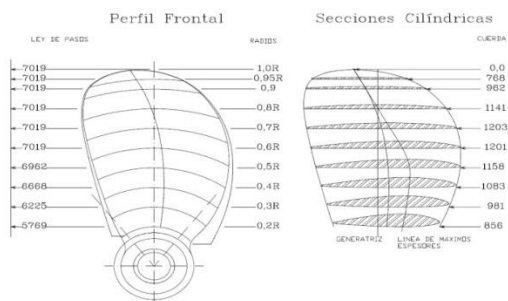


Figura 2 Geometría de la hélice

Para este estudio sólo se determina las cargas de empuje y torque, los resultados de la distribución de las cargas en el sentido radial de la pala se muestran la Fig 3.

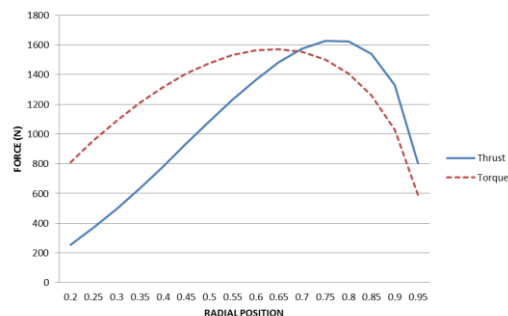


Figura 3 Distribución de cargas por empuje y torque con respecto al radio de la hélice

En base al resultado obtenido de las cargas por empuje y torque, se lleva a cabo la simulación de la hélice por el método elemento finito la cual se realizara por medio del programa Autodesk Simulation Mechanical 2015. Una vez establecidas las condiciones de frontera, mallado del modelo y definidas las cargas, se realiza los cálculos de los esfuerzos y deformaciones y usando como material bronce al manganeso, se usa el criterio de falla de Von Mises. En la Fig. 4, se muestran el modelo a analizar, se define el tipo de análisis como Static Stress With Linear Material Models, se realiza el modelo geométrico, es decir la creación del modelo matemático de la hélice y se discretiza generando el mallado, el elemento utilizado es tipo ladrillo (brick), se aplican las condiciones de frontera, se restringe la rotación y translación en el interior del núcleo que está en contacto con el eje de propulsión. Se colocan cargas puntuales en los nodos de acuerdo al sentido radial de la pala. Por último se lleva a cabo el análisis de los resultados (esfuerzos y deformaciones) a partir de los análisis estáticos.

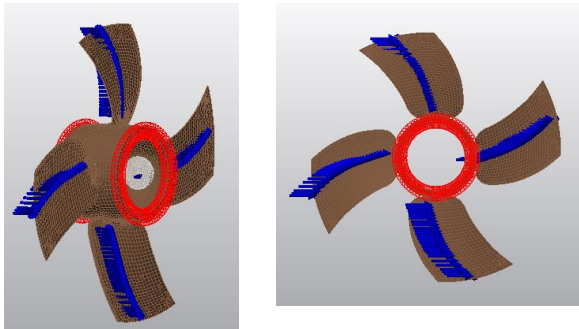


Figura 4 Condiciones de frontera

Resultados

En esta sección se presentan los resultados del modelado por elemento finito de la hélice. La distribución de los esfuerzos Von Mises obtenidos en la pala se indican en la Fig.5. En ella, se observan que existe concentración de esfuerzos en la base de la pala, alcanzando un esfuerzo máximo de 188 MPa, este esfuerzo no supera el esfuerzo de fluencia del material, por lo que bajo estas condiciones de carga no se producirá fallas en el material.

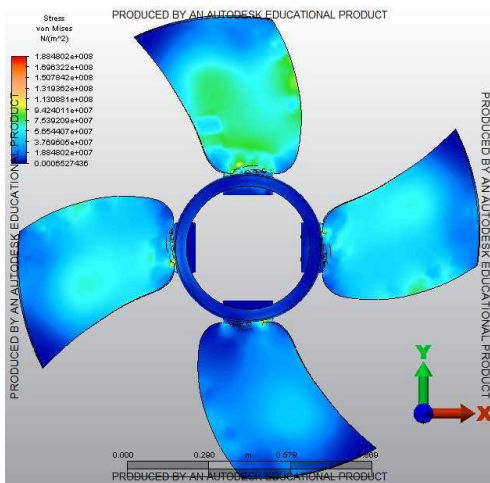


Figura 5 Análisis de esfuerzos, el esfuerzo máximo de 188 MPa, se encuentra localizado en la base de la pala

En la Fig. 6, se muestra la hélice sometida a las cargas de empuje y torsión.

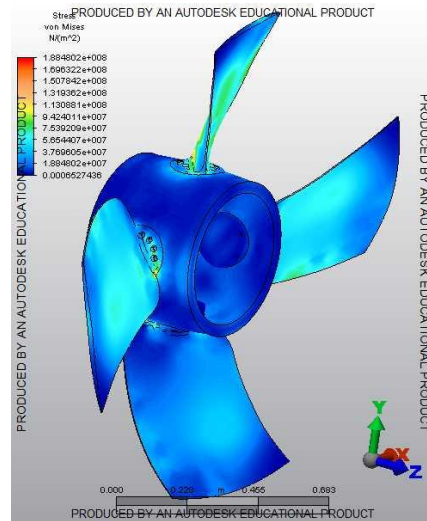


Figura 6 Esfuerzos máximos y mínimos

En la Fig.7 se observa los desplazamientos en la pala de la hélice, el análisis muestra la magnitud desplazamiento de 0.00475 m. Se encuentra localizado en la parte superior de la pala en el lado opuesto de la zona de mayor esfuerzo.

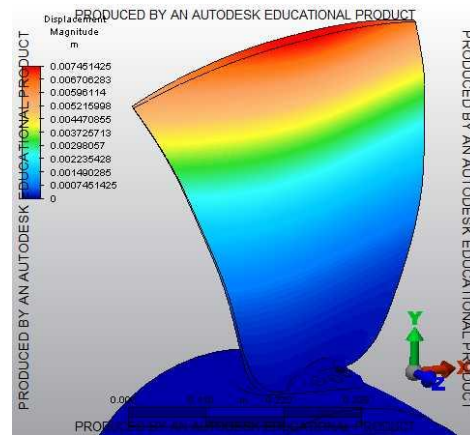


Figura 7 Se muestra el máximo desplazamiento de la pala de 0.00745 m

En hélice se puede apreciar como la pala ha sufrido una deformación por el esfuerzo aplicado. El valor de la deformación máxima correspondió a 0,00179 in/in.

En Fig. 8 se puede apreciar las deformaciones que sufre la hélice cuando es sometida a las cargas de empuje y torque.

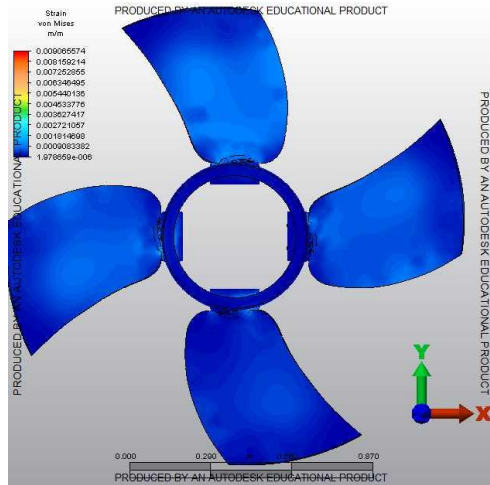


Figura 8 Se observa la máxima deformación en la pala de 0.00906 m

En la tabla 2, se muestran los resultados obtenidos mediante la simulación el método del elemento finito utilizado el programa Autodesk SimulationMechanical 2015.

Resultados	
Desplazamientos (m)	
X	0.0033
Y	0.0020
Z	0.0060
Esfuerzos (MPa)	
1er Esfuerzo principal	229
2do Esfuerzo principal	118
3er Esfuerzo principal	101
Esfuerzos Von Mises (MPa)	188

Tabla 2 Resultados obtenidos a través del método del elemento finito

Conclusiones

Basándose en los resultados obtenidos en la simulación numérica se concluye que:

El análisis por elemento finito permitió mostrar la distribución de los esfuerzos en la hélice de un modo más rápido que utilizando algún método manual el cual resulta más complicado debido a su geometría. Mediante esfuerzos equivalentes de Von Mises se determinaron las zonas de mayor concentración de esfuerzos. La mayor concentración se registró en la parte inferior de la pala. Aplicando los términos de esfuerzos permisibles, los esfuerzos no superaron el esfuerzo de fluencia del material, por lo que no se presentó deformación plástica en la pala de la hélice. Se tendría que verificar de nuevo el modelo por lo que propone lo siguiente: Realizar un análisis con diferentes materiales en la hélice ya que solo se analizó bronce manganeso. Se sugiere verificar los resultados ya sea con una prueba de laboratorio y realizar un estudio por medio de Computational Fluid Dynamics.

Referencias

Anderson, A.T. & Tracy M.C. (2012) Ingeniería Naval, En Avallone E.A. & Baumeister, T. (Eds.), Manual del ingeniero mecánico, 11-65: México. Editorial McGraw-Hill.

Khan, M. A., Uddin K. S. & Ahmed B. (2013). Design and Dynamic analysis on composite propeller of ship using FEA. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 2 (1). 310-315.

Yeo, K.B., Choong, W. H. & Hau W. Y. (2014). Prediction of propeller blade stress distribution through FEA. Journal of applied sciences. 14 (12), 3046-3054. doi:10.3923/jas.2014.3046.3054

Propeller Forces for Blade Strength Analysis. (06 de mayo de 2004]. Recuperado de <http://hydrocompinc.com/wp-content/uploads/documents/HC140-PropForcesForFEA.pdf>

Rao, Y.S., Rao k. M. & Reddy B.S. (2012). Stress analysis of composite propeller by using finite element analysis. *International Journal of Engineering Science and Technology*. 4 (8). 3866-3875.

Ricepropulsión. ¿Qué es la propulsión? Introducción a la propulsión (06 de mayo de 2015) recuperado de <http://www.ricepropulsion.com/esp/cartas.php?v=1#Ancla>

Sagar, M. V., Venkaiah, M. & Sunil D. (2013). Static and dynamic analysis of composite propeller of ship using FEA. *International Journal of Engineering Research & Technology*. 2 (7). 2587-2594.

Schoenherr, K.E.(1963). Formulation of Propeller Blade Strength, SNAME Spring Meeting.

Sepúlveda, R. A. (2006). Correlación de tensiones y deformaciones entre hélices de distintos materiales a través del método de elementos finitos [Tesis doctoral], Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.

Suneetha, M., Rao R. S., Vardhan V. V. & Gowd G. H. (2013). Design & Analysis of a surface propeller using FEM. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 3 (9). 198-204.

Elaboración de biopelícula a partir de las escamas, espinas y piel de Mojarra Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

MATA-GARCÍA, Moisés†*, HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, Daniel, VÁZQUEZ-BRIONES, María del Carmen y GONZÁLEZ-TOTO, Jorge

Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz. Av. Universidad Tecnológica Lote Grande 1, 96360 Nanchital, Ver

Recibido 12 de Octubre, 2017; Diciembre 8 de Junio, 2017

Resumen

El desarrollo de la industria pesquera a nivel industrial y artesanal genera una gran cantidad de residuos entre los que se incluyen cabezas, piel, escamas, hueso, cartílago etc. En el presente trabajo se realizó la extracción de colágeno de los desechos de la mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*) para la elaboración de una biopelícula biodegradable. Se realizó la extracción de colágeno a partir de los restos de la mojarra tilapia, y se comprobó mediante espectrofotometría IR; el espectro IR presenta las bandas relacionadas al colágeno: 3300 cm⁻¹, 1655 cm⁻¹, 1550 cm⁻¹ y 1250 cm⁻¹ (Camacho *et al.*, 2001). Se realizaron tres pruebas de plastificación del colágeno mediante una mezcla con agua, glicerina y alcohol polivinílico al 5%. La caracterización de la biopelícula indicó que el producto posee un 34.5% de hinchamiento, 19.19% de humedad y 0.2044% de cenizas. De acuerdo con lo anterior, se comprobó que los restos de la mojarra tilapia (escamas, cabeza, huesos y piel) pueden ser una fuente de colágeno, y que esta proteína se puede emplear en la elaboración de biopelículas biodegradables.

Tilapia, colágeno, biopelícula

Citación: MATA-GARCÍA, Moisés, HERNANDEZ-RAMÍREZ, Daniel, VÁZQUEZ-BRIONES, María del Carmen y GONZÁLEZ-TOTO, Jorge. Elaboración de biopelícula a partir de las escamas, espinas y piel de Mojarra Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-4:20-28

Abstract

The development of the fishing industry at industrial and artisanal level generates a large amount of waste including heads, skin, scales, bone, cartilage etc. In the present work the extraction of collagen from the debris of mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*) was carried out for the elaboration of a biodegradable biofilm. The extraction of collagen from the remains of mojarra tilapia was performed, and it was verified by IR spectrophotometry; The IR spectrum presents the bands related to collagen 3300 cm⁻¹, 1655 cm⁻¹, 1550 cm⁻¹ and 1250 cm⁻¹ (Camacho *et al.*, 2001). Three collagen plastification tests were performed by mixing with water, glycerin and 5% polyvinyl alcohol. The characterization of the biofilm indicated that the product has a 34.5% swelling, 19.19% humidity and 0.2044% ash. According to the above, it was found that the remains of mojarra tilapia (scales, head, bones and skin) can be a source of collagen, and that this protein can be used in the production of biodegradable biofilms.

Tilapia, collagen, biofilm

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: moisesmg2000@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La pesca es una actividad de gran importancia económica en México, siendo cinco las principales entidades productoras de este tipo de alimentos en 2016: Sonora, con un volumen de 439 mil 652 toneladas; Sinaloa, 313 mil 830 toneladas; Baja California Sur, 162 mil 681 toneladas; Baja California, 138 mil 475 toneladas, y Veracruz, 94 mil 195 toneladas. Nuestro país ocupó el séptimo lugar como productor de mojarra tilapia a nivel mundial, con una producción de 156 mil 146 toneladas (SAGARPA, 2017).

El desarrollo de la industria pesquera a nivel industrial y artesanal genera una gran cantidad de residuos y pérdidas en el manejo, almacenamiento, distribución y comercialización. La industrialización de esta actividad genera residuos entre los que se incluyen vísceras, cabezas, piel, escamas, hueso, cartílago etc., los cuales representan un foco de contaminación sino son tratados adecuadamente (Guerard *et al.*, 2010).

Los restos pesqueros, son una fuente rica en proteína que puede recuperarse, dándole un valor agregado a los desechos; la proteína principal en estos subproductos, es el colágeno (Gómez *et al.*, 2011).

El colágeno es un componente importante de todos los tejidos conectivos del cuerpo (músculos, dientes, huesos y piel) y se ha utilizado para la elaboración de alimentos funcionales, materiales de empaque biodegradable, películas fotográficas, productos de cosmetología y algunas otras aplicaciones en alimentos y medicina (Montero y Gómez-Guillén, 2000).

La proteína más abundante de origen animal es el colágeno (Muyonga *et al.*, 2004); está compuesto por un conjunto de tres cadenas polipeptídicas (1000 aminoácidos por cadena) agrupadas en una estructura helicoidal, siendo esta la responsable de la rigidez y la resistencia de las fibras. (Prockop y Guzmán, 2002), se encuentra presente en todos los tejidos conectivos del cuerpo como, por ejemplo: músculos, dientes, huesos, tendones y piel, y debido a estas características, actualmente el colágeno es de gran importancia en el campo de los materiales biomateriales, la industria farmacéutica y cosmética (Serrano, 2011).

La producción de biopelícula a través de restos de pescado, representa una alternativa para el aprovechamiento de la piel, cabeza, huesos y escamas con la finalidad de aprovechar el colágeno de la mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*).

El presente trabajo se realizó con la finalidad de brindar un valor agregado a los desechos de la mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*) a partir del desarrollo de biopelículas de colágeno, además de contribuir con la reducción de la contaminación ocasionada por los residuos de las actividades acuícolas y pesqueras de la zona.

Justificación

El aprovechamiento integral de los recursos naturales, debe ser una tarea primordial para el ser humano.

De acuerdo a lo anterior, es necesario implementar técnicas para el aprovechamiento de los restos de la mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*) que se generan como subproductos de las actividades acuícolas y pesqueras de la zona sur del estado de Veracruz.

Los restos de pescado (cabeza, escamas, piel y vísceras), deben de emplearse como una fuente importante para la extracción de proteínas de gran valor comercial y nutricional, como lo es el colágeno, razón por la cual, se desarrolla el presente trabajo.

Problema

En los municipios del sur de Veracruz, la pesca es una de las actividades predominantes por las habitantes de la zona, debido a la ubicación geográfica de la región. Por ende, los platillos tradicionales y de consume frecuente son el pescado y sus derivados.

De acuerdo con lo anterior, diariamente en la zona sur de Veracruz son desechados las cabezas, escamas, espinas y piel de la mojarra tilapia.

Desafortunadamente estos subproductos, ocasionan problemas de contaminación al medio ambiente, debido a que los comerciantes de estos productos pesqueros no cuenta con un tratamiento adecuado para los desechos orgánicos del pescado.

Otro problema que observamos, es el desaprovechamiento de los componentes que contienen los residuos del pescado, por ejemplo el colágeno.

Hipótesis

La extracción del colágeno de los restos de la mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*) permitirá la elaboración de biopelículas biodegradables.

Objetivo General

Realizar la extracción del colágeno de los desechos de la mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*) para la elaboración de biopelícula biodegradables.

Objetivos específicos

- Obtener el colágeno a partir de restos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*).
- Diseñar la metodología para la elaboración de una biopelícula a partir del colágeno de tilapia.
- Realizar la caracterización de la biopelícula de colágeno.

Metodología de Investigación

Se utilizaron espinas, escamas y piel de mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*) recolectados en diferentes expendios de pescados con menos de 24 horas fileteado. Los residuos se transportaron a temperatura de 6°C aproximadamente hasta el laboratorio de química general de la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz. En el laboratorio, se lavaron con abundante agua para eliminar residuos como polvo o tierra.

Después del lavado se hizo la reducción del tamaño de los residuos, mediante corte con cuchillo de acero inoxidable.

Extracción del colágeno

Extracción de grasas

Como primera etapa, las escamas, pieles y espinas son tratadas con solvente alcohólico. Esto se lleva a cabo con la finalidad de eliminar la grasa que contienen estos desechos. La realización de la extracción es necesaria para poder pasar a la etapa de desmineralización.

El solvente utilizado es el alcohol etílico puesto que es un solvente muy económico y accesible.

Se pesaron 300 gr de muestra y se le adicionó 300 ml de alcohol etílico y se colocaron a calentamiento por 1 hora a una temperatura de 50 °C, posteriormente se filtró y lavó la muestra con agua destilada.

Desmineralización

La remoción de los carbonatos de calcio se logró mediante dos reactivos. El EDTA (ácido etilendiaminotetraacético); a una concentración de 0.5 M a 500 ml por 1.5 horas y a una temperatura ambiente, luego se procede a lavar y filtrar. Este reactivo actúa como blanqueador y un agente quelante que trabaja como un “secuestrador” de metales pesados.

Posteriormente la muestra se coloca en solución de HCl, de 500 ml con una concentración de 0.5 N a temperatura ambiente, bajo agitación constante, por tiempos de 1 hora. Al concluir este tiempo la muestra se filtró y lavó con agua destilada (Muyonga *et al.*, 2004).

Hidrolisis en medio básico

La función de esta etapa es eliminar las proteínas distintas al colágeno, llevada a cabo con hidróxido de sodio. Este compuesto es un agente irritante que al entrar en contacto con las proteínas de los tejidos vivos produce su rompimiento por efectos de hidrólisis (Liu *et al.*, 2015).

Luego de la hidrólisis los aminoácidos y péptidos más pequeños se liberan al medio acuoso, pero al ser una base fuerte podría así mismo hidrolizar la molécula de colágeno a pesar de ser una molécula fibrosa y resistente, por esta razón no se emplearon altas temperaturas (Pal *et al.*, 2015).

Para el diseño experimental se utilizó 500 ml de NaOH al 0.5 N, a temperatura ambiente por un tiempo de 18 horas. Posteriormente la muestra se filtró y se lavó hasta obtener un pH neutro en el agua de lavado (Pal *et al.*, 2015).

Solubilización del colágeno

En esta etapa se solubiliza en medio ácido el colágeno presente en las escamas, pieles y espinas de la mojarra, con este paso se termina el proceso de extracción.

El ácido utilizado es el ácido acético glacial, el cual actúa como el agente utilizado para solubilizar el colágeno; se utilizó al 5% acuoso durante un lapso de tiempo de 2 días a temperatura ambiente.

Para eliminar los sólidos no disueltos en la solución de ácido acético, se utilizó papel filtro # 40, donde se obtuvo 400 ml de nuestro colágeno soluble en ácido.

Precipitación salina

En esta etapa se recupera el colágeno de la solución ácida precipitándolo con una solución de cloruro de sodio, gracias a las cargas iónicas que esta sal proporciona a la proteína permitiendo su precipitación. Para el diseño experimental se utilizó una relación 1:1 (colágeno soluble en ácido: Solución de NaCl). Se prepararon 400 ml de NaCl 2.5 M. (Liu *et al.*, 2016).

Las soluciones se mezclan y agitan, posteriormente fueron colocadas en un embudo de separación, para precipitar el colágeno.

Colágeno en estado sólido

El colágeno precipitado se drenó del embudo de separación y colocó en tubos de ensaye, para llevarlo a la centrifuga.

Se utilizaron tubos de ensaye con capacidad de 8 ml aproximadamente, estos se colocaron en la centrifuga en 3 etapas: la primera fase por 2 minutos a 30 RPM (revoluciones por minutos), la segunda por 3 minutos a 35 RPM y la última por 5 minutos a 45 RPM; lo anterior se realizó para retirar el exceso de solución precipitante que aun se encontraba en el colágeno.

Después de las fases de centrifugación, el contenido de los tubos de ensaye se colocó en una caja Petri de vidrio, para realizar el secado del colágeno en una estufa de convección forzada por 45 minutos a una temperatura de 105 °C.

El colágeno seco, se retira de la estufa y se almacenó para su posterior uso en la elaboración de la biopelícula biodegradable.

Elaboración de la biopelícula

En este paso se realiza la biopelícula a base de colágeno, con una mezcla de agua, plastificantes como la glicerina y el alcohol polivinílico. Para la parte experimental se realizan 3 ensayos, variando la cantidad de alcohol polivinílico.

Las mezclas se colocaron en cajas Petri, y se dejan a una temperatura de 20 °C por 24 horas para su secado.

Prueba	Temp	Mezcla	Cantidad
a	60 °c	Colágeno	2 gr
		Agua	12 ml
		Pva al 5%	2 ml
		Glicerina	0.5 ml
b	60 °c	Colágeno	2 gr
		Agua	12 ml
		Pva al 5%	4 ml
		Glicerina	0.5 ml
c	60 °c	Colágeno	2 gr
		Agua	12 ml
		Pva al 5%	8 ml
		Glicerina	0.5 ml

Tabla 1 Formulación de biopelícula (*Elaboración propia*).

Pruebas de caraterización

Caracterización parcial del colágeno y biopelícula

Se tomaron muestras de los ensayos realizados (extracción de colágeno y elaboración de biopelícula) y se le cuantifico la humedad, cenizas y se les efectuó el análisis por espectrofotometría de infrarrojo. Se realizó también una prueba de porcentaje de hinchamiento y de biodegradabilidad a la biopelícula.

Determinación de humedad de la biopelícula de colágeno y biopelícula

Los métodos de determinación de humedad por secado se fundamentan en la evaporación del agua contenida en la muestra, y su determinación por diferencia de peso entre el material seco y húmedo.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} * 100 \quad (1)$$

Dónde:

P_3 : masa en gramos de la cápsula con las cenizas

P_2 : masa en gramos de la cápsula con la muestra

P_1 : masa en gramos de la cápsula vacía

Determinación de ceniza del colágeno y biopelícula

El método se basa en la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación y determinación gravimétrica del residuo.

$$\% \text{ cenizas totales} = \frac{P_3 - P_1}{P_2} * 100 \quad (2)$$

Dónde:

P_3 : masa en gramos de la cápsula con las cenizas

P_2 : masa en gramos de la cápsula con la muestra

P_1 : masa en gramos de la cápsula vacía

Análisis del colágeno y biopelícula en el IR

La determinación de los grupos funcionales del colágeno, se efectuó mediante el estudio de los grupos funcionales empleando el análisis por espectrofotometría de infrarrojo usando el equipo Spetrum One Perkin Elmer.

Análisis de hinchamiento de la biopelícula

Para la realización de este análisis se utilizaron dos muestras en forma circular, estas se colocaron en 100 ml de agua destilada contenida en un recipiente de cristal. Se pesó las películas secas (P_1) y posteriormente se introdujeron las películas por un período de 24 h a temperatura ambiente, y finalmente se pesaron las muestras húmedas (P_2).

El porcentaje de hinchamiento fue calculado de acuerdo a la fórmula:

$$\% \text{ Hinchamiento} = \frac{P_2 - P_1}{P_1} * 100 \quad (3)$$

Degradabilidad de biopelículas

Para esta prueba, las biopelículas fueron expuestas al medio ambiente por un periodo de 7 días.

Resultados

Después de realizar el protocolo de extracción se obtuvo una mezcla proteica de color blanco perla, de textura gelatinosa y espesa.

El colágeno extraído de los restos de la mojarra tilapia, se plastificaron de acuerdo con la tabla 1, obteniéndose los siguientes resultados.

Atributo /Prueba	A	B	C
Color	amarillenta	amarillenta	Ligera-amarillenta
Textura	Rugosa	Semi-rugosa	Lisa
Apariencia	Opaca	Opaca	Transparente
Elasticidad	No	No	Sí

Tabla 2 Características de las biopelícula (Elaboración propia).



Figura 1 Biopelícula prueba A.



Figura 2 Biopelícula prueba B.



Figura 3 Biopelícula prueba C.

De acuerdo a lo anterior, la biopelícula que presentó los mejores atributos, fue la obtenida en la formulación C.

Las pruebas de caracterización a la biopelícula se realizaron a la correspondiente a la prueba C.

Caracterización parcial del colágeno y biopelícula

A continuación, se presentan los valores de humedad y cenizas del colágeno y de la biopelícula C.

Prueba/muestra	Colágeno	Biopelícula
Humedad	70.9198 %	19.1936 %
Cenizas	0.1149 %	0.2044 %

Tabla 2 Caracterización parcial del colágeno y biopelícula (Elaboración propia)

Quintero y Zapata (2017) reportaron una humedad de 95.6% de humedad para colágeno extraída a partir de restos de tilapia roja (*Oreochromis spp*), la diferencia entre ambos valores se explica a que, en el presente trabajo se aplicó una etapa de secado para eliminar el agua presente en la muestra de colágeno extraída.

El valor para las cenizas se explica debido a la etapa de la desmineralización de las escamas de pescado usando EDTA resultando en un método efectivo, ya que se efectuó la quelación de los iones Ca^{2+} en solución (Pati *et al.*, 2010).

Análisis del colágeno y biopelícula en el IR

En la figura 4, se puede apreciar el espectro de infrarrojo del colágeno, donde se observa ciertos picos característicos y grupos funcionales, del colágeno.

En esta figura 4 se muestra el espectro IR del colágeno obtenido donde se presenta las bandas relacionadas al colágeno: 3300 cm^{-1} , 1655 cm^{-1} , 1550 cm^{-1} y 1250 cm^{-1} (Camacho *et al.*, 2001).

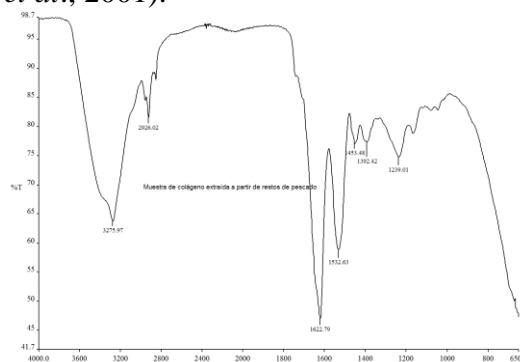


Figura 4 Espectro IR de la biopelícula. (Elaboración propia)

De acuerdo con la figura 5, se verificó que existe una disminución de amplitud en la zona funcional del espectro correspondiente a las vibraciones por estiramiento que presentan absorbancias entre 3000 y 3900 cm^{-1} y las vibraciones por doblamiento del grupo OH entre las 1650 cm^{-1} debido a la modificación química del colágeno.

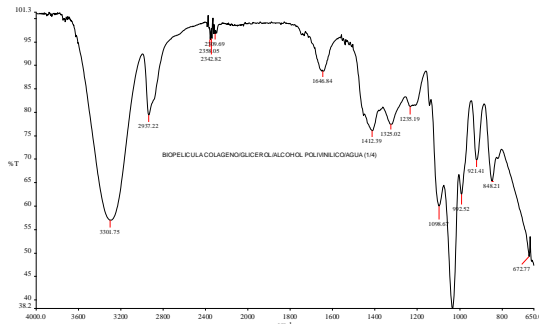


Figura 5 Espectro IR de la biopelícula. (Elaboración propia)

Se presenta una flexión del OH del agua a 1650 cm^{-1} , lo que confirma el carácter higroscópico del biopolímero (Conley, 1979).

Análisis de hinchamiento

El porcentaje de hinchamiento para la biopelícula se determinó en 34.5 %. Esta propiedad se explica debido al carácter higroscópico del colágeno modificado. Esta propiedad le confiere a la biopelícula potencial para ser empleado como biorecubrimiento en alimentos.

Degradabilidad de biopelícula

La biopelícula al finalizar el día 7 de exposición al medio ambiente, presentó las siguientes características que se presentan en la tabla 2.

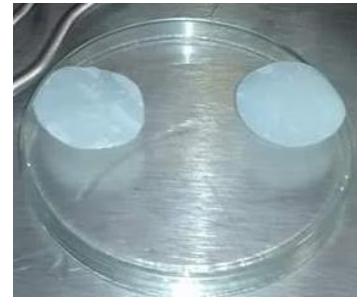


Figura 6 Biopelícula de colágeno día 1

En la figura 6, se puede apreciar la apariencia de la biopelícula al día 1 de exposición al medio ambiente.

Característica	Día 1	Día 7
Color	Transparente	Amarillenta
Textura	Suave	Rugosa
Flexibilidad	Adecuada	Quebradiza

Tabla 3 Prueba de exposición al ambiente

En la figura 7, se puede apreciar la apariencia de la biopelícula al día 7 de exposición al medio ambiente.



Figura 7 Biopelícula de colágeno día 7

Conclusiones

La metodología desarrollada para la obtención de una biopelícula a partir de residuos (piel, espinas y escamas) de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), permitió obtener un producto con características potenciales para ser utilizado en diferentes ámbitos de la industria, principalmente en la industria alimentaria como empaque para alimentos.

Agradecimiento

Se agradece a la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz, por todas las facilidades para el desarrollo del presente trabajo.

Referencias

Camacho, N. P., West, P., Torzilli, P. a, & Mendelsohn, R. (2001). FTIR microscopic imaging of collagen and proteoglycan in bovine cartilage. *Biopolymers* 62(1): 1–8.

Conley, R.T., (1979). Espectroscopía infrarroja. Ed. Alambra. España.

Gómez-Guillén, M.C., Giménez, B., López-Caballero, M.E. y Montero, M.P. (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*. 25, (8):1813-1827.

Guerard, F., Decourcelle, N., Sabourin, C., Floch-Laizet, C., Laurent, L.G., Pascal, L.F., Florence, G., Ronan, L.D., Pascal, J. y Patrick, B. (2010). Recent developments of marine ingredients for food and nutraceutical applications: a review. *Journal des sciences Halieutique et Aquatique*. 2, 21-27.

Quintero, J y Zapata, J.E. (2017). Optimización de la Extracción del Colágeno Soluble en Ácido de Subproductos de Tilapia Roja (*Oreochromis spp*) mediante un Diseño de Superficie de Respuesta. Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias, Grupo de Nutrición y Tecnología de Alimentos, Universidad de Antioquia 28(1): 109-120.

Liu, H. y Huand, K., (2016). Structural Characteristics of Extracted Collagen from Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) Bone: Effects of Ethylenediaminetetraacetic Acid Solution and Hydrochloric Acid Treatment. *International Journal of Food Properties*, 19(1), 63-75.

Montero, P. y Gómez-Guillén, M.C. 2000. Extracting conditions for megrim (*Lepidorhombus bosci*) skin collagen affect functional properties of the resulting gelatin. *Journal of Food Science*. 65, (3):434-438.

Muyonga, J. H., Cole, C. G. B. y Duodu, K. G., (2004). Characterisation of acid soluble collagen from skins of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). En línea: <http://10.1016/j.foodchem.2003.06.006>, *Food Chemistry* 85(1), 81–89.

Pal, G., Nidheesh, T. y Suresh, P., (2015). Comparative study on characteristics and in vitro fibril formation ability of acid and pepsin soluble collagen from the skin of catla (*Catla catla*) and rohu (*Labeo rohita*). *Food Research International*, 76, 804-812.

Pati, F., Adhikari, B., & Dhara, S. (2010). Isolation and characterization of fish scale collagen of higher thermal stability. *Bioresource technology*, 101(10), 3737-3742.

Prockop, DJ. Guzmán, NA. (2002). Tiempos médicos. Capítulo 4 “El colágeno”. España.

SAGARPA. (2017). Sonora primer lugar en México en producción pesquera y acuícola. SAGARPA Base de datos.

Serrano, GJC. (2011). Estandarización de un proceso de extracción de colágeno a partir de los residuos de fileteo de tilapia (*Oreochromis*) y cachama (*Piaractusbrachypomus*). Universidad Nacional de Colombia. Colombia

Análisis de aplicación del método de eliminación a través de la descomposición genética

IBARRA-CARRILLO, Cruz Elena†*

Universidad Tecnológica General Mariano Escobedo. Libramiento Noreste Km. 33.5, 66050 Gral. Escobedo, N.L.

Recibido 21 de Octubre, 2017; Aceptado 7 de Diciembre, 2017

Resumen

Dentro de las competencias que debe lograr un ingeniero está el desarrollar su capacidad de observar, sistematizar, analizar situaciones, problemas o ejercicios y un camino para ello es integrar las Matemáticas en los planes de estudio. El Técnico Superior Universitario (TSU) en Mecatrónica área Automatización, del Subsistema de Universidades Tecnológica y Politécnicas cuenta con el curso de Álgebra Lineal que, entre sus objetivos está desarrollar los Métodos de Solución para Sistemas de Ecuaciones Lineales. Este reporte se centró en evaluar el desempeño y aprendizaje de los estudiantes entorno al Método de Eliminación, se revisaron las acciones realizadas por los alumnos y se identificaron los procesos que pudieron concretar de manera correcta. La investigación se desarrolló con un grupo de primer cuatrimestre. El marco teórico que se tomó de referencia para la evaluación del desempeño estudiantil es la teoría APOE (Acción, Proceso, Objeto y Esquema) que, en el área de Educación de las Matemáticas es una línea de investigación que analiza la construcción de conceptos matemáticos a partir de la descomposición genética de los mismos. Se detectó que un 70% de los alumnos no pudo llegar a la solución y se identificaron las acciones decisivas que desencadenaron errores en la ejecución del método.

Acción, Proceso, Descomposición Genética

Citación: IBARRA-CARRILLO, Cruz Elena. Análisis de aplicación del método de eliminación a través de la descomposición genética. Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-4:29-39

Abstract

Within the competencies that an engineer must achieve is to develop his ability to observe, systematize, analyze situations, problems or exercises; one way to do this is to integrate mathematics into curricula, in addition it is useful as a tool for other specialty subjects. The University Superior Technician (TSU) in Mechatronics Automation area of the Subsystem of Technological and Polytechnic Universities includes the course of Linear Algebra that has among its goals to develop the Methods of Solution to Systems of Linear Equations. This research report focused on assessing students' performance around the Elimination Method. The APOE (Action, Process, Object and Scheme) theory was used as a theoretical framework to refer to the evaluation of students' performance, which in the area of Mathematics Education is a line of research that analyzes the construction of mathematical concepts from the Genetic decomposition of them, that is to say, that the actions and processes involved in the development of this method were broken down. It was detected in the control group that 70% of the students could not obtain the solution but the decisive actions that led to errors in the execution of the method were identified.

Action, Process, Genetic Decomposition

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: cibarra@ute.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La formación académica en el nivel superior para cualquier Ingeniería tiene como componente esencial cursos de ciencias exactas para inducir en el estudiante su capacidad de analizar y sistematizar procesos como los que están involucrados en los algoritmos matemáticos.

En el diseño del Plan de estudios suele incluirse el tema de Sistemas de Ecuaciones Lineales como una herramienta matemática necesaria para complementar cursos de especialidad Circuitos Eléctricos o Análisis de Circuitos Eléctricos en donde se aplican los sistemas algebraicos lineales para encontrar corriente eléctrica o voltaje.

La carrera de Técnico Superior (TSU) en Mecatrónica área Automatización de la Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo (UTE) trabaja con el plan de estudios diseñado en el Modelo de Competencias que distribuye a nivel nacional la Coordinación General de Universidades Tecnológicas y Politécnicas de la SEP. En septiembre de 2015 se liberaron nuevos planes de estudio en los cuales se incluye la asignatura llamada Álgebra Lineal para impartirse en el primer cuatrimestre de la carrera.

El programa de la materia establece como objetivo de la asignatura que “el alumno resolverá problemas matemáticos a través del uso del álgebra, matrices y sistemas de ecuaciones para contribuir en la toma de decisiones en su entorno profesional y cotidiano” ver ANEXO.

Inmersos en el Modelo de Competencias donde se pondera el desempeño del estudiante por encima de su conocimiento, se reduce el tiempo de exposición, presentación o el desarrollo de teoría en cada asignatura del plan de estudio.

Justificación

La asignatura de Álgebra Lineal está diseñada con cuatro unidades de las cuales, la tercera y cuarta unidad comprenden propiamente los conceptos matemáticos como ecuación lineal y sistemas de ecuaciones lineales respectivamente. El tiempo asignado para desarrollar la teoría en estas últimas unidades representa un 25%; el restante 75% del trabajo de cada unidad corresponde a la práctica del estudiante para la competencia que debe adquirir durante el cuatrimestre en curso y aplicar posteriormente en Circuitos Eléctricos y Análisis de Circuitos Eléctricos, asignaturas que también forman parte del currículo de esta carrera (en 2° y 4° respectivamente) siendo la aplicación de los Métodos de solución a Sistemas de Ecuaciones Lineales un campo fértil para la Matemática en el Contexto de las Ciencias, otra línea de investigación presente en el escenario de la Matemática Educativa en nuestro país

Problema

Son recurrentes las críticas de los profesores de Análisis de Circuitos eléctricos sobre los problemas que presentan los estudiantes en la aplicación del álgebra y matemáticas en la solución de los métodos de sistemas de ecuaciones lineales que se construyen para resolver circuitos eléctricos. Los docentes requieren que el alumno obtenga la solución sin importar el método que utilice. Ya que en el primer cuatrimestre el docente debe encaminar sus metas para que el alumno logre ser competente en la aplicación de alguno los métodos de solución que vienen indicados en la asignatura de Álgebra Lineal se eligió el método de Eliminación como referencia para esta investigación.

Por otro lado, es importante mencionar que la Universidad no tiene implementado el examen de admisión en ninguna de sus carreras por lo que el nivel académico y socioeconómico que tienen los alumnos de nuevo ingreso es bastante heterogéneo.

Hipótesis

Siendo el Método de Eliminación o Suma y Resta el que tiene mayor presencia en la formación académica de cada alumno por estar integrado en la currícula del Nivel Básico y Medio Superior, se espera que por lo menos un 80% de los alumnos tenga un desempeño satisfactorio en la aplicación de este método y puedan obtener la solución correcta del sistema de ecuaciones lineales proporcionado.

Objetivos

Objetivo General

Analizar las acciones realizadas por cada estudiante del primer cuatrimestre, durante la aplicación del método de Eliminación para resolver un Sistema de 3 ecuaciones lineales con 3 incógnitas.

Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de estudiantes que lograron la meta de obtener la solución al Sistema de ecuaciones lineales planteado en el examen aplicado.
- Verificar las acciones realizadas por los estudiantes, en función de la descomposición genética del Método de Eliminación propuesta.

Marco Teórico

El concepto matemático de interés son los sistemas de ecuaciones lineales (SEL) el cual, junto con algunos de sus métodos de solución se abordan de manera temprana en la formación básica y obligatoria de nuestro sistema educativo, tales temas se localizan en el currículo de educación básica desde 2° año de Secundaria particularmente en el bloque 5 se incluye el tema Resolución de problemas mediante un sistema de ecuaciones (Baltazar, Ruiz Flores, Ojeda A., 2016). Los autores a través del planteamiento de un problema y una secuencia de preguntas enmarcan el camino para construir la ecuación lineal, y para reforzar el tema los autores presentan el concepto de la siguiente manera.

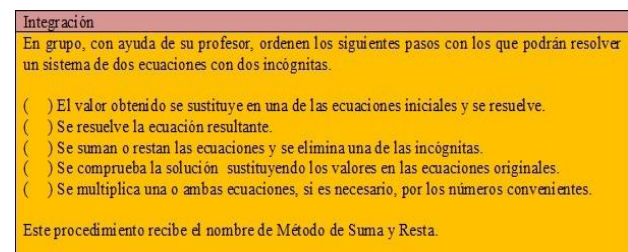


Figura 1 Método de Suma y Resta en Secundaria

En este libro los autores no utilizan el concepto de Ecuaciones Equivalentes lo cual es comprensible porque, en esta etapa de educación básica el alumno más que aprender el método, está “aprehendiendo” el lenguaje matemático o bien el lenguaje algebraico.

En el nivel medio superior hay un reencuentro inmediato con el tema de sistemas de ecuaciones lineales como se pudo verificar en el libro de primer semestre (Nava, A., Vázquez, A., Cuéllar J., Leal M., Rodríguez, S., 2016) que utilizan los estudiantes de preparatoria de la UANL.

En este caso el concepto de ecuación equivalente ya está presente en el discurso matemático en este nivel educativo y los autores incluyen el método gráfico para valorar todas las posibilidades de solución de un sistema de ecuaciones lineales. Estos son los antecedentes académicos del alumno con los cuales se incorpora al nivel Superior que nos compete.

Este trabajo está centrado en el aprendizaje y desempeño del alumno y no precisamente en el proceso de enseñanza aunque para permear en el tema, algunos docentes preservan la enseñanza tradicional por ser el modelo educativo en que fuimos educados y formados la generación de profesionistas egresados en la década de los noventas. En este esquema de trabajo se prioriza la memorización y mecanización de operaciones, es decir “se beneficia el modo aritmético - analítico” (Betancourt, 2009, p. 18) aunque los docentes lo adaptan al modelo basado en Competencias al darle una fuerte carga de ejercicios para que practique el estudiante.

El proceso educativo en la Universidad Tecnológica se sustenta en la libertad de cátedra aunque todo docente ha sido capacitado en el Modelo de Competencias. El docente presenta y desarrolla el discurso educativo según su formación y experiencia. No es obligatorio el uso de algún libro de texto, por lo que el concepto de ecuación equivalente y los principios que las generan son presentados al alumno según la preparación que del tema haya realizado el profesor.

Puesto que el objetivo de un curso de Álgebra Lineal es brindar las herramientas matemáticas necesarias para encontrar la solución de un sistema de ecuaciones lineales surge la inquietud como docente e investigador de evaluar la competencia lograda por el alumno.

Para valorar el desempeño y aprendizaje logrado en los alumnos que participaron en este proyecto se tomó como marco de referencia la teoría APOE (Acción, Proceso, Objeto, Esquema) cuyos fundamentos teóricos son descritos en una variedad de artículos en el ámbito de la Matemática Educativa. La elección para este referente se da porque “en la teoría APOE se hace una construcción o modelo para hablar únicamente de la manera en la que se construye o se aprenden conceptos matemáticos, en particular los que corresponden a la matemática que se introduce en la educación superior” (Trigueros, 2005, p. 7).

Fuera del contexto de aplicaciones de sistemas de ecuaciones lineales, esta teoría se enfoca en los conceptos matemáticos que pueden manipularse con operaciones concretas (acciones) que, bajo una secuencia específica dichas acciones conducen a construir un proceso. Cuando el individuo toma el control sobre la acción y la ejecuta para cumplir con una meta entra en la etapa de proceso sobre el concepto matemático en cuestión, lo manipula como objeto y en la interrelación de procesos conduce a un esquema o integración de conocimientos “que están ligadas consciente o inconscientemente en la mente del individuo” (Trigueros, 2005, p. 15).

Siguiendo la línea que establece la teoría APOE se empieza por hacer la descomposición genética del concepto matemático de interés, es decir, la descripción de los aspectos constructivos (acciones y procesos) subyacentes para cada esquema presente.

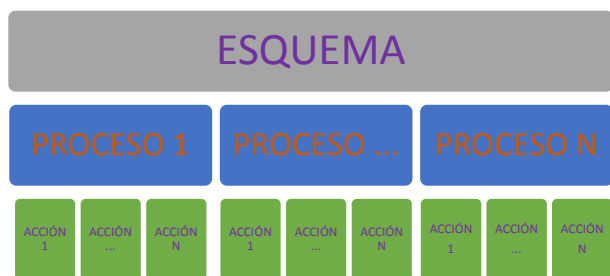


Figura 2 Estructura de Descomposición Genética

Para construir la descomposición genética se requiere precisar que “una acción es una transformación... que se lleva a cabo como una reacción a una indicación que da información precisa sobre los pasos que se van a seguir” (Trigueros, 2005, p. 8).

La descomposición genética que se haga de un concepto matemático no es única o absoluta “pueden coexistir varias descomposiciones genéticas de un mismo concepto” (Trigueros, 2005, p. 8) dependiendo del análisis teórico y la experiencia del docente-investigador.

Para la descomposición genética del Método de Eliminación aplicado a un sistema de 3 ecuaciones lineales con 3 incógnitas se identificaron 4 procesos que se muestran a continuación.

Proceso 1	Acción 1	Seleccionar una incógnita para eliminar.
	Acción 2	Elegir una pareja de ecuaciones de las cuales se eliminará la incógnita seleccionada.
	Acción 3	Seleccionar el número real que multiplicará a cada ecuación para obtener coeficientes iguales y con diferente signo.
	Acción 4	Multiplicar cada elemento de la ecuación por número seleccionado.
	Acción 5	Sumar las ecuaciones lineales.
	Acción 6	Agrupar los términos semejantes (en este paso se elimina la incógnita seleccionada).

Tabla 1

El proceso 2 se distingue porque en este paso se encuentra la solución para alguna de las incógnitas.

Proceso 2	Acción 7	Armar nuevo SISTEMA de ecuaciones lineales REDUCIDO (tiene una incógnita menos).
	Acción 8	Repetir acciones del PROCESO 1.
	Acción 9	Despejar la incógnita resultante.

Tabla 2

Los procesos interactúan o se repiten entre sí.

Proceso 3	Acción 10	Sustituir el valor de la incógnita obtenida en el paso anterior, en cualquiera de las ecuaciones lineales del sistema reducido.
	Acción 11	Despejar el valor de la única incógnita que quedó en el sistema reducido.

Tabla 3

Finalmente se tiene el Proceso que conlleva a obtener la solución del sistema de ecuaciones lineales.

Proceso 4	Acción 12	Trasladarse al sistema de ecuaciones lineales originalmente dado.
	Acción 13	Sustituir los dos valores obtenidos en la ejecución del PROCESO 2 y PROCESO 3.
	Acción 14	Despejar la incógnita restante de la ecuación que se utilizó.
	Acción 15	Verificar que la solución obtenida cumpla con cada ecuación lineal del sistema original.

Tabla 4

La ejecución correcta de cada uno de los procesos conlleva a obtener la solución del Sistema de Ecuaciones Lineales dado. Si el alumno puede ejecutar estos procesos sin importar la incógnita que se le indique eliminar, entonces se puede decir que ha logrado construir el Esquema correspondiente al Método de Eliminación.

Metodología de Investigación

Se trabajó con un grupo del primer cuatrimestre con 27 alumnos. Los alumnos no eran recién egresados del Nivel Medio Superior, algunos cursaron uno o más semestre de otra carrera en alguna institución de educación superior de la UTE o fuera de ella.

El método de enseñanza del docente durante el desarrollo de la asignatura de Álgebra Lineal fue tradicional, el profesor dirigió la sesión justificando las acciones realizadas en cada paso de la construcción de ecuaciones equivalentes, suma de ecuaciones equivalentes y la eliminación de incógnitas. El profesor se encargó de presentar varios ejemplos en pizarrón, un bloque de 3 o 4 ejercicios para aplicar el Método de Eliminación.

Para valorar la ejecución de los alumnos con el Método de Eliminación se diseñó un ejercicio de baja complejidad que se muestra a continuación.

$2x + y - z = -1$
$-3x - y + 2z = -4$
$-2x + y + 2z = 7$

El criterio para considerarlo de esa manera es por la simplicidad de acciones aplicadas en el proceso 1.

Proceso 1	Acción 1	Seleccionar incógnita para eliminar: “y” (más directa).
	Acción 2	Seleccionar Pareja de ecuaciones 1 y 2.
	Acción 3	No requiere seleccionar ningún valor para lograr eliminar “y”
	Acción 4	No es necesario multiplicar las ecuaciones.
	Acción 5	Sumar directamente ecuaciones lineales.
	Acción 6	Agrupar términos semejantes con suma directa de coeficientes

Tabla 5

Básicamente el sistema se reduce a sumar directamente la primera pareja y la segunda para generar un sistema de ecuaciones lineales reducido, debido a que la incógnita y se elimina directamente y por tanto se puede continuar con el Proceso 2, 3 y 4 para encontrar la solución del sistema.

Ahora bien, en la descomposición genética se incluyó la Acción 1 como seleccionar la incógnita a eliminar y por ende, no se descarta que el alumno bien pudo decidirse por eliminar x o bien z pero, finalmente los procesos son los mismos.

El ejercicio anterior se incluyó en el examen que utilizó el profesor del grupo para evaluar la unidad 4: Álgebra Lineal de la asignatura del mismo nombre.

Se estimó que el alumno le conferiría un alto nivel de importancia y se esforzaría por aplicar correctamente el método por formar parte de su evaluación en dicho curso y por haber contado con tiempo para estudiar los temas indicados para dicho examen.

Tipo de Investigación

La investigación es de índole cualitativa desde el momento en que se busca identificar los patrones de comportamiento en el desempeño de los jóvenes estudiantes durante el proceso de ejecución de la prueba; para ello se hizo una revisión de las líneas de investigación en el área de Educación de las Matemáticas que tuvieran afinidad con este trabajo y se encontraron artículos que sustentan sus resultados a la luz de la teoría APOE que han desarrollado y aplicado investigadores como María Trigueros y Asuman Oktaç de trayectoria nacional en el campo de la Matemática Educativa.

Además se buscó cuantificar porcentualmente los resultados obtenidos de acuerdo a las categorías enmarcadas según la descomposición genética presentada.

Metodología de Desarrollo

El examen se aplicó para que el estudiante lo resolviera en una sesión de dos horas – clase de 50 minutos. Se les permitió utilizar calculadora. No se le permitió utilizar apuntes, ni preguntar a compañeros o al profesor.

Para fines de la evaluación de la unidad 4 del Álgebra Lineal, si se utilizaron los 25 puntos señalados en el reactivo del examen pero para fines de esta investigación se escanearon los exámenes de los alumnos para su posterior análisis.

Resultados

A partir de la descomposición genética presentada se verificaron las acciones que realizaron los 27 alumnos del grupo de primer cuatrimestre.

En la siguiente tabla se concentra el número de alumnos que concretaron cada acción y si fallaron en alguna o algunas, se reporta la acción principal que desencadenó fallas en la aplicación del método de Eliminación.

Junio de 2017	PROCESO 1					
MÉTODO DE ELIMINACIÓN	Acción 1	Acción 2	Acción 3	Acción 4	Acción 5	Acción 6
CORRECTO	8	8	8	8	8	8
ERRORES	1	1	1	5	1	4
	7%	7%	7%	33%	7%	27%

Tabla 6 Desempeño en el Proceso 1

La tabla muestra que 8 alumnos aplicaron correctamente las acciones del proceso 1 pero hubo 13 alumnos que mostraron errores en la ejecución de diferentes acciones del Proceso 1 (reducir ecuaciones lineales con 3 incógnitas a una ecuación lineal con 2).

Se reporta además que las acciones 4 y 6 fueron decisivas para concentrar el 60% de fallas en la ejecución del método de Eliminación.

Los alumnos no concretaron la generación de la ecuación lineal equivalente porque les faltó multiplicar algún valor de la ecuación lineal (Acción 4) y esto se puede ver en la siguiente figura.

III. Utilice el Método de Suma y Resta para obtener la solución del Sistema que se proporciona. 25 puntos.

$$\begin{cases} 2x + y - z = -1 \\ -3x - y + 2z = -4 \\ -2x + y + 2z = 7 \end{cases}$$

Handwritten student work showing elimination steps:

$$\begin{aligned} (2) \quad & 4x + 2y - 2z = -1 \\ & -6x - 2y + 4z = -6 \\ \hline & -2x - 2z = -7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \quad & -6x - 2y + 4z = -8 \\ & -4x + 2y + 4z = 14 \\ \hline & -10x + 8z = 6 \end{aligned}$$

Final boxed answers: $x = -10$, $z = -4$

Figura 3 Error al multiplicar la ecuación

Por otro lado la agrupación de términos semejantes etiquetada como Acción 6 fue otro error incidente en este ejercicio y en la figura 3 puede revisarse el desempeño de un alumno que presentó este error.

III. Utilice el Método de Suma y Resta para obtener la solución del Sistema que se proporciona. 25 puntos.

$$\begin{cases} 2x + y - z = -1 \\ -3x - y + 2z = -4 \\ -2x + y + 2z = 7 \end{cases}$$

Handwritten student work showing errors in grouping terms:

$$\begin{aligned} & 2x + y - z = -1 \\ & -2x + y + 2z = 7 \\ \hline & 2y + 1 = 6 \end{aligned}$$

$$y = \frac{6}{3} = 2 \quad \boxed{y=2}$$

$$\begin{aligned} -3x - 1 + 2z &= -4 \quad (-1) \\ -2x + 1 + 2z &= 7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3x - 1 + 2z &= 4 \\ -2x + 1 + 2z &= 7 \\ \hline 5x - 2 &= -3 \end{aligned}$$

$$5x = -1 \quad \boxed{x = -1/5}$$

Figura 4 Error al agrupar términos semejantes

La revisión del desempeño de los alumnos también mostró los siguientes resultados en la ejecución de los procesos restantes.

Junio de 2017	PROCESO 2			PROCESO 3		PROCESO 4		
MÉTODO DE ELIMINACIÓN	Acción 7	Acción 8	Acción 9	Acción 10	Acción 11	Acción 12	Acción 13	Acción 14
CORRECTO	8	8	8	8	8	8	8	8
ERRORES		1		1				
		7%		7%				

Tabla 7 Fallas en procesos 2 y 3

Un alumno pudo llegar hasta el sistema de ecuaciones lineales reducido pero no avanzó en el proceso 2 y subsecuentes como lo muestra la figura 4.

III. Utilice el Método de Suma y Resta para obtener la solución del Sistema que se proporciona. 25 puntos.

$$\begin{matrix} 2x + y - z = -1 & 2x + y - z = -1 & -3x - y + 2z = -4 & -3x - y + 2z = -4 \\ -3x - y + 2z = -4 & -3x - y + 2z = -4 & -2x + y + 2z = 7 & -2x + y + 2z = 7 \\ -2x + y + 2z = 7 & -2x + y + 2z = 7 & & \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -2z & & & \\ 17 & & & \\ -28 & & & \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -5x + 4z = 3 & & & \\ -x + z = -5 & & & \\ -6x + 5z = -2 & & & \end{matrix}$$

Figura 5 Procedimiento incompleto

La siguiente figura corresponde al estudiante que no pudo continuar el problema y se quedó estancado en la Acción 10, es decir, le faltó concretar el proceso 3 y 4 para obtener el valor de las incógnitas faltantes.

III. Utilice el Método de Suma y Resta para obtener la solución del Sistema que se proporciona. 25 puntos.

$$\begin{matrix} 2x + y - z = -1 & (3) & 6x + 3y - 3z = -3 & * 2x + y - z = -1 \\ -3x - y + 2z = -4 & (2) & -6x - 2y + 4z = -8 & -2x + y + 2z = 7 \\ -2x + y + 2z = 7 & & y = z = -11 & + 2y + z = 6 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} y = z = -5 & & & \\ 2y = z = 6 & & & \\ 2x + 11 - 16 = -1 & & & \\ z = -28 & & & \end{matrix}$$

Figura 6 Interrupción en la Acción 10

Finalmente la tabla 2 muestra

MÉTODO DE ELIMINACIÓN		
CORRECTO	8	30%
ERRORES	15	55%
NINGÚN MÉTODO	4	15%

Tabla 8 Resultados globales

Sólo un 30% de los estudiantes pudieron desarrollar correctamente el Método de Eliminación.

La figura 6 permite ver la ejecución correcta y completa de todos los procesos y sus correspondientes acciones en uno de los 7 alumnos, según el esquema previsto por el docente – investigador.

III. Utilice el Método de Suma y Resta para obtener la solución del Sistema que se proporciona. 25 puntos.

$$\begin{matrix} 2x + y - z = -1 & 2x + y - z = -1 & -3x - y + 2z = -4 & -3x - y + 2z = -4 \\ -3x - y + 2z = -4 & -3x - y + 2z = -4 & -2x + y + 2z = 7 & -2x + y + 2z = 7 \\ -2x + y + 2z = 7 & -2x + y + 2z = 7 & & \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -x + z = -5 & & & \\ -5x + 4z = 3 & & & \\ 5x - 5z = 25 & & & \\ -x + 4z = 3 & & & \\ z = 28 & & & \\ z = -28 & & & \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -x + (-28) = -5 & & & \\ -x = -5 + 28 & & & \\ x = 23 & & & \\ x = -23 & & & \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -3(-23) - y + 2(-28) = -4 & & & \\ 69 - y - 56 = -4 & & & \\ -y = -4 + 56 - 69 & & & \\ -y = -17 & & & \\ y = 17 & & & \end{matrix}$$

Figura 7 Esquema del Método de Eliminación

Anexos

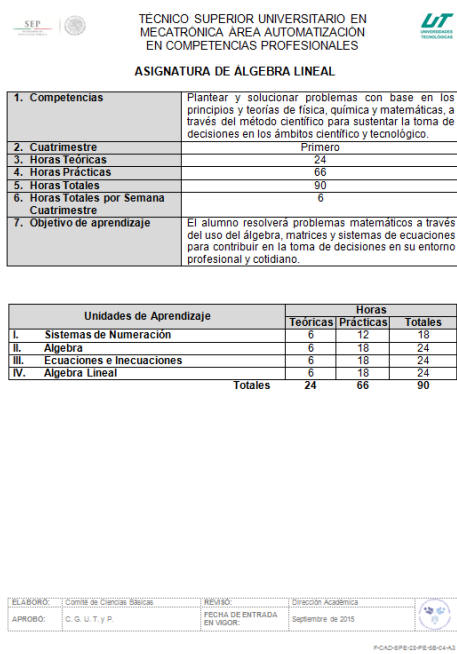


Figura 8

Conclusiones

A pesar de la preparación académica brindada a los jóvenes durante el cuatrimestre en curso y los antecedentes de haber conocido el método con anterioridad, un alto porcentaje de ellos no han podido interrelacionar las acciones necesarias para concretar el proceso y generar el esquema o método de solución.

Apenas el 30% de pudo concretar los procesos para obtener la solución del sistema de ecuaciones lineales y es preocupante que un 70% de los alumnos no haya podido obtener la solución correcta del sistema de ecuaciones lineales porque este porcentaje representa un potencial índice de reprobación en la asignatura de Álgebra Lineal.

La descomposición genética diseñada para este trabajo permitió identificar el conflicto de algunos alumnos en acciones tan básicas como multiplicar con un número real una ecuación dada o bien generar la agrupación de términos semejantes, a pesar de haber repasado y practicado recientemente ese tema.

Si bien hay investigaciones educativas que reportan que “Una persona puede pasar mucho tiempo en etapas intermedias e incluso estar en una etapa de construcción para ciertos aspectos de un concepto y en otra para otros” (Trigueros, 2005, p. 7), es innegable que el proceso educativo debe ajustarse a los tiempo marcados por la institución para evaluar al alumnado.

Por otro lado, esta investigación deja sobre la mesa la problemática de buscar estrategias educativas o situaciones didácticas que permitan ayudar a estos alumnos puntualmente a construir o re-construir su conocimiento entorno al tema.

Una posible línea de trabajo para los docentes del área de Ciencias Básicas es realizar un análisis teórico que apoyados en la teoría APOE permita desarrollar las descomposiciones genéticas en los conceptos fundamentales en que fallaron, como la generación de ecuaciones equivalentes o agrupación de términos semejantes.

El ámbito educativo es un campo fértil para las investigaciones del proceso de construcción de conceptos como en la didáctica de las Matemáticas en cualquier nivel educativo como lo evidencian López y Ursini (2007) en nuestro país.

Referencias

- Baldor, Aurelio. (2011). ALGEBRA BALDOR. Grupo Editorial Patria. Cuarta Reimpresión, pp. 296, 335.
- Baltazar V, Carlos, Ruiz Flores G, Eric., Ojeda A, Luis Fernando. (2016). *Matemáticas 2*. Tercera Reimpresión. Ediciones Castillo, S. A. de C. V. pp. 220 – 230.
- Betancourt González, Yani. (2009). Ambiente Computacional para apoyar la enseñanza de la resolución de sistemas de ecuaciones lineales en la educación superior. *Tesis de Maestría en Matemática Educativa*. México, Distrito Federal. Recuperado en http://educmath.ens-lyon.fr/Educmath/recherche/approche_documentaire/master-betancourt.
- Brousseau, G. (2000). Educación y Didáctica de las Matemáticas. *Educación Matemática. Vol. 12 (1)*, pp. 5-38. México, Editorial Iberoamérica. Recuperado de <http://www.revista-educacion-matematica.org.mx/descargas/Vol12/1/03Brousseau.pdf>.
- González H., y José, G. (2017). Implementación de circuitos eléctricos para facilitar el aprendizaje de sistemas algebraicos lineales. *Revista Iberoamericana para la Investigación y Desarrollo Educativo. Vol. 7. No. 14*. DOI: <http://dx.doi.org/10.23913/ride.v7i14.272>.
- Kolman, Bernard., Hill Espinosa, Fernando., Sullivan, Michael., Thomas, George B. Jr. (2007). Álgebra para Ingeniería. *Editorial Pearson*. pp. 99 – 219.
- Lehman, Charles. (2009). *ÁLGEBRA*. Editorial Limusa., pp. 337 – 371.
- López P, Andrea., y Ursini, Sonia. (2007). Investigación en educación matemática y sus fundamentos filosóficos. *Educación Matemática. Vol. 19. (3)*, pp. 91 – 113. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40511587005>.
- Nava, Alejandro., Vázquez, Alma, Cuéllar Juan, Leal Mario, Rodríguez, Salvador. (2016). *Matemáticas I*. Tercera Reimpresión. Ediciones de Laurel, S. A. de C. V. Universidad Autónoma de Nuevo León. pp. 175 – 206.
- Roa-Fuentes, Solange, Oktaç Asuman. (2010). Construcción de una Descomposición Genética: Análisis Teórico del Concepto Transformación Lineal. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa. Vol. 13 (1)*, pp. 89 – 112. Recuperado de <http://www.clame.org.mx/relime.htm>
- Rodríguez J, Miguel., Parraguez G, Marcela. (2013). Una Descomposición Genética Teórica para el Concepto Espacio Vectorial R^2 . *Actas del VII CIBEM*, pp. 1985 – 1992. Recuperado de <http://cibem7.semur.edu.uy/7/actas/pdfs/495.pdf>
- Romo, Avenilde., Oktaç, Asuman. (2007). Herramienta metodológica para el análisis de los conceptos matemáticos en el ejercicio de la ingeniería. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa. Vol. 10 (1)*, pp. 117 - 143. Recuperado de <http://www.clame.org.mx/relime.htm>.
- Segura de Herrero, Sandra Mabel. (2004). Sistemas de Ecuaciones Lineales: Una Secuencia Didáctica. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa. Vol.*

7 (1), pp. 49 – 78. Recuperado de <http://www.clame.org.mx/relime.htm>.

Trejo Trejo, Elia., Camarena Gallardo, Patricia. (2011). Análisis cognitivo de situaciones problema con sistemas de ecuaciones algebraicas en el contexto del balance de materia. *Educación Matemática. Vol. 23(2)*, pp. 65 – 90. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40521146004>.

Trigueros, María. (2005). La noción de esquema en la investigación en matemática educativa en nivel superior. *Educación Matemática. Vol. 17 (1)*, pp. 5 – 31. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40517101>.

Trigueros, Maria, Oktaç, Asuman. (2010). ¿Cómo se aprenden los conceptos de álgebra lineal?. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa. Vol. 13 (4-II)*, pp. 373 – 385. Recuperado de <http://www.clame.org.mx/relime.htm>.

Polímero antibacteriano elaborado con HDPE reciclado y nanotubos de carbono funcionalizados con plata

JIMÉNEZ-RODRÍGUEZ, José Alfredo†*, GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, Brenda Janette, LUGO-COPADO, Atziri Abigail y MUÑOZ-RAMÍREZ, Sandra

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, Nicolás Romero, Estado de México. CP. 54400

Laboratorio de Nanociencia y Nanotecnología de Grupo Jumex, Ecatepec, Estado de México. CP. 55400

Recibido 11 de Octubre, 2017; Aceptado 29 de Diciembre, 2017

Resumen

En este trabajo se estudió el efecto antimicrobiano del compuesto formado por la extrusión de Polietileno reciclado de Alta Densidad (HDPE, por sus siglas en inglés) mezclado con nanotubos de carbono de pared múltiple funcionalizados con plata. La síntesis de los nanotubos de carbono de pared múltiple se realizó mediante el método de Deposición Química de Vapores (CVD por sus siglas en inglés), con una funcionalización química posterior utilizando AgNO_3 como fuente de plata. La actividad antibacteriana se evaluó por siembra directa en agar Eosina Azul de Metileno y por inmersión en Caldo Nutritivo utilizando como fuente bacteriana una muestra de agua residual doméstica. Se analizaron MWCNTs sin funcionalizar (como blanco), Ag-MWCNTs y el polímero funcionalizado. En la siembra directa en agar EAM se obtuvo crecimiento bacteriano en todos los casos, sin embargo, la velocidad de crecimiento de los Ag-MWCNTs fue notablemente menor que en la de los MWCNTs sin funcionalizar. En el caldo nutritivo se presentó turbidez relativamente baja en la muestra de Ag-MWCNTs. Como parte del análisis nanoestructural, las muestras tanto de Ag-MWCNTs como de polímero funcionalizado fueron analizadas por el Método de Dispersión de Rayos X, en donde se comprobó la presencia de plata dentro de la estructura.

Nanotubos de carbono de pared múltiple, Funcionalización, Actividad Antibacteriana

Citación: JIMÉNEZ-RODRÍGUEZ, José Alfredo, GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, Brenda Janette, LUGO-COPADO, Atziri Abigail y MUÑOZ-RAMÍREZ, Sandra. Polímero antibacteriano elaborado con HDPE reciclado y nanotubos de carbono funcionalizados con plata. Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-4:40-47

Abstract

The antimicrobial effect of the compound formed by the extrusion of High Density Polyethylene (HDPE) recycled mixed with silver-functional multilayered carbon nanotubes was studied. Synthesis of the multiple wall carbon nanotubes was carried out using the Chemical Vapor Deposition (CVD), with a later chemical functionalization using AgNO_3 as the source of silver. The antibacterial activity was evaluated by direct seeding in Methylene Blue Eosin Agar and by immersion in Nutrient Broth using as bacterial source a sample of domestic residual water. Non-functionalized MWCNTs (as blank), Ag-MWCNTs and the functionalized polymer were analyzed. The growth rate of the Ag-MWCNTs was significantly lower than that of the non-functionalized MWCNTs. In the nutrient broth, relatively low turbidity was presented in the Ag-MWCNTs sample. As part of the nanostructural analysis, the samples of Ag-MWCNTs as functionalized polymer were analyzed by the X-ray Dispersion Method, where the presence of silver inside the structure was verified.

Multiple Wall Carbon Nanotubes, Functionalization, Antibacterial Activity

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jjimenezr@jumex.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los nanotubos de carbono poseen longitudes de grado nanométrico, por lo cual, es posible su adición a compuestos poliméricos con mayor facilidad de distribución además de proporcionar nuevas características físicas que mejoran la resistencia y durabilidad del polímero. La deposición química de vapor (Chemical Vapor Deposition, CVD por sus siglas en inglés), es el método más popular para la producción de nanotubos de carbono, debido a las ventajas que proporciona.

Por otra parte, las partículas de plata además de presentar propiedades ópticas, magnéticas, metálicas, eléctricas y catalíticas interesantes, las nanopartículas de plata poseen propiedades biosidas o antimicrobianas y que se han encontrado aplicaciones diversas en áreas como la farmacología, medicina, industria alimentaria, purificación de agua etc. (Sondi & Slopek- Sondi, 2004).

Los nanotubos de carbono son otro tipo de nano material para el que se ha descrito actividad antimicrobiana en varios estudios, tanto los de pared simple (SWNT) como los de multipared (MWNT) .Se han señalado varios posibles mecanismos de toxicidad que explican esta actividad microbicida, como interrupción de la transferencia de electrones transmembrana, disrupción o penetración de la envoltura celular, oxidación de componentes celulares y producción de especies reactivas del oxígeno (ROS).

Problema

Las infecciones hospitalarias (también llamadas nosocomiales) son un problema cada vez mayor en los países desarrollados.

Pese a que las medidas de higiene y el uso de antibióticos es cada vez mayor entre la población española, llegando a rozar el 50% de los pacientes en los últimos años, las infecciones en el hospital no se están reduciendo de la misma manera, y en los últimos meses han registrado incluso un aumento. El Centro de Información y Servicios de Asesoría en Salud (Cisas), señala que en todo el mundo hay una gran cantidad de enfermedades provocadas en los hospitales porque ahí se mueven todo tipo de bacterias, virus y microorganismos. En el mundo contraen infecciones en el hospital más de 1,4 millones de personas (Villareal, 2016).

Por otro lado, en función de las propiedades de los plásticos, la estructura del mercado ha crecido considerablemente. Para el año 2000, la producción mundial alcanzó los 160 millones de toneladas y en México para el año 2006, superó los 4 millones de toneladas en donde se calcula que anualmente cada persona en México consume 49 kg de plásticos. Se calcula que 25 millones de toneladas de plásticos en el mundo se acumulan en el ambiente cada año y pueden permanecer inalterables por un periodo de entre 100 y 500 años. Esto se debe a que su degradación es muy lenta y consiste principalmente en su fragmentación en partículas más pequeñas, mismas que se distribuyen en los mares (en estos se han encontrado entre 3 a 30 kg/km²), ríos, sedimentos y suelos, entre otros (Ortiz, 2013).

Justificación

Con el fin de inhibir la propagación microorganismos, se pensó en la fabricación de un polímero antibacteriano que está constituido por una base de polipropileno de alta densidad reciclado, este mezclado con nanotubos de carbono recubiertos de plata que. El dopaje con plata aportará aún mayores propiedades y la de interés es el comportamiento antibacteriano.

El polímero se está planeado para aplicarse a la fabricación de depósitos sanitarios, ya que es uno de las principales fuentes de propagación de bacterias.

Realizando esta parte podemos atacar dos puntos muy relevantes, como es la proliferación de bacterias y así la contaminación del polipropileno desechado.

Son grandes problemas que hoy en día están muy presentes en el mundo y que sin duda sería de gran ayuda de este polímero reciclado mezclado con nanotubos recubiertos de plata.

Hipótesis

La adición de nanotubos de carbono funcionalizados con plata aportará al polímero la propiedad antibacteriana para aplicación en un producto sanitario.

Objetivos

Objetivo General

Producir un polímero reforzado con nanotubos de carbono funcionalizado con nanopartículas de plata con propósitos antibacteriales.

Objetivos específicos

- Sintetizar nanotubos de carbono multipared MWCNTs por el método de CVD.
- Funcionalizar nanotubos de carbono con plata Ag-MWCNTs.
- Decorar el polímero HDPE con los Ag-MWCNTs por el método de extrusión.
- Realizar evaluación antibacteriana de los MWCNTs, Ag-MWCNTs y del polímero funcionalizado.
- Comprobar la presencia de plata en el polímero mediante un análisis de Difracción de Rayos X.

Marco Teórico

La deposición química de vapor (Chemical Vapor Deposition, CVD por sus siglas en inglés), es el método más popular para la producción de nanotubos de carbono, debido a las ventajas que proporciona. El CVD consiste en la descomposición térmica de hidrocarburos con un catalizador metálico en una atmósfera inerte (Shifrina, 2011).

Este método implica la pirolisis de hidrocarburos (acetileno, etileno, propileno, metano, benceno, tolueno etc.), u otro material de carbono (polímeros, carbono monóxido) diluido en la corriente de gas inerte en el sistema de horno sobre la superficie de los catalizadores de metal. El intervalo de temperatura típico para la síntesis es 500- 1200 °C a la presión atmosférica. El sistema típico utilizado en el método de CVD térmico de hacer nanotubos de carbono, con un tubo de reacción horizontal (González, 2015).

El método CVD permite el crecimiento CNTs en una variedad de formas, tales como polvo, películas finas o gruesas, alineada o enredarse, recta o en espiral, o incluso una arquitectura deseada de nanotubos en sitios predefinidos en un sustrato modelado (Koziol, 2010). Para el crecimiento de CNTs son necesarios un precursor y un catalizador. Los catalizadores más comúnmente utilizados para el crecimiento de CNT son los metales de transición (Fe, Co, Ni) de fuentes como organometalocenos (ferroceno, cobaltoceno, niqueloceno), nitratos y otros.).

Se ha determinado que son los tubos de pared simple los que poseen mayor toxicidad y los que tendrían más potencial para ser utilizados como materiales antimicrobianos.

También se ha descrito que esta actividad depende de la presencia de una solución buffer y de la concentración, y que los grupos funcionales de la superficie de los nanotubos no van a tener un papel importante en este sentido, además se ha visto mayor actividad antimicrobiana en los tubos en suspensión en comparación con los agregados. En otro estudio se observó que el uso de radiación junto con la aplicación de nanotubos de carbono (CNT por sus siglas en inglés) a cultivos bacterianos puede incrementar la actividad antimicrobiana de este nano material.

Metodología de Investigación

La metodología se dividió en cuatro etapas fundamentales que van desde la síntesis de los MWCNTs, la funcionalización química, la extrusión y mezclado, para finalmente concluir con la evaluación de actividad antimicrobiana.

Síntesis de CNTs

Se preparó una mezcla de 300 ml en concentración del 3% de Ferroceno más 97% de Xileno, para introducir a sistema de vaporización CVD. La síntesis se llevó a cabo en un reactor de cuarzo introducido en una mufla tubular durante 30 minutos a 850°C. Los nanotubos obtenidos fueron guardados en un vial de boro silicato.

Funcionalización química

Los nanotubos de carbono se introducen a una solución en concentración 3:1 del ácido sulfúrico y ácido nítrico, para después dejarlo en baño ultrasónico durante 5 horas. Una vez transcurrido ese tiempo, se procede a filtrar la solución en una bomba de vacío. Se lavan los MWCNTs con una solución 0.01 M de Hidróxido de Sodio para después realizar un aclarado con agua destilada. Nuevamente se realiza otra filtración al vacío y un nuevo lavado con agua destilada.

Posteriormente se añaden 5 mg de MWCNTs y 83 µl de solución de AgNO₃ (0.1 M) y se pasa a agitación magnética durante 30 minutos a 50°C. Finalmente, se realiza un nuevo filtrado lavando con agua destilada.

Extrusión y mezclado

Se utiliza polietileno de alta densidad obtenido de la molienda de botellas del mismo material. El grosor de la película de la botella se encuentra entre 3-5 mm. De la molienda se obtiene una laminilla de 1 cm², lo que hace fácil su extrusión. Para mezclar los Ag-MWCNTs con el polímero se hizo una relación de peso para realizar una concentración de 0.01% de nanotubos por cada kilogramo de polímero. Se utilizó un extrusor de usillo simple a 180 °C.

Evaluación de Actividad Antimicrobiana

Para comprobar la efectividad antimicrobiana del polímero, se decidió realizar un análisis de inhibición bacteriana a nanotubos de carbono sin funcionalizar y funcionalizados, el cual se presenta a continuación:

Experimentación:

- Se realizaron dos pruebas antibacteriales, la primera con los nanotubos de carbono y la segunda con nanotubos de carbono funcionalizados con plata.
- Se sembró agua residual doméstica en los medios de Eosina Azul de Metileno (EAM) y caldo nutritivo.

Nanotubos de carbono en agar EAM

La preparación de agares se dividió en dos variables:

1. 200 ml de medio de cultivo, preparación normal (según indica el frasco).
2. 200 ml de medio de cultivo con 0.01% de concentración en peso de MWCNTs.

Ambos matraces se introdujeron a la autoclave a 120 ° C durante 15 minutos a 1 atmósfera de presión.

Todo el proceso de vaciado y siembra se llevó a cabo dentro de una campana previamente desinfectada. Para el método de estrías se utilizó un asa de siembra y por goteo una pipeta de 5 ml.

En 5 cajas con EAM sin nanotubos inmersos se le fueron colocados con una azada MWCNTs en el centro.

Se realizó un estriado simple sobre cada uno de los agaros y se dejó en incubación a 35°C y se revisó su crecimiento en 48 horas.

Nanotubos de Carbono en caldo nutritivo

El caldo se preparó según indica el frasco del producto. De la misma forma, se realizaron dos preparaciones diferentes:

1. 70 ml de caldo, preparación normal.
2. A 70 ml de caldo se añadieron a concentración de 0.01% MWCNTs y se esterilizó de manera normal.

Ambas preparaciones se introdujeron a la autoclave a 120 ° C durante 15 minutos a 1 atmósfera de presión. Se vació en tubos y se hizo la siembra por goteo.

Resultados

- MWCNTs sin Ag

Como se observa en las tablas 1 y 2 (véase en anexos), en todos los casos se dio el crecimiento de microorganismos, no hubo inhibición bacteriana.

Unos días pasada la primera observación, pudo notarse que en los cultivos en donde se insertaron MWCNTs el crecimiento era menor en comparación al control, entonces se deduce que aunque las nanopartículas no eviten la proliferación de microorganismos, si influyen en el retraso del crecimiento.

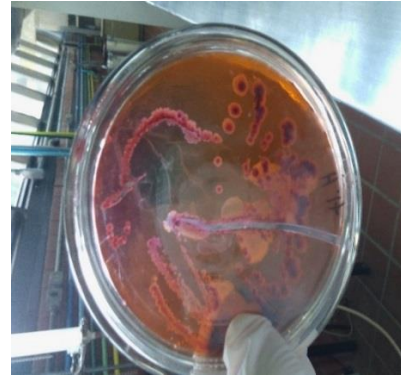


Figura 8. Agar EAM, siembra por estriado, nanotubos inmersos en el medio.

- MWCNTs con Ag



Figura 9 Siembra de Nanotubos de Carbono funcionalizados con plata en medio EAM

La inhibición de crecimiento bacteriano es mayor en los medios de cultivo con nanotubos de carbono funcionalizados con plata (véase tablas 3 y 4 en anexos).

Recordando que la micro biota predominante en aguas residuales domésticas comprenden principalmente de bacterias altamente infecciosas como *Escherichia*, *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Serratia*, *Nocardia*, etc. Por otro lado, esta prueba no fue suficiente para demostrar la eficacia del material ante hongos, por lo que se propone que la investigación quede abierta para probar distintas concentraciones del material sobre el polímero.



Figura 10 Comparación de Caldos de Cultivo Nutritivos con Ag-MWCNTs

En la figura 3 se aprecia cómo es que la presencia de los Ag- MWCNTs influye circunstancialmente en el crecimiento y proliferación microbiana, ya que no se observa turbidez en ninguno de los 5 tubos que contienen las nanopartículas, en cambio, si se aprecia alto grado de turbidez en los tubos control (1 y 2 de izquierda a derecha).

Con el estudio de actividad antimicrobiana se concluye que las nanopartículas de Ag-MWCNTs tienen mayor capacidad de inhibir el crecimiento microbiano en comparación con los simples MWCNTs, probando así que la funcionalización con plata es efectiva para dotar al polímero de capacidad antimicrobiana. Nuevamente se hace hincapié en que se necesita continuar el estudio probando la efectividad antimicrobiana que podrían llegar a poseer.

Análisis por Difracción de Rayos X

A continuación se muestran los resultados del análisis de Difracción de Rayos X realizados a los Ag-MWCNTs y al polímero decorado con Ag-MWCNTs.

En el gráfico 1 se observa el análisis a los Ag-MWCNTs funcionalizados. El resultado comprobó que efectivamente se cuenta con la presencia de nanotubos de carbono además de la detección de plata.

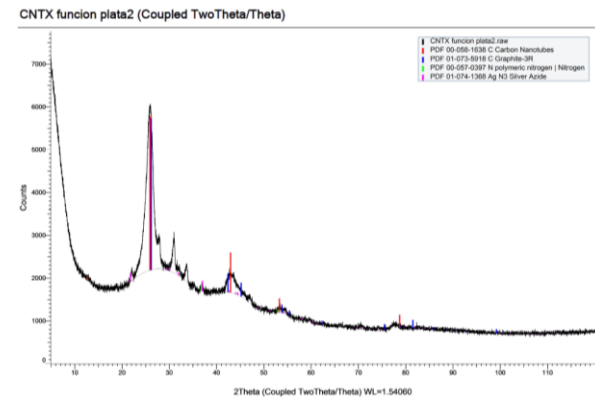


Figura 11 Resultados del Análisis de Difracción de Rayos X a los Ag-MWCNTs

Se realizó otro muestreo posterior a la extrusión del plástico en donde el material ya se encuentra mezclado con el polietileno. Los resultados mostrados en la gráfica número 2 señalan nuevamente la presencia de nanotubos de carbono y de la misma forma se puede observar el pico que indica que existe plata en la muestra, aunque en menor intensidad.

En este punto cabe recordar que el proceso de polimerización por el que son sometidos los nanotubos de carbono, genera que haya una especie de encapsulación de las nanopartículas, lo que disminuye su intensidad y lo hace mucho más accesible al contacto humano dado a que las nanopartículas se encuentran adheridas al material y su facilidad de desprendimiento es menor.

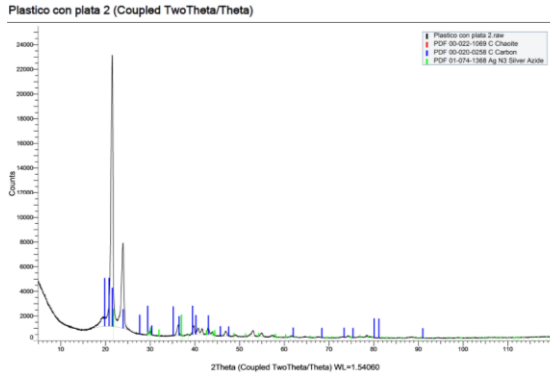


Figura 12 Resultados del Análisis de Dispersión de Rayos X al polímero decorado con Ag-MWCNTs

Anexos

MWCNTs sin Ag

Nanotubos de carbono en agar EAM

Caja	Método	Resultado
1	Agar con NTC disueltos	Positivo
2	Agar con NTC disueltos	Positivo
3	Agar con NTC disueltos	Positivo
4	Agar con NTC disueltos	Positivo
5	NTC en el centro	Positivo
6	NTC en el centro	Positivo
7	NTC en el centro	Positivo
8	NTC en el centro	Positivo
9	NTC en el centro	Positivo
10	Control	-----

Tabla 1 Resultados de la siembra de MWCNTs en Agar EAM

Nanotubos de Carbono en caldo nutritivo

Tubo	Método	Resultado
1	Agar con NTC disueltos	Positivo
2	Agar con NTC disueltos	Positivo
3	Agar con NTC disueltos	Positivo
4	Agar con NTC disueltos	Positivo

Tabla 2 Resultados de la siembra de MWCNTs en Caldo Nutritivo

- MWCNTs con Ag

Nanotubos de carbono funcionalizados con plata en agar EAM

Caja	Método	Resultado
1	Agar con NTC Ag disueltos	Negativo
2	Agar con NTC Ag disueltos	Negativo
3	Agar con NTC Ag disueltos	Negativo
4	Agar con NTC Ag disueltos	Negativo
5	NTC Ag en el centro	Negativo
6	NTC Ag en el centro	Negativo
7	NTC Ag en el centro	Negativo
8	NTC Ag en el centro	Negativo
9	NTC Ag en el centro	Negativo
10	Control	-----

Tabla 3 Resultados de la siembra de Ag-MWCNTs en Agar EAM

Nanotubos de Carbono funcionalizados en caldo nutritivo

Tubo	Método	Resultado
1	Agar con NTC disueltos	Negativo
2	Agar con NTC disueltos	Negativo
3	Agar con NTC disueltos	Negativo
4	Agar con NTC disueltos	Negativo

Tabla 4 Resultados de la siembra de Ag-MWCNTs en Caldo Nutritivo

Conclusiones

Fueron sintetizados nanotubos de carbono multipared mediante el método CVD y posteriormente el análisis de Difracción de Rayos X demostró la existencia de plata dentro de su estructura.

Los Ag-MWCNTs inmersos en agar EAM después de 48 horas de cultivo no presentaron crecimiento bacteriano, caso contrario a los cultivos inoculados con MWCNTs sin plata. Por lo tanto, las nanopartículas de plata incorporadas a la estructura del nanotubo tuvieron efectos inhibitorios de crecimiento bacteriano. En este punto cabe aclarar que se requiere realizar más pruebas para identificar si el material es capaz de inhibir algún otro género microbiológico como lo son los hongos y las levaduras.

El proceso de mezclado y extrusión llevó a la formación de un polímero color grisáceo, con características físicas similares al HPDE sin tratamiento, sin embargo, es recomendable envía a realizar estudios físicos cuantitativos para evaluar el efecto del reforzamiento sobre el mismo.

Referencias

González, V. (2015). Nanomateriales de Carbono, síntesis, funcionalización y aplicaciones. (Doctorado). Universidad Carlos III de Madrid.

Koziol, K., Boskovic, B., & Yahya, N. (2010). Synthesis of Carbon Nanostructures by CVD Method. *Advanced Structured Materials*, 23-49. http://dx.doi.org/10.1007/8611_2010_12

Ortíz Hernández, M. (2013). LA JORNADA ECOLOGICA. *Jornada.unam.mx*. Retrieved 26 June 2017, from <http://www.jornada.unam.mx/2013/05/27/eco-f.html>

Shifrina, P. (2011). Synthesis of Carbon Nanotubes. Retrieved from http://www.physik.fu-berlin.de/einrichtungen/ag/ag-reich/lehre/Archiv/ss2011/docs/Polina_Shifrina-Handout.pdf

Sondi, I., & Salopek-Sondi, B. (2004). Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on E. coli as a model for Gram-negative bacteria. *Journal Of Colloid And Interface Science*, 275(1), 177-182. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2004.02.012>

Villareal, A. (2016). El peligro del hospital: aumenta el riesgo de infección por bacterias. *El Español*. Retrieved 26 June 2017, from http://www.elespanol.com/ciencia/salud/20161017/163734466_0.html

Aplicación de diseño de dos factores en el proceso de pintado para refrigeradores comerciales en una empresa del sur del Bajío

OLVERA-MONTOYA, Ana Luisa†, RAMOS-AGUILAR, Maribel, ESPINOSA-RODRÍGUEZ, Marcela y RAMÍREZ-ÁLVAREZ, José Luis

Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra. Calle Manuel Gómez Morín 300, Janicho, 38933 Salvatierra, Gto

Recibido 10 de Octubre, 2017; Aceptado 2 de Diciembre, 2017

Resumen

En la actualidad, en las empresas la experimentación es uno de los elementos que más contribuyen a la mejora, ya que ayuda a identificar si alguno de sus procesos es operado o tratado indebidamente, comparando los factores que se cree afectan al proceso y esto provoca que el producto presente una mala calidad. El diseño de experimentos (DoE) se presenta como una herramienta estadística que ayuda a investigar los efectos de las variables de entrada (factores), esto consiste en una serie de pruebas o corridas en las que se hacen cambios intencionales en las variables de entrada con el propósito de recopilar datos, analizándolos e identificando así las condiciones del proceso que afectan a la calidad para luego determinar la configuración de los factores y modificarlos. (Minitab, 2016). El desarrollo de esta investigación en primer orden se llevó a cabo en un análisis en el que se verificó que durante el proceso de lavado de las piezas, la temperatura y el tiempo de inmersión fueron los adecuados, de igual modo con los datos recogidos se generó el diseño experimental bifactorial, a fin de observar cuál de las comparaciones de los factores es la que afecta el proceso en las piezas.

Diseño de experimentos, ANOVA, diseño factorial, Calidad

Abstract

In today's business, experimentation is one of the elements that can most contribute to improvements by helping to identify if any of its processes is operated or treated improperly, by comparing factors that are believed to be affecting the Process and this causes the product to present poor quality. The design of experiments (DoE) is presented as a statistical tool that helps to investigate the effects of input variables (factors), this consists of a series of runs or tests in which intentional changes are made in input variables with the purpose of collecting data, analyzing them and thus identifying the conditions of the process that affect the quality to then determine the configuration of the factors and modify them. The development of this research in first order was carried out in an analysis in which it was verified that during the process of washing the pieces, the temperature and the immersion time were the appropriate ones, likewise with the data collected was generated The experimental bifactorial design, in order to observe which of the comparisons of the factors is the one that affects the process in the pieces.

Design of experiments, ANOVA, factorial design, quality

Citación: OLVERA-MONTOYA, Ana Luisa, RAMOS-AGUILAR, Maribel, ESPINOSA-RODRÍGUEZ, Marcela y RAMÍREZ-ÁLVAREZ, José Luis. Aplicación de diseño de dos factores en el proceso de pintado para refrigeradores comerciales en una empresa del sur del Bajío. Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-4:48-58

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la actualidad existen muchas industrias en los diferentes sectores, su objetivo es la elaboración de sus productos y/o generar servicios en los mejores estándares de calidad con el fin de ofrecer el artículo en las mejores condiciones de acuerdo a la especificación del cliente, es por esto que surge la realización de experimentos con el fin de analizar diferentes factores dentro de su proceso para identificar cuál de ellos genera un mejor estándar en el producto; por lo que se buscan alternativas de mejora del proceso y modificarlas acorde a los resultados obtenidos.

El diseño de experimentos se puede definir como un conjunto de métodos que se utilizan para manipular un proceso con el fin de obtener información de cómo mejorarlo (Sanchez, 2009).

El diseño de experimentos permite analizar datos mediante modelos estadísticos para observar la interacción entre las variables independientes y como afectan a la variable dependiente.

Montgomery (2011) establece que la importancia del diseño de experimentos recae en la necesidad que tienen las empresas de contar con procesos óptimos con la menor variabilidad para incrementar la calidad en sus productos o servicios.

Justificación

Con la aplicación del diseño experimental se identificará cuál de los factores afecta el proceso de pintado de las piezas. De esta manera se asegura que la pieza al ser ensamblada en la línea no presentará ningún problema por falta de pintura y así evitar gastos innecesarios para la empresa.

Problema

Empresa del bajo, es hoy una de las mayores empresas de refrigeración del mundo y continúa creciendo como resultado de una fuerte política de expansión. Actualmente cuenta con 4 unidades industriales estratégicamente ubicadas (Brasil, México, Rusia y Turquía) produciendo equipos con la más avanzada tecnología y con una estructura de distribución global en más de 80 países, llegando a una capacidad de producción de 1,5 millones de unidades por año.

Dentro del proceso de pintado de refrigeradores, se trabaja bajo el método electrostático. Dicho proceso, presenta una problemática en la etapa de ensamble de las piezas, no se encuentran pintadas adecuadamente con respecto a las especificaciones, lo cual conlleva realizar un retrabajo y esto genera gasto al volver a pintarlas, además pérdida de tiempo.

Observando el proceso se identifican involucradas las variables Ph, concentración, temperature y tiempo de inmersión, sin embargo existen antecedentes que demuestran las variables Ph y concentración, no tienen un efecto significativo en el proceso de pintado. Por lo cual, se identifica que solo dos factores son los que probablemente estén ocasionando que las piezas no estén bien pintadas, ellos son, temperatura y tiempo de inmersión. Por lo tanto, se desconoce si la temperatura y el tiempo de inmersión de la tina son los correctos.

Por lo tanto, es necesario aplicar un diseño experimental para identificar cuál de los dos factores provoca que las piezas no estén pintadas al finalizar el proceso de ensamble.

Hipótesis

El tiempo es la variable que afecta el proceso de pintado de las piezas de los refrigeradores comerciales.

Objetivos

Objetivo General

Identificar el factor que afecta el proceso de pintado de piezas para refrigeradores comerciales por medio de un diseño factorial (2x2).

Objetivos específicos

- Obtener la variable de respuesta de los factores y su interacción
- Realizar un análisis de varianza para comprobar el efecto de los factores y su interacción.
- Realizar la prueba de comparación de medias para conocer que pares de tratamientos tienen influencia significativa en la variable de respuesta.

Marco Teórico

- Diseño

El diseño tiene como objetivo primordial precisamente la resolución de problemas, cuyas respuestas no pueden partir de recetas o métodos coagulados, no existen ecuaciones ni fórmulas, cada problema requerirá una respuesta particular y específica. (Peñalva, 2002)

Resolver un problema de diseño significa entonces enfrentar un desafío, donde se debería indagar y tener una compleja red de variable. (Peñalva, 2002)

- Experimento

El experimento es la forma en la que añade a la observación de control de ciertos factores con base en supuestos teóricos y, cuando es preciso, supone medición. El experimento científico, cuando se realiza con su ayuda y se orienta a contrastar ideas, resulta ser propiamente el método experimental.

Y el método experimental se considera a su vez frecuentemente como característico de la ciencia moderna. Por lo tanto el estudio de experimento científico tiene interés para científico y para el historiador de las ideas. (Bunge, 2000)

Los experimentos por lo general se llevan a cabo para descubrir algo acerca de un proceso o sistema particular. En sentido literal, un experimento es una prueba. En una perspectiva más formal, un experimento puede definirse como una prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida. (Montgomery, 2011)

- Diseño de experimentos

Es un conjunto de técnica activas, en el sentido de que no esperan que el proceso mande las señales útiles, sino que éste se manipula para que proporcione la información que se requiere para su mejora. (Gutiérrez, 2012)

Consiste en planear y relizar un conjunto de pruebas con el objetivo de genrar datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan reponder las interrogantes planteadas por el experimentador sobre determinada situación. (Gutiérrez, 2012)

- Aplicaciones típicas del diseño de experimental

Según Montgomery (2011) diseño experimental es una herramienta de importancia fundamental en el ámbito de la ingeniería para mejorar el desempeño de un proceso de manufactura. También tiene múltiples aplicaciones en el desarrollo de procesos nuevos. La aplicación de las técnicas del diseño experimental en las fases iniciales del desarrollo de un proceso puede redundar en:

1. Mejoras en el rendimiento del proceso.
2. Variabilidad reducida y conformidad más cercana a los requerimientos.
3. Reducción del tiempo de desarrollo del tiempo de desarrollo.
4. Reducción de costos globales.

Los métodos del diseño experimental desempeñan también un papel importante en las actividades del diseño de ingeniería, donde se desarrollan productos nuevos y se hacen mejoramientos en los productos existentes. Entre las aplicaciones del diseño experimental en el diseño de ingeniería se encuentran:

1. La evaluación y comparación de configuraciones de diseños básicos.
2. La evaluación de materiales alternativo. La selección de parámetros del diseños para que el producto tenga un buen funcionamiento en una amplia variedad de condiciones de campo.
3. La determinación de los parámetros clave del diseño del producto que afectan al desempeño del mismo.

– Objetivo del diseño de experimentos

El objetivo de un experimento es estudiar el efecto que sobre una variable de interés, que llamaremos variable respuesta, tiene un conjunto de otras variables que llamaremos variables experimentales, factores o tratamientos. Por ejemplo, la variable respuesta puede ser el rendimiento de un proceso, y los factores, la temperatura y la presión. El experimento consiste en seleccionar ciertas unidades experimentales, fijar los valores de los factores a distintos niveles y observar el valor de la variable respuesta de cada unidad experimental.

El número total de datos es el tamaño del experimento. (Peña, 2002)

- Pautas para el diseño de experimentos.

Posteriormente se presenta una breve explicación del procedimiento general:

1. Identificación y exposición del problema. Este punto podría parecer muy obvio, pero es común que en la práctica no sea sencillo darse cuenta de que existe un problema que requiere experimentación, es por eso que es necesario desarrollar todas las ideas acerca de los objetivos del experimento. Por esta razón, se recomienda un enfoque de equipo para diseñar experimentos. (Montgomery, 2011)
2. Elección de los factores, los niveles y los rangos. Cuando se consideran los factores que pueden influir en el desempeño de un proceso o sistema, el experimentador suele descubrir que estos factores pueden clasificarse como factores potenciales del diseño o bien como factores perturbadores. Los factores potenciales del diseño son aquellos que el experimentador posiblemente quiera hacer variar en el experimento.

3. Selección de la variable de respuesta. El experimentador deberá tener la certeza de que esta variable proporciona en realidad información útil acerca del proceso bajo estudio. En la mayoría de los casos, el promedio o la desviación estándar de la característica medida será la variable de respuesta. La eficiencia de los instrumentos de medición también es un factor importante. Si la eficiencia de los instrumentos de medición es inadecuada, el experimentador solo detectará los efectos relativamente grandes de los factores o quizá sean necesarias replicas adicionales.
4. Elección del diseño experimenta. La elección del diseño implica la consideración del tamaño de la muestra (número de réplicas), la selección de un orden de corridas adecuado para los ensayos experimentales y la determinación de si entran en juego o no la formación de bloques u otras restricciones sobre la aleatorización. (Montgomery, 2011)
5. Realización del experimento. Cuando se lleva a cabo el experimento es vital monitorear con atención el proceso a fin de asegurarse de que todo se esté haciendo conforme a la planeación. Coleman y Montgomery (2011) sugieren que antes de llevar a cabo el experimento, es conveniente en muchas ocasiones realizar algunas corridas piloto o de prueba. Estas corridas proporcionan información acerca de la consistencia del material experimental, una comprobación del sistema de medición, una idea aproximada del error experimental y la oportunidad de poner en práctica la técnica experimental global. (Montgomery, 2011)
6. Análisis estadístico de los datos. Deberán usarse métodos estadísticos para analizar los datos a fin de que los resultados y las conclusiones sean objetivos y no de carácter apreciativo. Si el experimento se ha diseñado correctamente y si se ha llevado a cabo de acuerdo con el diseño, los métodos estadísticos necesarios no deben ser complicados. (Montgomery, 2011)
7. Conclusiones y recomendaciones. Una vez que se han analizado los datos, el experimentador debe sacar conclusiones prácticas acerca de los resultados y recomendar un curso de acción. También deberán realizarse corridas de seguimiento o pruebas de confirmación para validar las conclusiones del experimento. (Montgomery, 2011)
 - Diseños factoriales

Por diseño factorial se entiende que en cada ensayo o replica completa del experimento se investigan todas las combinaciones posibles de los niveles de factores. Cuando los factores están incluidos en un diseño factorial, es común decir que están cruzados. (Montgomery, 2011)

El efecto de un factor se define como el cambio en la respuesta producido por un cambio en el nivel del factor. Con frecuencia se le llama efecto principal por que se refiere a los factores de interés primario en el experimento. (Montgomery, 2011)

Se entiende por diseño factorial, un plan de experimentos que tiene como característica más destacable el que los valores de todos los factores de diseño se van moviendo simultáneamente. Este tipo de plan representa la estrategia que mejor se adapta a las necesidades de la industria, y la que proporciona la máxima información con el mínimo número de experimentos. (Llabres, 1995)

– Diseño factorial de dos factores

El diseño factorial incluye únicamente dos factores o conjuntos de tratamientos. Hay a niveles del factor A y b niveles del factor B, los cuales se disponen en un diseño factorial; es decir, cada réplica del experimento contiene todas las ab combinaciones de los tratamientos. En general hay n replicas. (Montgomery, 2011)

– Análisis de varianza (Anova)

Este método, desarrollado por R. A. Fisher, es fundamental para casi todas las aplicaciones de la estadística. Una manera de abordar el análisis de varianza es considerarlo con una forma de comprobar si dos o más medidas muestrales pueden haberse obtenido de poblaciones con la misma media paramétrica respecto de una variable dada. Alternativamente, cabría concluir que estas medias son diferentes. Cuando se trabaja únicamente con dos muestras se utiliza tradicionalmente la t de Student para comprobar diferencias significativas entre las dos medias, aunque matemáticamente ambas pruebas son similares en este caso. (Gallego, 2003)

El análisis de varianza es la primera prueba de significación que se trata en este texto capaz de comparar más de dos variables. En este caso, la obtención de datos libres de interferencias provenientes de factores no deseados es fundamental, ya que estos pueden simular o enmascarar la presencia de los factores que son el objetivo del experimento. (Gallego, 2003) Los problemas que incluyen más de dos variables, su objetivo principal de las pruebas estadísticas que se estudian, exigen, en la mayoría de los casos, el cumplimiento de premisas para que las conclusiones que se deduzcan sean válidas. (Gallego, 2003)

– Premisas paramétricas del análisis de varianza

En primer lugar, la aplicación del análisis de varianza requiere que los datos a tratar cumplan los siguientes supuestos:

1. Independencia de los datos: El muestreo debe ser aleatorio, lo que asegura la independencia de los datos generados.
2. Normalidad: La independencia de los datos nos permite, en la mayoría de los casos, presuponer que la distribución de los datos corresponde a una normal.
3. Homoscedasticidad: La igualdad de varianzas (Homoscedasticidad) en un grupo de muestras es una importante precondición para diversos tests estadísticos. (Gallego, 2003)

El «análisis de la varianza» se incluye del ámbito del «Diseño de experimentos», que engloba tres grandes apartados o diseños generales: el «diseño completamente aleatorio», el «diseño de bloque aleatorio» y el «diseño factorial». (Sabadías, 1995)

– Análisis de varianza del diseño factorial

Se utiliza para estudiar los efectos que producen dos o más niveles de tratamientos. Hemos estudiado el tipo utilizado cuando los grupos que se comparan se clasifican atendiendo a un único criterio, es decir, cuando interviene una única variable independiente. (Sabadías, 1995)

Si se considera una segunda variable independiente o factor, este puede tener únicamente el carácter de control de la variable independiente, cuyo caso tenemos el diseño de bloques aleatorios. En cambio, si la segunda variable independiente es una variable de tratamiento, cuyos efectos deseamos conocer se trata de diseño factorial.

Ambos tipos de diseños son estudiados como «análisis de varianza doble», y solo difieren en el modo de interpretar el análisis. Nos limitaremos al estudio del diseño factorial. (Sabadías, 1995)

Se utiliza para estudiar los efectos que producen dos o más niveles de tratamientos. Hemos estudiado el tipo utilizado cuando los grupos que se comparan se clasifican atendiendo a un único criterio, es decir, cuando interviene una única variable independiente. (Sabadías, 1995)

- Comparación de medias

Procedimiento mediante el cual se identifican a las medias que causan las diferencias detectadas en el ANOVA. Según Gutierrez (2012), entre las cuales se pueden encontrar:

Método Tukey: Es método más conservador para comparar pares de medias de tratamientos, el cual consiste en comparar las diferencias entre medias muestrales con un valor crítico.

Método LSD (diferencia mínima significativa): Es la diferencia significativa mínima muestral para considerar que dos tratamientos son diferentes.

- Calidad

Pulido ((2005) cita a Juran 1990)) dice “Calidad es que un producto sea adecuado para su uso. Así, la calidad consiste en ausencia de deficiencias en aquellas características que satisfacen al cliente”.

- Pintura electrostática

La pintura en polvo electrostática básicamente es una alternativa diferente para el recubrimiento de piezas, con grandes ventajas en comparación con las alternativas existentes en recubrimientos. (Francescutti, 2007)

Metodología de Investigación

Se emplearon dos tipos para el desarrollo de la investigación, a continuación se detallan ambas.

Tipo de Investigación

- Investigación experimental

La investigación experimental se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

El experimento es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. En el experimento, el investigador maneja deliberada la variable experimental y luego observa lo que ocurre en condiciones controladas. (Tamayo, 2013)

- Investigación descriptiva

Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente. (Tamayo, 2013)

Métodos Teóricos

Primeramente se llevaron a cabo dos pruebas las cuales sirvieron para asegurar que la problemática no estaba en el traslado del producto a las tinas de lavado para el colgado de la pieza y en la orientación del rociado de las pistolas aplicadoras de pintura.

También se realizaron las pruebas de adherencia, dureza, impacto, desprendimiento, cámara salina para verificar que el material saliera en sus mejores condiciones.

Mediante estas pruebas se identificó que la pintura en las piezas presentaba desprendimiento.

Posteriormente se evaluó el estado actual del proceso llevando a cabo un análisis, durante varias semanas tratando las piezas con respecto a lo especificado, así mismo mediante la medición se corroboró que la concentración y Ph no eran significativos y los factores influyentes fueron tiempo y temperatura. Ver Anexo 1 y 2.

Obtención de variable de respuestas

El proceso está compuesto de 8 tinas para realizar las pruebas. En Tabla 1, contiene el nombre de las tinas y las especificaciones (cabe señalar que no en todas las tinas se manejan especificaciones) las cuales deben de estar según la empresa lo indica.

Tina	Ph	Temperatura	Concentración
Desengrase	10-12	70 – 80°	50-60 Gr/Lt
Enjuague I	7 – 9		
Decapado	1 – 2		25-30%

Enjuague II	5 – 7		
Enjuague III	6 - 7		
Unimat	4 - 5		1-2%
Enjuague IV	6 - 7		
Secado		≥40°	

Tabla 1 Datos de las 8 tinas de prueba

Elaboración del anova de dos factores

- Con respecto a esta actividad y la elaboración del anova se realizó en base a los datos obtenidos de la comparativa del espesor de la pintura ya que se llevara a cabo mediante la elaboración del diseño factorial de dos factores.

La Tabla 2, muestra los dos factores y los niveles de factor que se emplearon en la experimentación.

		TIEMPO		
		3 MINUTOS	6 MINUTOS	10 MINUTOS
TEMPERATURA	80°C			
	60°C			
	40°C			

Tabla 2 Matriz de dos factores

Aplicación de herramientas estadísticas para la comparación múltiple de medias (Pruebas de Tukey, LSD)

Al obtener la variable de respuesta y hacer el análisis de varianza se procedio hacer las pruebas de comparación de medias en minitab v16, para conocer que pares de tratamientos tenían influencia significativa en la variable de respuesta.

Metodología de Desarrollo de Software

Según Sedano (2006), Minitab es un paquete estadístico que abarca todos los aspectos necesarios para el aprendizaje y la aplicación de la Estadística en general.

El programa incorpora opciones vinculadas a las principales técnicas de análisis estadístico entre las cuales se encuentra análisis factorial, anova, y pruebas de comparación de medias de tratamientos.

		Tiempo (b)		
		3 Minutos	6 minutos	10 minutos
TEMPERATURA (A)	80°C	12.85, 12.34, 15.55 15.45, 15.15, 15.25	15.3, 14.9, 14.35 14.56, 17.15, 16.84	17.15, 16.99, 14.85 15.02, 15.45, 14.01
	60°C	13.35, 13.08, 12.5 11.98, 11.7, 11.2	15.05, 15.23, 16.4 R15.9, 14.7, 14.1	14.05, 13.93, 17 16.9, 6.6, 7.1
	40°C	4.82, 5.02, 4.35 4.73, 5.02, 4.9	4.77, 4.97, 4.52 4.83, 4, 3.9	5.8, 5.4, 5.01 4.89, 4.95, 5.07

Tabla 3

Resultados

Obtención de la variable de respuesta acorde al factor temperatura y tiempo.

Al realizar 6 réplicas por cada interacción de factores, donde la variable de respuesta es el espesor de la pintura en milímetros, se obtuvieron los resultados de la Tabla 3:

Realización de un análisis de varianza para comprobar el efecto de los factores y su interacción.

Análisis de varianza para C7, utilizando SC ajustada para pruebas

En la Tabla 4, se encuentran los resultados que se obtuvieron del Programa estadístico Minitab.

F	GL.	SC.	CM.	F	P
A	2	1099.70	549.85	174.26	0.000
B	2	13.73	6.86	2.18	0.125
AXB	4	23.88	5.97	1.89	0.128
Error	45	141.99	3.16		
Total	53	1279.31			

Tabla 4 Analisis de varianza

*S = 1.77635 R-cuad. = 88.90% R-cuad. (Ajustado) = 86.93%

De acuerdo al programa estadístico Minitab v16, se concluye que el factor A (Temperatura) si produce efecto sigificativo en el espesor

A diferencia con el factor B (Tiempo) no es importante ya que no tiene mayor influencia en el espesor, por lo tanto se puede utilizar cualquiera de los tiempos de inmersión.

Interección factor A y B

El análisis de los resultados arrojo que ambos efectos no produce efecto significativo por lo que no existe una interacción entre la temperatura y el tiempo, ya que el factor más influye en este análisis es la temperatura.

En la Figura 1, se puede observar por medio del uso del minitab que no hay interacción entre los factores A y B.

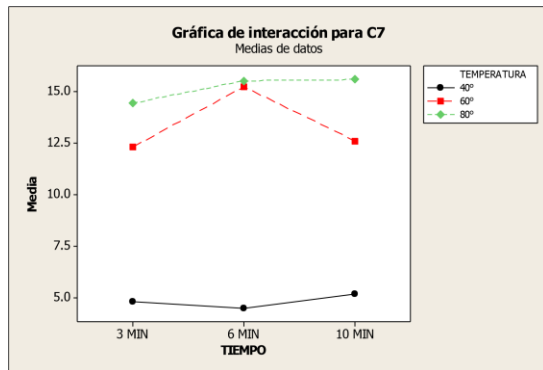


Figura 1 Interacción entre los factores A y B

Comparación de medias por prueba de Tukey y LSD

Para realizar la prueba de Tukey y LSD se requirió la tabla de los datos recolectados en los cuales se realizó una sumatoria para cada uno de los niveles como se muestra en la Tabla 5:

		Tiempo			Y
		3 MIN	6 MIN	10 MIN	
TEMPERATURA	80°c	86.59	93.1	93.41	273.1
	60°c	73.81	91.38	75.58	240.77
	40°c	28.84	26.99	31.12	86.95

Tabla 5 Datos para pruebas Tukey y LSD

Los resultados obtenidos en la pruebas de Tunkey y LSD arrojo que cualquiera de las parejas de los tratamientos con respecto a temperatura genera un efecto significativo en el espesor de la pintura.

Conclusiones

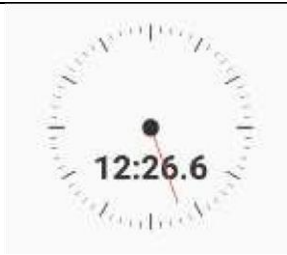
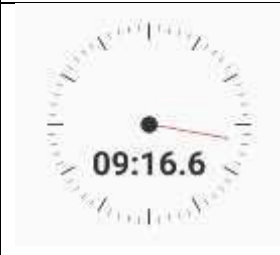
Luego de haber realizado el trabajo experimental se puede concluir que dentro de los dos factores analizados, temperatura y tiempo de inmersión, se logró identificar que el factor temperatura produce un efecto significativo con respecto al espesor de pintura, es decir, que la temperatura es la que influye en el desprendimiento de la misma.

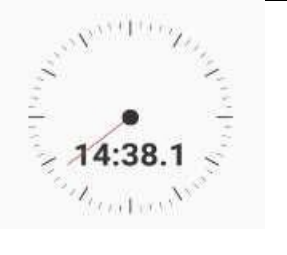
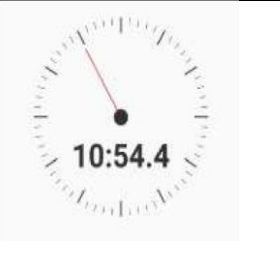
Anexos

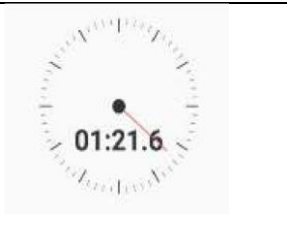
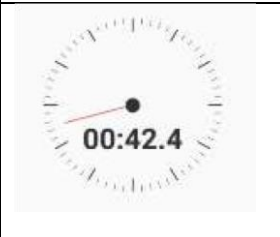
Anexo 1. Tiempos de las 8 tinas.

Tina	Ph	Temperatura	Concentr-ación
esengrase	10	70°	58.95%
	10-12	70 – 80°	50-60 Gr/Lt
Enjuague I	7		
	7 – 9		
Decapado	1		26.2%
	1 – 2		25-30%
Enjuague II	4		
	5 – 7		
Enjuague III	7		
	6 - 7		
Unimat	5		2.63%
	4 - 5		1-2%
Enjuague IV	7		
	6 - 7		
Secado		45°	
		≥40°	

Anexo 2. Toma de tiempos de inmersión

Primer tiempo tomado en la tina de desengrase	Segundo tiempo tomado en la tina de desengrase
	

Primer tiempo tomado en la tina de decapado	Segundo tiempo tomado en la tina de decapado
	

Primer tiempo tomado en la tina de Unimat	Segundo tiempo tomado en la tina de Unimat
	

Referencias

Bunge, M. (2000). La investigación científica. Barcelona. Siglo XXI.

Gallego, R, S. (2003). Introducción al análisis de datos experimentales. España: Universitat Jaume I.

Gutiérrez, H. (2005). Calidad total y productividad. México, D.F McGraw-Hill.

Gutiérrez, H. (2012). Análisis y diseño de experimentos. México, D.F McGraw-Hill.

Francescutti, J. O. (2007). Pintura electroestática.

Llabres, P. G. (1995). Técnicas para la gestión de la calidad. Madrid: Díaz de Santos.

Minitab Inc. Soporte de Minitab v16. Recuperado de <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/16/topic-library/quality-tools/measurement-system-analysis/gage-r-r-analyses/what-is-a-gage-r-r-study> Consultado 13 enero 2017.

Montgomery, D. C. (2011). Diseño y análisis de experimentos. DF, México: LIMUSA WILEY.

Peña, D. (2002). Regresión y diseño de experimentos. Madrid, España. Alianza editorial.

Peñalva, S. (2002). Diseño teoría y reflexión. Argentina: KUCZKOWSKI.

Sabadías, A. V. (1995). Estadística descriptiva e inferencial. Madrid, España: servicio de publicaciones de la universidad de castilla-la mancha.

Sedano, m. (2006). Introducción a minitab. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

Tamayo, M. T. (2013). Investigación Científica. México D.F. limusa.

Torre, R. E. (2008). Probabilidad y estadística para ciencias e ingenierías. Madrid: Delta publicaciones.

Evaluación de cuatro genotipos de tomate Heirloom en producciones orgánicas en invernadero

MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel†*

Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra. Calle Manuel Gómez Morín 300, Janicho, 38933 Salvatierra, Gto.

Recibido 15 de Octubre, 2017; Aceptado 7 de Diciembre, 2017

Resumen

Este estudio consistió en evaluar el comportamiento y rendimiento de cuatro variedades de tomate heirloom (*Solanum lycopersicum* L.) en producciones orgánicas en invernadero. La siembra se estableció el 18 de mayo del 2016 en suelo, con una densidad de 30,000 plantas por hectárea. Las variedades establecidas fueron Brandywine, Cherokee Purple, Cherokee Green y Striped German. Las plantas fueron injertadas con el portainjerto Maxyfort para el control de *Fusarium oxysporum*. De acuerdo a los resultados obtenidos, la variedad Striped German presentó un vigor superior en las plantas a comparación con los otros tres genotipos. Durante el desarrollo del cultivo se observó que el tomate heirloom es susceptible al ataque de fitopatógenos como *Fulvia fulva*, *Leveillula taurica*, *Phytophthora infestans* y *Botrytis cinerea*, así como a *Pseudomonas syringae* pv tomato, donde Cherokee Green y Cherokee Purple fueron más susceptible a esta última, mostrando un alto grado de severidad en el follaje, raíces y tallos. Las plagas que afectaron al cultivo fueron mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), pulgones (*Myzus persicae*) y trips (*Frankliniella occidentalis*), no obstante el tomate heirloom no es susceptible al ataque de paratíozoa (*Bactericera cockerelli* Sulk). El genotipo sobresaliente en rendimiento y tamaño de frutos fue Brandywine el cual presentó un peso promedio del fruto de 629 gramos.

Solanáceas, enfermedades, resistencia

Abstract

This study consisted in evaluating the behavior and yield of four varieties of tomato heirloom (*Solanum lycopersicum* L.) in organic production in greenhouse. The planting was established on May 18, 2016 in soil, with a density of 30,000 plants per hectare. The established varieties were Brandywine, Cherokee Purple, Cherokee Green and Striped German. The plants were grafted with the Maxyfort rootstock for the control of *Fusarium oxysporum*. According to the results obtained, Striped German presented superior vigor in plants compared to the other three genotypes. During the development of the crop it was observed that the heirloom tomato is susceptible to the attack of phytopathogens such as *Fulvia fulva*, *Leveillula taurica*, *Phytophthora infestans* and *Botrytis cinerea*, as well as *Pseudomonas syringae* pv tomato, where Cherokee Green and Cherokee Purple were more susceptible to the latter, showing a high degree of severity in the foliage, roots and stems. The pests that affected the culture were whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*), aphids (*Myzus persicae*) and thrips (*Frankliniella occidentalis*), although the heirloom tomato is not susceptible to the attack of paratíozoa (*Bactericera cockerelli* Sulk). The outstanding genotype in yield and fruit size was Brandywine which had an average fruit weight of 629 grams.

Solanaceae, diseases, resistance

Citación: MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel. Evaluación de cuatro genotipos de tomate Heirloom en producciones orgánicas en invernadero. Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-4:59-67

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mascott@itess.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La preocupación que muestran los humanos por consumir alimentos libres de plaguicidas se ha extendido por todo el mundo, principalmente en los países desarrollados. Por ello, en los últimos cinco años la demanda de productos orgánicos para consumo en fresco ha ido en aumento (Márquez *et al.*, 2014).

México actualmente es el líder mundial en exportación de tomate rojo y este año se espera una producción de más de 2 millones de toneladas en el ciclo octubre 2016-octubre 2017, de las cuales el 35 % de la producción es origen orgánico destinado principalmente a los mercados europeo y estadounidense (AMHPAC, 2016). Es así, como la agricultura orgánica ha demostrado ser una alternativa muy promisoría para el campo mexicano, registrando crecimientos anuales del 22 % (SAGARPA, 2016).

Entre las diferentes variedades de tomate que se producen en México, se encuentra los tipos saladette, bola, cherry, pera, uva, manzano y heirloom. Este último se cultiva particularmente regiones, en donde las condiciones edafoclimáticas son óptimas para su desarrollo. Las semillas de las variedades de tomate heirloom son de origen Amish y español, las cuales han sido preservadas a través de generaciones, algunas de ellas por más de 100 años. A los tomates heirloom también se le conoce como tomates herencia o reliquia y las variedades originales son de polinización abierta, o sea que se reproducen naturalmente conservando sus rasgos genéticos a diferencia de los híbridos comerciales que han sido creados para conservar características de uniformidad, forma y maduración (Ozores-Hampton *et al.*, 2011).

La información sobre variedades de tomates Heirloom en México es escasa por no tener demanda en el mercado nacional. En Estados Unidos y España, se cuenta con poca información debido a que esta especialidad no era prioritaria para consumo hasta hace unos años.

Las variedades registradas como heirloom actualmente están protegidas por una ley internacional, las cuales se encuentran almacenadas con todos los datos genéticos y de origen imaginables, en los bancos de semillas de Kew Gardens en Inglaterra y en la actualidad estos mismos bancos están desarrollando centros de almacenamiento especializados en Latinoamérica para tener sedes activas en sus lugares de origen (Prieto, 2009).

Es importante mencionar que los heirloom presentan características de sabor más dulce que los tomates convencionales, por ello el mercado ha ido en aumento, principalmente en Estados Unidos y Europa donde los comensales están dispuestos a pagar el precio por dichos productos (Flomo, 2010).

Justificación

Actualmente los mercados internacionales de hortalizas demandan alimentos orgánicos e inocuos y una parte de la población busca nuevas especialidades que satisfagan la demanda de alimentos gourmet; por ello Salvatierra se convirtió en pionera en la producción de tomate heirloom en el bajío guanajuatense propiciando que los productores de tomate orgánico pudieran ampliar los mercados para comercializar sus productos y obtener mejores ganancias. Sin embargo, en esta región no existe información con respecto al comportamiento de las variedades de tomates heirloom, por lo cual, fue necesario desarrollar este estudio para identificar cuales genotipos son más rendidores, cuales se adaptan mejor a las características edafoclimáticas de Salvatierra e identificar la susceptibilidad, tolerancia o resistencia que presenta cada uno de ellos a plagas y enfermedades para que los productores tomen decisiones acertadas al momento de seleccionar la variedad a establecer.

Problema

El desconocimiento sobre el rendimiento de cada una de las variedades que se están estableciendo en el municipio de Salvatierra, la susceptibilidad a plagas y enfermedades que puede ocasionar pérdidas económicas que van desde un 30-50% de la producción total y la restricción del uso de productos químicos para el control de los fitopatógenos e insectos plaga en producciones orgánicas es lo que limita el establecimiento de esta nueva especialidad de tomates.

Hipótesis

Cada genotipo de tomate heirloom evaluado en este estudio presenta un comportamiento diferente, por lo que al menos uno de ellos muestra cualidades de adaptabilidad y tolerancia a plagas que le permiten ser el indicado para su establecimiento y explotación comercial en la región de Salvatierra, Guanajuato.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el rendimiento y tolerancia a enfermedades de cuatro variedades de tomate heirloom que son: Brandywine, Cherokee Purple, Cherokee Green y Striped German.

Objetivos específicos

- Identificar el genotipo con mayor rendimiento de cosecha.
- Identificar el genotipo injertado que presentó tolerancia o resistencia a *Fusarium oxysporum*.
- Determinar la susceptibilidad a plagas y enfermedades de cada genotipo evaluado.

Marco Teórico

La palabra heirloom significa reliquia o antigüedad familiar, procede de la raíz inglesa *heir* (heredero). Se usa comúnmente para agrupar aquellas plantas y variedades vegetales tradicionales o locales (aunque no necesariamente autóctonas/nativas) que han sido conservadas en comunidades aisladas, mediante polinización y selección tradicional o a través de injertos y clones, manteniéndose de esta manera intacta como una variedad vegetal homogénea (Sociedad Argentina de Horticultura, 2016). Este tipo de tomates han sido comúnmente cultivados o incluso comercializados durante años a lo largo de la historia (algunas con más de 150 años de antigüedad). Algunas variedades han sido generalmente mejoradas, seleccionadas, preservadas y transmitidas durante generaciones enteras en un ámbito local o incluso familiar que ha favorecido que queden intactas sus características genéticas debido a su aislamiento (Anónimo, 2015).

Los primeros híbridos en ser comercializados datan de 1951, por lo que se considera Heirlooms a las variedades anteriores a esta fecha, algunas de ellas incluso prehistóricas. En Estados Unidos los tomates heirloom comenzaron a comercializarse a través de productores locales a mediados de los años ochenta y han ganado una popularidad por su incomparable sabor. Los frutos son coloridos de textura irregular y deforme, de piel estriada, con una gran diversidad genética y gracias a estos atributos su sabor es más dulce que el de otras variedades de tomates (Agroscience, 2013).

El hecho de que sean plantas de polinización abierta significa que cada una de ellas será a imagen y semejanza de la planta madre. Este aspecto ha hecho de que las semillas Heirloom tengan valor como material genético, pues aumentan la extensión genética de una variedad. Sin embargo, como no son el resultado de programas de cruces, las variedades no son generalmente resistentes a enfermedades; Por lo tanto, son más susceptibles a patógenos y tienen menor tolerancia a las condiciones de temperatura y sequía en comparación con las variedades híbridas (Flomo 2010). Según los expertos la superioridad genética, comparada con las variedades genéticamente modificadas, es notable; así el sabor que presentan los tomates heirloom tiene una concentración de sólidos solubles mayor que la de cualquier otro tomate (grados brix) (Lobato-Ortiz *et al.*, 2012).

Metodología

Establecimiento del experimento. La investigación se desarrolló en un invernadero de 10,000 m² ubicado en el municipio de Salvatierra Gto., bajo un diseño completamente al azar, en el cual la nave fue dividida en cuatro cuadrantes estableciendo un genotipo en cada uno de ellos. Se evaluaron 20 plantas por tratamiento.

El trasplante se realizó el 20 de mayo del 2016, con las variedades Brandywine, Cherokee Purple, Cherokee Green y Striped German, con una densidad de siembra de 30,000 plantas ha⁻¹ y una distancia entre surcos de 80 cm, bajo un sistema de riego por goteo y un manejo orgánico a dos tallos.

Presencia y manejo de insectos plaga.

Se establecieron trampas de colores para determinar la presencia de insectos plaga, así mismo se realizaron monitoreos visuales sobre raíces, tallos, hojas y frutos.

Presencia, desarrollo y severidad de enfermedades. Se llevaron a cabo monitoreos diarios de plagas y enfermedades para detectar plantas enfermas de acuerdo su sintomatología. Se registró la presencia y severidad de la enfermedad de acuerdo a la técnica de Vakalounaks y Fragkiadakis (1999) para registrar 1) planta sana, 2) planta clorótica 3) planta marchita y 4) planta muerta, y se utilizó una escala de severidad de 0-100 % establecidas por James (1971) y Henfling (1987). También se aislaron estructuras de los patógenos para su identificación morfológica en el laboratorio, con base a características propias de las estructuras de cada patógeno.

Identificación de plantas tolerantes a fusariosis. Para determinar la presencia de *Fusarium oxysporum* se examinaron raíces de cada tratamiento a los 30, 40 y 50 días después del trasplante. Las plantas enfermas con pudriciones en la raíz fueron puestas en medio de cultivo Agar papa dextrosa (PDA) para propiciar el crecimiento de los patógenos y posteriormente realizar su identificación morfológica. Se contabilizó el porcentaje de la población enferma y el número de plantas muertas por genotipo.

Variables fenológicas a evaluar. A partir de la segunda semana después del trasplante se tomaron datos sobre el desarrollo fenológico del cultivo: altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas en la planta, longitud de las hojas, número de flores, número de frutos por racimo, tamaño y peso del fruto, así como los grados Brix.

Fertirrigación. Se programó de acuerdo a los requerimientos nutrimentales e hídricos del cultivo, realizando análisis foliares, monitoreo de la solución en charola colectora y chupatubos, así como de la humedad del suelo, a través de tensiómetros. El agua de riego fue ajustada con en un rango de pH de 6-6.5 con ácido nítrico.

Cosecha. La recolección de tomate se realizó cuando el fruto presentaba madurez fisiológica. Cada genotipo presenta características propias de coloración.

Resultados

Presencia y manejo de insectos plaga. Durante el desarrollo del cultivo hubo presencia de mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), pulgón (*Myzus persicae*), Trips (*Frankliniella occidentalis*), minadores (*Liriomyza trifolii*) y paratrioza (*Bactericera cockerelli*); en ésta última se observó que el insecto no tiene preferencia por las plantas de tomates heirloom, por lo que no ocasionó daño sobre las mismas.

Presencia, desarrollo y severidad de enfermedades Se manifestaron problemas severos en el follaje por el desarrollo de cenicienta polvoriento (*Leveillula taurica*) con una infección del 68% de la población, fulvia (*Fulvia fulva*) con un 70% y tizón tardío (*Phytophthora infestans*) con un 52%. Las dos variedades con un mayor índice alto de infección (50% y 40% de la población de plantas enfermas) fueron Cherokee Green y Cherokee Purple.

Se observó que los hongos foliares fueron los causantes de una epidemia generalizada. En menor escala se mostró un porcentaje de plantas enfermas del 18 % para tizón temprano (*Alternaria solani*), 14 % para moho gris (*Botrytis cinerea*) y un 6% para *Xanthomonas campestris*. También se presentaron algunas plantas cloróticas con *Fusarium oxysporum*, las cuales fueron identificadas en el laboratorio de microbiología del ITESS. Así mismo se desarrolló un brote de *Pseudomonas syringae*, el cual fue controlado.

El microclima generado por las altas temperaturas y humedad relativa por encima del 80% dentro del invernadero propiciaron el desarrollo de enfermedades (Agrios, 2008). Una de las desventajas de los tomates heirloom que se observó en este experimento fue la baja resistencia a enfermedades fúngicas del follaje, presentando una alta susceptibilidad al ataque de éste tipo de patógenos. Además estos problemas se agravaron, debido a las restricciones del uso de los fungicidas sintéticos en producciones orgánicas. Por estas razones, es necesario un manejo óptimo de la nutrición mineral (adición de ácidos fúlvicos, calcio y hierro) (Ruiz, 2017), establecimiento de portainjertos resistentes o tolerantes a fusariosis (Martínez-Scott *et al.*, 2015), prácticas culturales adecuadas, uso del control biológico para mantener las densidades de insectos vectores de enfermedades por debajo de los umbrales económicos y aplicación de productos repelentes y/o productos bioracionales (Martínez-Scott, 2016).

Identificación de plantas tolerantes a fusariosis. Las plantas fueron injertadas con el patrón Maxyfort, para el control de *F. oxysporum*.

El genotipo que presentó mayor tolerancia a la enfermedad fue Striped German quien a pesar de presentar la sintomatología de la enfermedad (taponamiento de ases vasculares que produjeron clorosis o amarillamiento en un lado de las plantas), estas siguieron produciendo; caso contrario con Cherokee Green quien presentó un .28 % de mortandad, Cherokee Purple .35 % y Brandywine .19 % del total de la densidad poblacional.

Es así como el uso de los portainjertos en las producciones orgánicas de tomate representa una alternativa sustentable para el manejo de la fusariosis ya que esta técnica se basa en la combinación de patrones resistentes a los patógenos del suelo con variedades y/o híbridos comerciales altamente productivos, con la finalidad de sustituir el uso de fumigantes del suelo en los cultivos (De Miguel, 2009).

Variables fenológicas. Con respecto a crecimiento semanal de la planta, ancho de hoja y número de flores se presentaron diferencias ($P < 0.05$) entre los tratamientos. En el número de flores y frutos sobresalieron Cherokee Green y Cherokee Purple, para ancho de hoja fue Striped German así como para crecimiento semanal (Gráfico 1).

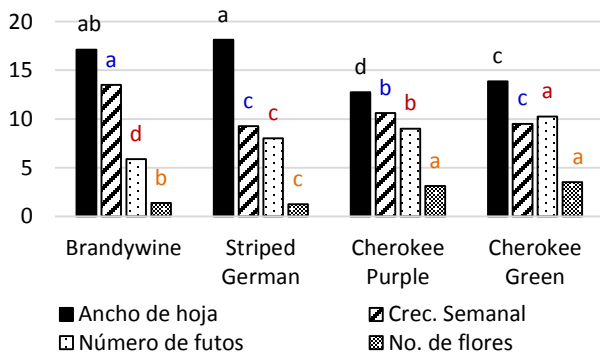


Gráfico 1 Variables fenológicas con discrepancias entre tratamientos (Prueba de Tukey $\alpha = .05$)

El promedio del crecimiento semanal de los cuatro genotipo fue de 12.29 cm; Striped German alcanzó un crecimiento de 13.37 cm, Brandywine 12.98 cm, Cherokee Green 11.62 cm y Cherokee Purple 11.20 cm. En el Gráfico 2 se muestran los resultados de la altura de planta alcanzada a las 15 semanas, sobresaliendo Striped German con 3.10 m, seguido por Brandywine con 3.02 m, Cherokee Green 2.72 m y Cherokee Purple 2.68 m. Aun cuando Brandywine no fue el genotipo más alto durante la semanas 13-15 a la semana 21 presentó la misma altura que Striped German 3.6 m.

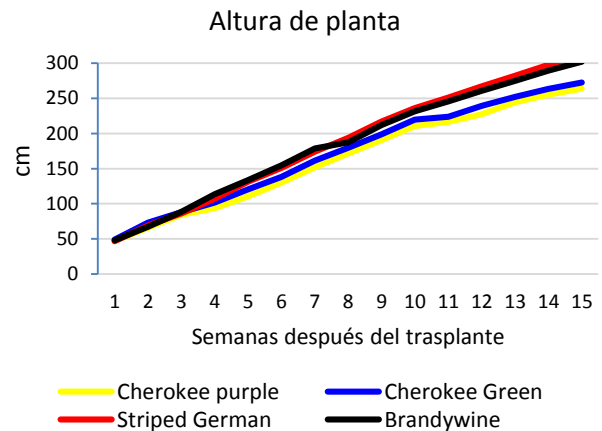


Gráfico 2 Crecimiento semanal de las plantas

Los cuatro genotipos se comportaron de forma similar para las variables de longitud y número de hojas, racimos, botones, diámetros de tallos y distancia del cabezal a la flor, por lo que no existieron diferencias entre ellos (Gráfico 3).

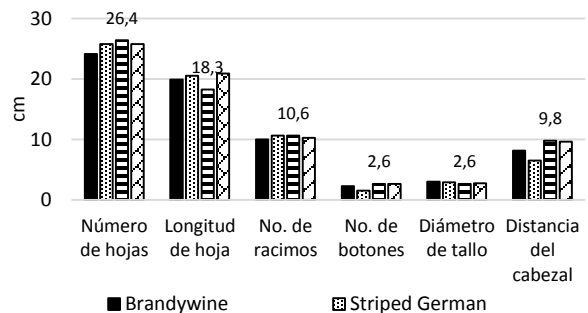


Gráfico 3 Comportamiento homogéneo de variables fenológicas

Cosecha. El total de kilogramos cosechados fue de 192,974.71, sobresaliendo el genotipo Brandywine con 59.008 toneladas en 21 semanas. Los datos de cosecha por cuadrante se pueden observar en el Gráfico 4. Aun cuando el peso medio del fruto para cada variedad presentó divergencias ($P < 0.05$) Brandywine y Striped German fueron las variedades con un mayor peso en frutos, (Gráfico 5). El total de kilogramos cosechados por m^2 se puede apreciar en el Gráfico 6.

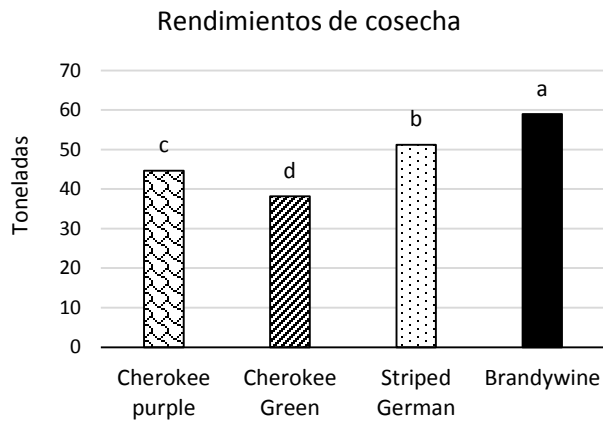


Gráfico 5 Cosecha de tomate heirloom por genotipo establecido

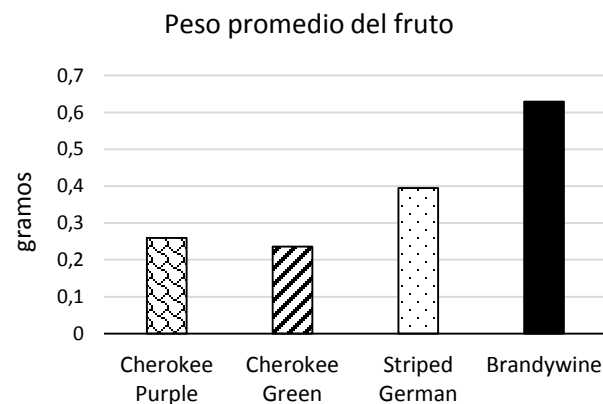


Gráfico 6 Comparación de medias del peso de cada genotipo de tomate heirloom

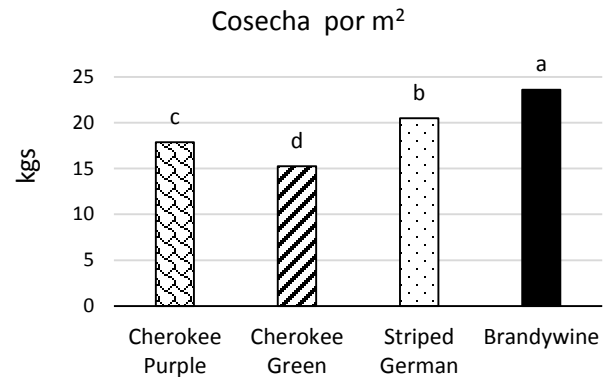


Gráfico 7 Cosecha por m^2 de cada genotipo de tomate heirloom

Los tomates heirloom evaluados en esta investigación presentaron una gran diversidad en el tamaño del fruto con pesos que van desde 190 g a frutos enormes que pesaron cerca de 850 g. El peso promedio para Cherokee Purple fue de 250 g, Cherokee Green registro 226.7 g, Striped German 340 g y Brandywine 692 g.

Así también la coloración que presentan va desde tonalidades verdes claro a verde-amarillo, naranja, rosado. Sin embargo, esta variable no es contrastante con respecto a sólidos solubles (Grados Brix), ya que los tomates Cherokee Green aun cuando su coloración es verde presentaron un contenido de azúcares promedio de 7° Brix al momento de la cosecha, igualando en sabor a los Brandywine quienes presentaron una coloración amarillo-rosada.

Agradecimiento

Al Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra por las facilidades prestadas para el desarrollo de este proyecto.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se requieren cuidados especiales con respecto al manejo de las prácticas culturales de este tipo de tomates, debido a que presentan follaje abundante, el cual puede propiciar el desarrollo de enfermedades. Los cuatro genotipos de tomate Heirloom son adaptables a las condiciones edafoclimáticas de la región de Salvatierra y presentan un alto contenido de sólidos solubles, sin embargo el que presentó características de tolerancia a fusariosis y un mayor rendimiento fue Brandywine, seguido de Striped German, por lo que estas dos variedades son las que se recomiendan para su explotación comercial en la región de Salvatierra, Guanajuato.

Referencias

- Agrios, G. 2010. Fitopatología. Editorial Limusa 2ª Edición. México D. F. 819 p.
- Agroscience. 2013. Tomate Heirloom “Exclusivo de exportación”. Boletín diciembre del 2013. Recuperado de: www.agroscience.mx/popup/descarga.php?file=AS-Boletin-Diciembre2013.pdf.
- Anónimo. 2015. Los cultivares heirloom: historia y nacimiento del preservacionismo vegetal. Recuperado de: <http://elcannasseur.com/?p=205>.
- Báez-Valdez, E. P., Carrillo-Fasio, J. A., Báez-Sañudo, M. A., García-Estrada, R. S., Valdez-Torres, J. B., Contreras-Martínez, R. 2010. Uso de Portainjertos Resistentes para el Control de la Fusariosis (*Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici Snyder & Hansen raza 3) del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Condiciones de Malla Sombra. Revista mexicana de fitopatología, 28:111-123.
- Coolong, T. 2009. “Heirloom vegetables”. Cooperative Extension Service, College of Agriculture, University of Kentucky. [Consulta en línea mayo del 2016: <http://www.uky.edu/Ag/NewCrops/introsheets/heirloom.pdf>].
- De Miguel, A. (2009). Evolución del injerto en hortalizas en España. Revista de Tecnología Hortícola 72:10-16.
- Flomo, S. T. 2010. “Investigation of yield and quality of grafted heirloom and hybrid tomatoes.” Master’s thesis, Western Kentucky University. Recuperate de: <http://digitalcommons.wku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1136&context=theses>.
- Lobato-Ortiz, R., E. Rodríguez-Guzmán, J. C. Carrillo-Rodríguez, J. L. Chávez-Servia, P. Sánchez-Peña y A. Aguilar-Meléndez. 2012. Exploración, colecta y conservación de recursos genéticos de jitomate: avances en la Red de Jitomate. SINAREFI – SAGARPA – Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 53 p.
- Martínez-Scott, Marcia Maribel, Rosas-Gallardo, Mayra Gabriela, Jiménez-Sánchez, Gabriel y Loera-Cruz, María de la Luz. Uso de Portainjertos para el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici raza 3 en Tomate Cherry Tipo Uva. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-2:162-168.
- Martínez-Scott, Marcia Maribel. Evaluación de aislados nativos de *Trichoderma* sp para el control de hongos fitopatógenos del suelo en tomate. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 2016, 3-6: 32-42.
- Ozores-Hampton, M., McAvoy, G., Olson, S., Cushman, K., and Roe, N. 2011. Tomato varieties for Florida - Florida “redrounds,” plum, cherries, and grapes. HS1189. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences. [Consulta en línea junio del 2016: <http://edis.ifas.ufl.edu/hs1189>].

Prieto, M. 2009. Heirloom: semillas antiguas para el futuro. Recuperado de: <https://www.veoverde.com/2009/05/heirloom-semillas-antiguas-para-el-futuro>.

Ríos-Osorio, O., J. L. Chávez-Servia, J. C. Carrillo-Rodríguez. 2014. Traditional production and diversity of native tomato (*Solanum lycopersicum* L.): a study case in Tehuantepec-Juchitán, Mexico. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 11: 35-51.

Ruiz, Gómez, V. 2017. Comportamiento de tres compuestos órgano minerales en la producción y calidad del tomate heirloom. Tesis. Departamento de suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coah. Recuperado de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42214/K%2064755%20VALERIANO%20RUIZ%20G%C3%93MEZ.pdf?sequence=1>

SAGARPA. 2016. Estudio de Oportunidades de Mercado e Inteligencia Comercial y Estudio de Logística Internacional de TOMATE. 05.08.2016. Recuperado de: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documentos/estudios_promercado/tomate.pdf.

Sociedad Argentina de Horticultura. 2016. Tomates heirloom. Recuperado de www.sahorticultura.org. Junio de 2017.

Aplicación web para la identificación de intereses vocacionales y profesionales

VALDEZ-MENCHACA, Alicia Guadalupe*†, CORTES-MORALES, Griselda, VÁZQUEZ-DE LOS SANTOS, Laura Cristina y MONTOYA-SOLÍS, Thelma Nallely

Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Barranquilla S/N Colonia Guadalupe C.P. 25700 Monclova, Coah. México

Recibido 30 Septiembre, 2017; Aceptado 20 Diciembre, 2017

Resumen

En este proyecto se ha diseñado y desarrollado un programa de software para la identificación de intereses vocacionales y profesionales de los estudiantes de bachillerato, basado en una prueba internacional llamada CHASIDE, la cual integra las áreas administrativas y contables, humanísticas y sociales, artísticas, medicina y ciencias de la salud, ingeniería y computación, defensa y seguridad y ciencias exactas y agrarias; de manera que ellos pueden conocer cuáles son sus habilidades y aptitudes más importantes para la elección de una carrera universitaria. El software también les presenta una lista de carreras y universidades disponibles en el estado de Coahuila México, de acuerdo a los resultados obtenidos en el diagnóstico que se efectúa en el programa. El desarrollo se ha efectuado en el lenguaje de programación para internet Active Server Pages (ASP) versión .NET, utilizando la base de datos SQL Server 2014, para el almacenamiento de la información. Como resultado se ha obtenido una prueba altamente confiable y se ha aplicado a una muestra de 30 estudiantes de Bachillerato con resultados 90% confiables y cercanos a sus habilidades y aptitudes.

Sistema de Información, Prueba de Orientación Vocacional CHASIDE, ASP.NET

Abstract

In this project a software program has been designed and developed for the identification of vocational and professional interests of high school students, based on an international test called CHASIDE, which integrates the administrative and accounting, humanistic and social, artistic, medical and health sciences, engineering and computing, defense and security, and exact and agricultural sciences areas; so that they can know what their skills and abilities are most important for choosing a university career. The software also presents a list of careers and universities available in the state of Coahuila Mexico, according to the results obtained in the diagnosis carried out in the program because of the analysis. The development has been done in the programming language for Internet Active Server Pages (ASP) .NET version, using the database SQL Server 2014, for the storage of the information. As a result, a highly reliable test has been obtained and has been applied to a sample of 30 high school students with 90% reliable results and close to their skills and abilities.

Information Systems, Vocational Test, ASP.NET

Citación: VALDEZ-MENCHACA, Alicia Guadalupe, CORTES-MORALES, Griselda, VÁZQUEZ-DE LOS SANTOS, Laura Cristina y MONTOYA-SOLÍS, Thelma Nallely. Aplicación web para la identificación de intereses vocacionales y profesionales. Revista de Ingeniería Tecnológica. 2017, 1-4:68-76.

*Correspondencia al Autor (correo electrónico: aliciavaldez@uadec.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Actualmente los estudiantes de bachillerato deben tomar la decisión de la elección de la carrera universitaria, los planes de estudio de bachillerato incluyen asignaturas de orientación vocacional para evaluar los gustos, preferencias y habilidades de los jóvenes estudiantes para que conozcan sus intereses vocacionales y así apoyarlos en las áreas del conocimiento donde pueden decidir la elección de carrera.

El 30% de la población universitaria cambia de licenciatura durante el primer año de estudios debido a una mala elección de carrera, lo cual demuestra que la educación básica y media superior debe fortalecer la orientación vocacional entre los estudiantes (Silva, 2011).

En este proyecto se ha sido diseñado una aplicación informática para uso exclusivo de alumnos a nivel bachillerato con el fin de aplicar una prueba psicométrica para conocer sus habilidades y aptitudes en el momento de la decisión de la elección de carrera, como un agregado de vital importancia se presenta un listado de las universidades actuales en el estado de Coahuila, México que ofrecen las carreras que el perfil analizado muestra; por lo que resulta de interés especial para el estudiante de preparatoria ya que en un solo procesamiento puede analizar la oferta de carreras del perfil obtenido del sistema de información.

Desarrollado en tecnología web en el lenguaje de programación ASP.NET y utilizando la base de datos de SQL Server 2014, para el manejo de toda la aplicación. La aplicación se ejecutó con estudiantes de preparatorias de la Región Centro de Coahuila.

Se planea en el ciclo escolar Agosto-Diciembre 2017 instalarla en varias escuelas preparatoria de la localidad, para ser aplicada la prueba vocacional a los estudiantes de cuarto o sexto semestre, como una herramienta informática de apoyo para la asignatura de orientación vocacional.

Revisión de literatura

Los riesgos de una mala elección de carrera universitaria, son múltiples desde la deserción escolar y más tarde la subocupación laboral (M. Huesca, 2009). Cada año egresan unos 450 mil jóvenes de las universidades en el país, pero seis de cada diez no pueden desarrollar el conocimiento que adquirieron en el aula, según datos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo y de la Subsecretaría de Educación Superior de la SEP, el 40 por ciento de personas que no escogieron lo que querían, no identificaron al momento de estudiar que no era la profesión y entonces en algunos casos viene el abandono escolar (STPS, 2017).

A principios del siglo XX, uno de los primeros países donde se le dió una gran importancia a este tema fué en los Estados Unidos de América, en sus comienzos se definió como una ayuda en la transición de la escuela al trabajo (López, 2005). La orientación vocacional surge como una necesidad de proporcionar a los alumnos la información necesaria para su adecuada inserción en el mundo del trabajo.

Ya que se entiende por orientación como el proceso de ayuda continua que se le da a las personas en todos sus aspectos, con el objetivo de potenciar la prevención y el desarrollo individual y social del individuo a lo largo de la vida (C. DiDomenico, 2000).

Con el tiempo la orientación vocacional ha experimentado cambios significativos por lo que se ha ampliado su ámbito de acción, hasta alcanzar al sistema educativo actual para ayudar a que el estudiante tenga un mejor conocimiento de sí mismo, de sus capacidades, habilidades y de las posibilidades del entorno en que se desenvuelve. La orientación vocacional ha pasado de ser una acción puntual a ser una acción permanentemente integrada en la dinámica educativa de los centros escolares.

Uno de los primeros investigadores en trabajar en este campo fue Luis Herrera y Montes, quien participó en la creación de un Departamento de Orientación Educativa y Vocacional en la Dirección de Educación Secundaria de la Secretaría de Educación Pública en 1952, y en 1954 empieza a funcionar en las escuelas secundarias, enfocado a problemas de aprendizaje y aspectos vocacionales (Méndez, 1995).

La orientación vocacional es un proceso dinámico donde el individuo va a descubrir aspectos de su persona, intereses y habilidades, las características deseables para las áreas ocupacionales y por último como compaginarlo.

En México es el área de orientación vocacional la que proporciona a los alumnos de tercer grado de secundaria información sobre las diferentes escuelas de nivel medio superior y superior y las carreras y planes de estudio. Para orientarlos se les aplican una serie de pruebas de intereses y aptitudes ocupacionales (Díaz, 2017). La Fig. 1 muestra las principales causas de deserción en los jóvenes que ingresan a la universidad.

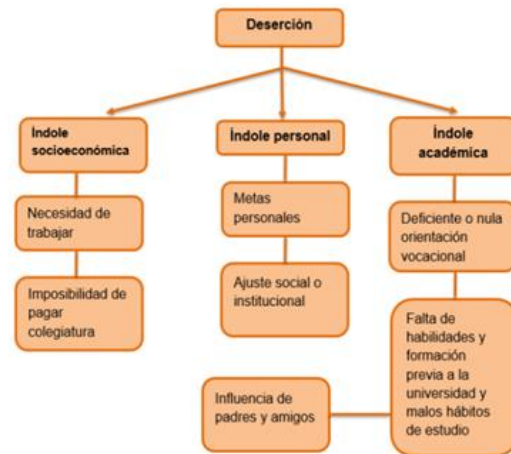


Figura 1 Causas de la deserción escolar (Silva, 2011)

Test vocacional CHASIDE

Es un instrumento autoevaluable, diseñado para facilitar la adecuada elección de una carrera universitaria, esta prueba se puede llamar movilizadora-reflexiva, consta de 98 preguntas clasificadas por las iniciales del test, en intereses y aptitudes donde a cada área del conocimiento formada por un grupo de carreras afines corresponde una letra de la palabra CHASIDE, “C” para administrativas y contables, “H” para humanísticas y sociales, “A” para artísticas, “S” para medicina y ciencias de la salud, “I” para ingeniería y computación y “E” para defensa y seguridad (Pozo, 2017). La Fig. 2 muestra los componentes de la prueba para las áreas administrativas y humanísticas.

En la evaluación de la prueba, mostrada en la Fig. 3, se marca cada pregunta respondida positivamente en el cuadro, cada número marcado vale un punto, se suma verticalmente y se coloca el resultado en la última fila del cuadro. Cada área corresponde a una letra, se consideran los mayores puntajes para buscar en las áreas.

C – Administrativas y Contables		H – Humanísticas y Sociales	
INTERESES	APTITUDES	INTERESES	APTITUDES
Organizativo	Persuasivo	Precisión Verbal	Responsable
Supervisión	Objetivo	Organización	Justo
Orden	Práctico	Relación de Hechos	Conciliador
Análisis y síntesis	Tolerante	Lingüística	Persuasivo
Colaboración	Responsable	Orden	Sagaz
Cálculo	Ambicioso	Justicia	Imaginativo
Liderazgo	Dinámico	El hombre analítico	Comprensivo
Participación Activa	Resolutivo		Estabilidad Emocional

Figura 2 Componentes de la prueba CHASIDE

Una vez que se ha obtenido el puntaje de la tabla se estará asociando al grupo de carreras más adecuado a las aptitudes y habilidades del estudiante.

C	H	A	S	I	D	E	
98	9	21	33	75	84	77	INTERESES
12	34	45	92	6	31	42	
64	80	96	70	19	48	88	
53	25	57	8	38	73	17	
85	95	28	87	60	5	93	APTITUDES
1	67	11	62	27	65	32	C H A S I D E
78	41	5	23	83	14	68	15 63 22 69 26 13 94
20	74	3	44	54	37	49	51 30 39 40 59 66 7
71	56	81	16	47	58	35	2 72 76 29 90 18 79
91	89	36	52	97	24	61	46 86 82 4 10 43 55

Figura 3 Evaluación de la prueba CHASIDE

Otras pruebas vocacionales se analizaron como la prueba de la Universidad Nacional Autónoma de México y la que aplica la Secretaría de Educación Pública, para este proyecto se ha utilizado la prueba vocacional CHASIDE, descrita anteriormente, la cual mide habilidades y aptitudes en los jóvenes aspirantes a cursar una carrera universitaria, ya que es una prueba internacional completa que clasifica las áreas del conocimiento, utilizando 98 preguntas de base.

Desarrollo del software

El desarrollo de software tiene sus bases en la ingeniería del software, la cual es una disciplina de la ingeniería que comprende todos los aspectos de la producción del software, la meta es el desarrollo costeable de sistemas de software donde no existen limitaciones físicas del potencial del software, resultando que en ocasiones puede ser complejo y difícil de entender(Sommerville, 2005).

El Software de Aplicación son los programas diseñados para o por los usuarios para facilitar la realización de tareas específicas en la computadora, como pueden ser las aplicaciones ofimáticas (procesador de texto, hoja de cálculo, programa de presentación, sistema de gestión de base de datos...), u otros tipos de software especializados como software médico, software educativo, editores de música, programas de contabilidad, entre otros.

Las funciones de una aplicación dependen de su propósito, según el cual pueden clasificarse en dos categorías:

- Programas básicos (o utilitarios): Son aplicaciones cuyo propósito es mejorar, en alguna forma, el desempeño del ordenador.
- Programas de productividad: Son aplicaciones cuyo propósito es facilitar, agilizar y mejorar para el usuario, la ejecución de ciertas tareas (Pressman, 2010).

Para el almacenamiento de la información se ha utilizado la base de datos de Microsoft SQL Server, el cual es un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) de Microsoft que está diseñado para el entorno empresarial. SQL Server se ejecuta en T-SQL (Transact - SQL), un conjunto de extensiones de programación de Sybase y Microsoft que añaden varias características a SQL estándar, incluyendo control de transacciones, excepción y manejo de errores, procesamiento fila, así como variables declaradas, soporta también el manejo de capacidades para inteligencia de negocios y minería de datos (MicrosoftCo., 2016).

Visual Studio 2014, es un entorno de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) para sistemas operativos Windows. Soporta múltiples lenguajes de programación, tales como C++, C#, Visual Basic .NET, F#, Java, Python, Ruby y PHP, al igual que entornos de desarrollo web, como ASP.NET MVC, Django, etc., a lo cual hay que sumarle las nuevas capacidades online bajo Windows Azure en forma del editor Mónaco (MicrosoftCo., 2017). Visual Studio permite a los desarrolladores crear sitios y aplicaciones web, así como servicios web en cualquier entorno que soporte la plataforma .NET (a partir de la versión .NET 2002).

Así, se pueden crear aplicaciones que se comuniquen entre estaciones de trabajo, páginas web, dispositivos móviles, dispositivos embebidos y consolas, entre otros.

Metodología

La metodología se integra de 5 pasos, siendo éstos: Planteamiento y revisión de la literatura respecto a las pruebas vocacionales que se aplican en el nivel de bachillerato, de este paso se concluye que la prueba CHASIDE tiene una amplia aceptación.

Posteriormente se procedió a hacer el análisis, diseño y codificación de la aplicación computacional; se hizo una prueba con 30 estudiantes de diferentes preparatorias con un análisis estadístico y posteriormente se evaluaron los resultados de la aplicación. La Fig. 4 muestra las etapas de la metodología.

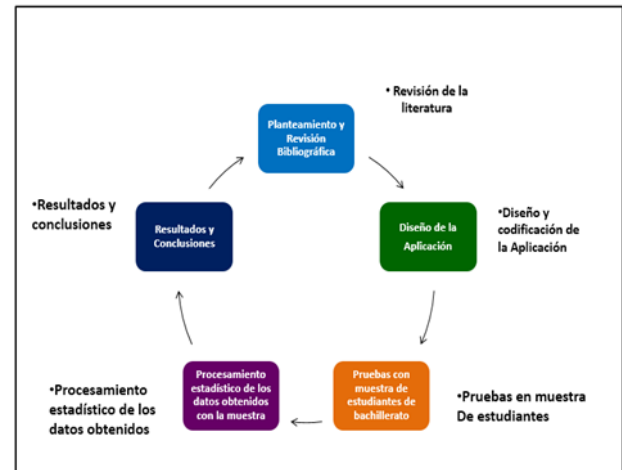


Figura 4 Etapas de la metodología

Una vez definida la metodología se procede a identificar las funciones del sistema de información.

Las funciones principales del sistema son:

- Registro de usuarios: Registro de los datos generales de los estudiantes, así como establecer un usuario y una contraseña para acceder a la aplicación en el inicio de sesión.
- Inicios de sesión: Para mayor seguridad, se requiere el inicio de sesión para que solo alumnos registrados puedan acceder a dicha información y no otras personas.
- Sección de comentarios: Apartado de comentarios o sugerencias para mejoramiento de la página web.
- Aplicación de la prueba test: Inicio de la prueba vocacional.

- Cálculo de resultado: Esta función calcula el resultado obtenido por el estudiante de acuerdo a la evaluación de la prueba CHASIDE, apoyándose con la base de datos y sus respectivas relaciones.
- Exponer resultado: Visualización de dos resultados, uno de intereses que son las áreas de preferencia de los alumnos y las aptitudes que son las áreas donde también tiene capacidad y se pudiera llegar a desempeñar.
- Resultados Extra: Además de mostrar los resultados mencionados con anterioridad, los estudiantes podrán ver una lista de carreras afines a su área y una lista de universidades del estado de Coahuila, México y su respectiva ubicación.



Figura 5 Diagrama de datos de la aplicación

El diagrama de datos de la aplicación muestra las tablas donde se almacenará la información relacionada con los estudiantes que contesten la prueba vocacional y como un agregado, las profesiones y universidades de Coahuila, México que ofrecen las carreras que resulten del perfil profesional obtenido.

Diseño de la interfase

Algunas de las pantallas de la aplicación se visualizan en las Figs. 6 y 7, el inicio de sesión del usuario, donde registra sus datos personales, así como un usuario y contraseña para acceder la aplicación, los cuáles quedan grabados en el sistema.



Figura 6 Pantalla 1 de inicio de sesión



Figura 7 Pantalla 2 de inicio de sesión

El diseño es amigable al usuario para proporcionarle una interfaz sencilla.



Figura 8 Pantalla 3 de inicio de sesión

Una vez que el usuario se ha registrado y accedido al programa, se le proporcionan recomendaciones para contestarla. La Fig. 9 muestra algunas de las 98 preguntas que conforman la prueba vocacional CHASIDE.



Figura 9 Inicio de la prueba vocacional

Cuando el estudiante ha contestado las preguntas se procede a iniciar la evaluación, basada en la tabla mostrada en la Fig. 3 por la afinidad de las áreas del conocimiento. Las Figuras 10 y 11 muestran algunos de los resultados obtenidos por los estudiantes de la muestra.



Figura 10 Procesamiento de los resultados de la prueba



Figura 11 Resultados de un estudiante de la muestra

Por lo expuesto en esta sección, se ha creado una aplicación web robusta basada en la prueba de orientación vocacional CHASIDE, la cual se despliega en formularios web diseñados para una fácil adaptación del usuario. La base de datos registra los datos generales del usuario, así como las áreas que se obtienen con los resultados de la aplicación del test vocacional. Se han creado procedimientos para cada una de las consultas del usuario a la aplicación.

Resultados

El sistema de información ha sido desarrollado en una plataforma de fácil acceso para el usuario, con preguntas estructuradas por áreas del conocimiento, también se les incluyó una consulta sobre las carreras en su área de interés y universidades del estado de Coahuila, México donde son impartidas, para que obtengan un mayor rango de posibilidades y conocimiento sobre las carreras que se pueden estudiar en el estado mencionado.

La información proporcionada por el sistema ha sido de valiosa ayuda para los bachilleres que han identificado sus roles profesionales.

Conclusiones

En este proyecto se ha diseñado y aplicado una aplicación computacional para diagnosticar la orientación vocacional de los estudiantes de preparatoria, para identificar sus habilidades e intereses vocacionales y profesionales, cabe destacar que aunque ya existen pruebas similares en internet, el agregado especial es la investigación sobre las escuelas y universidades del estado de Coahuila que ofrecen las carreras más adecuadas al perfil del resultado de la prueba.

La aplicación se ha diseñado completamente en ambiente Windows utilizando la base de datos SQL Server 2014 y la plataforma de desarrollo Visual Studio 2014, específicamente el lenguaje ASP.NET.

Referencias

C. DiDomenico, A. V. (2000). Orientación vocacional: origen, evolución y estado actual. *Orientación y sociedad*, 2, 1-6.

Díaz (Producer). (2017, 05 01). Orientación Vocacional. *Historia de la Orientación Vocacional*. Retrieved from <http://orientacionvocacionalccsa.blogspot.mx/2008/11/historia-de-lo-orientacion-vocacional.html>

López, M. (2005). Origen y desarrollo histórico de la orientación educativa. 1-6.

M. Huesca, M. C. (2009). *CAUSAS DE DESERCIÓN EN ALUMNOS DE PRIMER AÑO DE UNA UNIVERSIDAD PRIVADA* Paper presented at the COMIE, México.

Méndez, R. (1995). Para enseñarles hay que conocerlos. *Revista Mexicana de Pedagogía*, 6(21), 2-6.

MicrosoftCo. (2016). Información general de SQL Server Retrieved 01-Mayo-2017, 2017, from [https://technet.microsoft.com/es-es/library/ms166352\(v=sql.90\).aspx](https://technet.microsoft.com/es-es/library/ms166352(v=sql.90).aspx)

MicrosoftCo. (2017). Características de Visual Studio 2014. Retrieved 01-Mayo-2017, 2017, from <https://social.technet.microsoft.com/Search/es-ES?query=visual%20studio%202014%20caracteristic&ac=5>

Pozo, C. (Producer). (2017, 05 24). TEST_DE_ORIENTACION_VOCACIONAL_AUTOEVALUABLE. *TEST_DE_ORIENTACION_VOCACIONAL_AUTOEVALUABLE*. Retrieved from http://www.academia.edu/6696962/TEST_DE_ORIENTACION_VOCACIONAL_AUTOEVALUABLE

Pressman, R. (2010). *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico* (Vol. 7a. Edición). México, D.F.: McGraw-Hill.

Silva, M. (2011). El primer año universitario. Un tramo crítico para el éxito académico. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad La Salle*(32), 57-66.

Sommerville. (2005). *Ingeniería del Software. Séptima Edición*. Madrid, España: Pearson Educación.

STPS (Producer). (2017, 06 06). Subsecretaría de Empleo y Productividad Laboral. *STPS*. Retrieved from <http://www.stps.gob.mx/gobmx/estadisticas/pdf/perfiles/perfil%20nacional.pdf>

Instrucciones para autores

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

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

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

Resumen

Título

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keywords

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

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor. Título del Artículo.
Título de la Revista. 2017, 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]

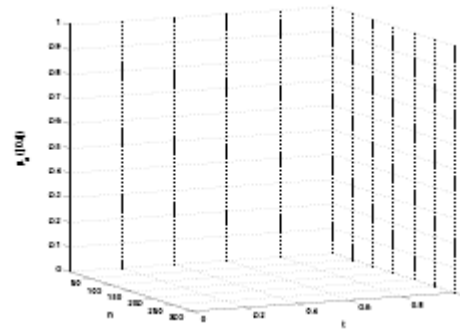


Grafico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

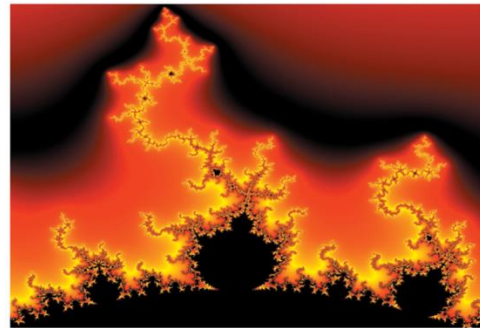


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

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

Referencias

Formato de Originalidad



Taipei-Taiwan a ____ 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



Taipei-Taiwan a ____ 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- Taiwan 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- Taiwan 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 Ingeniería Tecnológica

“Tratamiento del lixiviado del antiguo relleno sanitario La Reserva mediante procesos Fenton y fisicoquímico”

MIRELES-MUÑOZ, Héctor Emmanuel y PÁRAMO-VARGAS, Javier
Universidad Tecnológica de León.

“Análisis de esfuerzos de una hélice de paso variable utilizando el análisis del elemento finito”

PIERO-ESPINO, Román, LIZÁRRAGA-LIZÁRRAGA, Alejandro, MELLADO-OSUNA, Carlos y DAVIZON-CASTILLO, Yasser
Universidad Politécnica de Sinaloa

“Elaboración de biopelícula a partir de las escamas, espinas y piel de Mojarra Tilapia (*Oreochromis niloticus*)”

MATA-GARCÍA, Moisés, HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, Daniel, VÁZQUEZ-BRIONES, María del Carmen y GONZÁLEZ-TOTO, Jorge
Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz

“Análisis de aplicación del método de eliminación a través de la descomposición genética”

IBARRA-CARRILLO, Cruz Elena
Universidad Tecnológica General Mariano Escobedo

“Polímero antibacteriano elaborado con HDPE reciclado y nanotubos de carbono funcionalizados con plata”

JIMÉNEZ-RODRÍGUEZ, José Alfredo, GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, Brenda Janette, LUGO-COPADO, Atziri Abigail y MUÑOZ-RAMÍREZ, Sandra
Universidad Tecnológica Fidel Velázquez
Laboratorio de Nanociencia y Nanotecnología de Grupo Jumex

“Aplicación de diseño de dos factores en el proceso de pintado para refrigeradores comerciales en una empresa del sur del Bajío”

OLVERA-MONTOYA, Ana Luisa, RAMOS-AGUILAR, Maribel, ESPINOSA-RODRÍGUEZ, Marcela y RAMÍREZ-ÁLVAREZ, José Luis
Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra

“Evaluación de cuatro genotipos de tomate Heirloom en producciones orgánicas en invernadero”

MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel
Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra

“Aplicación web para la identificación de intereses vocacionales y profesionales”

VALDEZ-MENCHACA, Alicia Guadalupe, CORTES-MORALES, Griselda, VÁZQUEZ-DE LOS SANTOS, Laura Cristina, MONTOYA-SOLÍS, Thelma Nallely
Universidad Autónoma de Coahuila

