



# niverso

## de la Tecnológica

ISSN: 2007-1450

# Biodiesel

## *Jatropha Curcas*

Bioenergéticos, alternativa  
para la sustitución de  
combustibles fósiles

CONOCE TAMBIÉN

Cómo se clasifican  
los **textos de opinión**

La porosidad de un  
**biorreactor** de lecho  
fluidizado inverso

La **ovinocultura** en el  
estado de Zacatecas

Respuesta  
mecánica en  
**ducto agrietado**

Universidad Tecnológica de Nayarit  
Año V Edición N° 15 Abril/Julio 2013



## DIRECTORIO

### GOBIERNO DEL ESTADO

Roberto Sandoval Castañeda  
Gobernador Constitucional del  
Estado de Nayarit

Marco Antonio Ledesma González  
Secretario de Educación Pública  
del Estado de Nayarit

### SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Héctor Arreola Soria  
Coordinador General de  
Universidades Tecnológicas

### UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE NAYARIT

Héctor M. Béjar Fonseca  
Rector

Marco Antonio Moreno Venegas  
Secretario Académico

Silvia Maeve Rodríguez Vázquez  
Directora de Vinculación

Alejandro Fonseca González  
Director de Administración y Finanzas

### REVISTA *UNIVERSO DE LA TECNOLÓGICA*

Héctor M. Béjar Fonseca  
Editor Responsable

Silvia Maeve Rodríguez Vázquez  
Directora Editorial

Aracely Contreras de León  
Coordinadora Editorial

### COMITÉ EDITORIAL

Silvia Maeve Rodríguez Vázquez  
Presidente

Aracely Contreras de León  
Secretario

María de los Ángeles Solórzano Murillo  
Vocal

Rosa Cristina Ávila Peña  
Vocal

Carmen Livier Meza Cueto  
Vocal

Rodolfo Rosales Herrera  
Vocal

Alberto Coronado Mendoza  
Vocal

### CONSEJO EDITORIAL

Dr. Adrián Vidal Santo  
Universidad Veracruzana

Dr. Alejandro Canale-Guerrero  
Universidad de Guadalajara

Dr. Antonio Navío Gámez  
Universidad Autónoma de Barcelona, España

Dr. Efrén Ramírez Bribiesca  
Colegio de Postgraduados

M.C. Jorge Alfredo Cuéllar Ordaz  
Universidad Nacional Autónoma de México

Dra. Caridad García Hernández  
Universidad Autónoma Metropolitana

Dra. María Concepción Barrón Tirado  
Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Pedro Jurado de los Santos  
Universidad Autónoma de Barcelona, España

Dra. Efigenia Montalvo González  
Instituto Tecnológico de Tepic

Dr. Miguel Ángel García Alvarado  
Instituto Tecnológico de Veracruz

Dr. Alejandro Rodríguez Ángeles  
CINVESTAV-IPN

Dr. Roberto Morales Caporal  
Instituto Tecnológico de Apizaco

Universidad Tecnológica de Nayarit  
Revista *Universo de la Tecnológica*  
Edición No. 15, Abril/Julio 2013  
Carretera Federal 200 Km. 9, C.P. 63780/Tramo  
Xalisco-Compostela  
Xalisco, Nayarit, México/Tel. 01.311.211.98.00 Ext. 1309  
[www.utnay.edu.mx/revista](http://www.utnay.edu.mx/revista)  
[universodelatecnologica@utnay.edu.mx](mailto:universodelatecnologica@utnay.edu.mx)

## ÍNDICE

Editorial	4
-----------	---

### DE OPINIÓN

Desafíos y liderazgo de la educación en América Latina	5
Conoce las principales fuerzas de cambio...	

### DE INVESTIGACIÓN

Artículo arbitrado	
Obtención de biodiesel a partir de <i>Jatropha Curcas</i>	7
Por Juan Antonio Alfonso Alvarez, Silvia María Balderas López, Patricia Alvarado Morán, Karina Veliz Zamorano y Juan Guillermo Hernández Pérez.- Universidad Tecnológica de Tijuana	

Artículo arbitrado	
Clasificación de textos de opinión	11
Por Adelina Escobar Acevedo y Rafael Guzmán Cabrera Universidad Tecnológica del Valle de Toluca y Universidad de Guanajuato	

Artículo arbitrado	
Correlación matemática para el cálculo de la porosidad de un biorreactor de lecho fluidizado inverso	14
Por Karla Yalanda Alvarez-Pereyra y Roberto Limas Ballesteros Universidad Tecnológica de Cancún e Instituto Politécnico Nacional	

Artículo arbitrado	
La productividad de la ovinocultura en el estado de Zacatecas, México	18
Por José María Carrera Chávez y Benjamín Carrera Chávez Universidad Autónoma de Ciudad Juárez	

Artículo arbitrado	
Análisis de la respuesta mecánica de un ducto agrietado sujeto a presión interna aplicando el método de los elementos finitos	22
Por Javier Flores Méndez, Gerardo Luis Velázquez García y Marcos Espinoza Martínez Instituto Tecnológico de Puebla, Universidad Tecnológica de Puebla y Universidad Tecnológica de Huejutzingo	

Instrucciones para autores	25
----------------------------	----

**UNIVERSO DE LA TECNOLÓGICA:** es una revista científica de la Universidad Tecnológica de Nayarit, que publica aportaciones originales sobre resultados de investigación de diferentes áreas del conocimiento, publicada cuatrimestralmente, fundada en 2008 y disponible en el formato impreso con registro ISSN 2007-1450. También se encuentra albergada electrónicamente en <http://utnay.edu.mx/files/revista15.pdf>

**UNIVERSO DE LA TECNOLÓGICA** está incluida en:

LATINDEX, Sistema de Información sobre las revistas de investigación científica, técnico-profesionales y de divulgación científica y cultural que se editan en los países de América Latina, el Caribe, España y Portugal.



REVISTA **UNIVERSO DE LA TECNOLÓGICA**, Año V, No. 15, Abril/Julio 2013, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Tecnológica de Nayarit, a través de la Dirección de Vinculación. Carretera Federal 200 Km. 9, Tramo Xalisco-Compostela C.P. 63780, Xalisco, Nayarit, México. Tel. 01.311.211.98.00.

[www.utnay.edu.mx](http://www.utnay.edu.mx) [universodelatecnologica@utnay.edu.mx](mailto:universodelatecnologica@utnay.edu.mx)

Editor responsable: Héctor Manuel Béjar Fonseca. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo en Trámite, ISSN: 2007-1450. Licitud de Título en Trámite. Licitud de Contenido en Trámite, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Permiso SEPOMEX en Trámite. Impresa por los Talleres Gráficos de la Imprenta Comercial El Debate, Obregón 55 Ote. Colonia Centro en Los Mochis, Sinaloa. Este número se terminó de imprimir en agosto de 2013 con un tiraje de 1,000 ejemplares. *Universo de la Tecnológica* se distribuye en forma gratuita a nivel estatal: bibliotecas públicas y privadas, interior de la institución, empresas privadas e instituciones de gobierno con las que existen convenios. Nivel nacional: Universidades Tecnológicas del país. Internacionalmente: Universidades de España y Francia con las que se realiza movilidad estudiantil.

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

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

## EDITORIAL

*Universo de la Tecnológica*, desde su inicio en el 2008, ha sido una revista híbrida que divulga la investigación y la vida universitaria de la institución. En este segundo cuatrimestre del 2013, y después de 14 ediciones, se autorizó que evolucionara de revista híbrida a revista de contenido enteramente científico, con la finalidad de brindar mayor espacio y respaldo al cúmulo de investigadores de las Universidades Tecnológicas del país e instituciones invitadas a colaborar. Por ello agradecemos a las autoridades de la Universidad Tecnológica de Nayarit, quienes con una sensible visión a la contribución del crecimiento de nuestros profesores investigadores, amplían de esta forma los espacios para seguir divulgando la investigación que en el subsistema se produce.

En este número 15 de *Universo de la Tecnológica* se presentan cinco artículos de investigación, uno de opinión e instrucciones para autores.

“Desafíos y liderazgo de la Educación en América Latina” es el tema que aborda el artículo de opinión que nos hacen llegar estudiantes del Doctorado de Educación de la Universidad Nova Southeastern de los Estados Unidos.

En la sección titulada De Investigación, la Universidad Tecnológica de Tijuana presenta el artículo arbitrado “Obtención de biodiesel a partir de *Jatropha Curcas*”, como alternativa para la sustitución de combustibles fósiles.

“Clasificación de Textos de Opinión” es una aportación con la que colaboran investigadores de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca y Universidad de Guanajuato, en la que se exponen resultados de la clasificación de opiniones electrónicas en español.

Como tercer artículo arbitrado se publica la “Correlación matemática para el cálculo de la porosidad de un biorreactor de lecho fluidizado inverso”. Los autores pretenden que este trabajo auxilie a la caracterización de la hidrodinámica que se presenta en dicho sistema, debido a que la porosidad del lecho es uno de sus puntos medulares dentro de su hidrodinámica.

Conoce también “La productividad de la ovinocultura en el estado de Zacatecas, México”, actividad pecuarias que tiene una de las mejores tasas de rentabilidad y perspectivas de crecimiento. Zacatecas ocupa el cuarto lugar nacional en inventario y el quinto lugar en la producción de carne de ovino.

Por último se presenta la investigación que lleva por título “Análisis de la respuesta mecánica de un ducto grietado sujeto a presión interna aplicando el método de los elementos finitos”, procedente del Instituto Tecnológico de Puebla, Universidad Tecnológica de Puebla y la Universidad Tecnológica de Huejotzingo

En este número no podíamos dejar de publicar las instrucciones para autores, con ello invitamos a participar a todo investigador que cumpla con los requisitos solicitados en la convocatoria.

Finalmente damos las gracias a nuestro Comité Editorial, Consejo Editorial y por supuesto a los investigadores por su confianza, que sin ellos no sería posible *Universo de la Tecnológica*. Ponemos a su disposición el correo electrónico [universodelatecnologica@utnay.edu.mx](mailto:universodelatecnologica@utnay.edu.mx), abierto para recibir sus investigaciones.

# Desafíos y liderazgo de la educación en América Latina

Por Pablo César Hernández Cerrito, Rodolfo Rosales Herrera  
Martín Guerrero Posadas.- Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad  
Tecnológica de Nayarit, Instituto Tecnológico de San Luis Potosí

Dirección electrónica del autor de correspondencia  
herreralandscape@hotmail.com

El mundo está convergiendo hacia un entorno globalizado, esto significa un cambio sustantivo en la estructura productiva mundial y en el equilibrio del poder internacional. Las principales fuerzas de cambio son la economía sustentada en el conocimiento y el desarrollo vertiginoso de las tecnologías que están reconfigurando el panorama internacional.

La educación en América Latina y el Caribe (AL y C) se ha revelado históricamente por una serie de tendencias, por su heterogeneidad y por su desigualdad que muestran como resultado un amplio rezago. El reto de la educación implica fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas, educar el talento humano, lograr un mayor dinamismo económico, mejorar la distribución de su ingreso y promover la igualdad de oportunidades. En este sentido la educación es un asunto estratégico para el desarrollo contemporáneo.

El currículo flexible y por competencias para aprender a aprender a lo largo de la vida en una sociedad donde la información cambia rápidamente y el conocimiento como el principal recurso para generar riqueza económica es el enfoque que las instituciones educativas han adoptado en el discurso político y en la práctica educativa para integrarse a un mundo altamente competitivo.

AL y C incluyen en la actualidad alrededor de 16 millones de estudiantes en educación superior, con una tasa próxima al 30% de la población entre 20 y 24 años. De los tres siste-

mas con mayor matrícula en la región se ubica Argentina, Brasil y México (Chiroleu, 2009). La educación a distancia es una alternativa para ampliar la cobertura académica e incrementar los niveles de acceso (IESALD, 2012). Se calcula la existencia de miles de estudiantes en la región que estudian bajo la modalidad de educación virtual en instituciones extranjeras y que no están registrados claramente en las estadísticas aún (UDUAL, 2007).

Uno de los serios problemas en AL y C frente a la internacionalización de la educación es que aún no existe un acuerdo para el reconocimiento de títulos y acreditación común, así como la puesta en marcha de movilidad de docentes, estudiantes y profesionistas (Pires y Lemaitre, 2008). Existe una diversidad y heterogeneidad en los sistemas de educación superior, lo que impide un reconocimiento mutuo.

En AL y C la inclusión en la educación superior ha ingresado en la última década a la agenda de gobierno. La región es la más desigual del planeta, lo que hace que la educación superior sea herramienta para favorecer la integración en la diversidad, la solidaridad y la cohesión social (Chiroleu, 2009). De acuerdo con el CEPAL (2011) el porcentaje de población analfabeta mayor de 14 años en AL y C es de 8.4%, mientras que la tasa bruta de

matrícula en el tercer nivel de enseñanza en 2009 es del 37.2% y en México de 27%.

Los países de AL y C invierten escasos recursos en investigación y desarrollo, alrededor del 0.6% del PIB, cifra constante en la última década. Hay países que invierten menos del 0.1% del PIB como Perú, El Salvador y Trinidad y Tobago. México sólo invierte en promedio 0.2% del PIB. Costa Rica, Cuba, Uruguay, Argentina y Chile con un esfuerzo mediano invierten entre 0.4% y 0.6%. Brasil es el único país que supera el promedio de la región, invierte más del 1% del PIB, porcentaje que es inferior al promedio, de 2.2% del PIB de los países de la OCDE. (OCDE, 2011)



Argentina es el país con la mayor cuota de investigadores, con 3.7% por cada 1000 integrantes de la PEA de 2005 a 2007. Chile y Brasil respectivamente con 2.3% y 2%. Los países con mayor escasez de recursos humanos para la investigación son Nicaragua, Panamá, Ecuador y Venezuela (OCDE, 2011).

De acuerdo con el Ranking The Times Higher Education, que integra 13 indicadores de calidad organizados en cinco categorías: enseñanza (el ambiente de aprendizaje), investigación (volumen, los ingresos y la reputación), citas (influencia de investigación), ingresos industria (innovación), e internacional Mix (el personal y los estudiantes), sólo la Universidad de Sao Paulo, Brasil, se encuentra entre las 200 mejores universidades. Mientras que se redujo la presencia de universidades latinas, las universidades asiáticas registraron 22 instituciones entre las mejores. La primacía la sigue manteniendo los Estados Unidos con 76 casas de estudio, le sigue el Reino Unido con 31 y Holanda con 12 de primer nivel (U2000, 2012).

El aprendizaje a lo largo de la vida en la sociedad del conocimiento es el enfoque que adopta el Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), para medir las competencias de los alumnos de 15 años de edad en las áreas de ciencias, lectura y matemáticas. De los 65 países que participaron en PISA 2009, 34 son miembros de la OCDE y 31 son países asociados.

Entre los países mejor ubicados en PISA 2009, se encuentran, 1. Shanghai-China, 2. Korea, 3. Finlandia, 4. Hong Kong-China, 5. Singapur y 6. Canadá. Destaca la provincia de Shanghai, en su primera participación los estudiantes alcanzaron resultados

notables: 556 en lectura, 600 en matemáticas y 575 en ciencias (OCDE, 2010).

Organismos internacionales como UNESCO-IESALC y redes regionales como la Red Iberoamericana para la Acreditación de la Calidad, RAICES, han promovido la definición y verificación de criterios y promoción de la cultura de la evaluación; sin embargo, las agencias nacionales e internacionales de acreditación de instituciones y de acreditación de planes y programas de estudio están jugando un papel preponderante en evaluación de la calidad y en el reconocimiento y legitimidad de la oferta educativa.

El reto mayor en la educación en el mundo global es la calidad, pertinencia, equidad y cobertura, garantizando el desarrollo de habilidades, capacidades y competencias para insertarse en un mercado profesional cada vez más competitivo. Uno de los grandes desafíos en AL y C es que la educación guarde un equilibrio en su política escolar, pedagogía, didáctica, de gestión, de currículo, de financiamiento y de vinculación.

En un contexto nacional y global, el papel de la educación es asumir el liderazgo que de manera coordinada con el Estado, la sociedad civil organizada y el sector productivo y empresarial; forme parte un Proyecto Nacional de Desarrollo Endógeno y Global, Humano y Sostenible que contribuya, mediante su visión prospectiva, a configurar los proyectos futuros de sociedad; que forje, de manera integral,

personas y ciudadanos conscientes y responsables; profesionales, especialistas, investigadores, artistas y técnicos formados interdisciplinariamente, dotados de una cultura humanística y científica; capaces de seguir-

se formando por sí mismos durante toda su vida; de adaptar sus conocimientos a los rápidos cambios que se producen en su campo profesional, laboral y científico.

El liderazgo de la educación en AL implica consenso y dirección con una mentalidad innovadora para enfrentar la deficiencia que impacta en el desarrollo humano y la calidad de vida de los sectores más vulnerables.

### Referencias bibliográficas

- CEPAL. (2011). *Anuario estadístico de América Latina y el Caribe*. Recuperado de [http://websie.eclac.cl/anuario\\_estadistico/anuario\\_2011/esp/content\\_es.asp](http://websie.eclac.cl/anuario_estadistico/anuario_2011/esp/content_es.asp)
- Chiroleu, A. (2009). *La inclusión en la educación superior como tema de la agenda de gobierno en América Latina*. Una reflexión sobre las propuestas del CRES/2008. *Universidades*, 40, 19-28. Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/373/37313028003.pdf>
- Pires S. y Lemaitre, M. J. (2008). *Sistemas de Acreditación y Evaluación de la Educación Superior en América Latina y el Caribe*. Tendencias de la Educación Superior en América Latina y el Caribe, Conferencia Regional de Educación Superior. Recuperado de <http://www.oei.es/salactsi/cres2008.htm>
- IESALD. (2012). *Tres expertos opinan sobre la Importancia de la Educación a Distancia en El Caribe*. Iesalc Informa Boletín de Educación Superior. Recuperado de: <http://www.iesalc.unesco.org.ve/>
- OCDE. (2010). *PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Reading, Mathematics and Science* (Vol. I). doi :10.1787/19963777
- OCDE. (2011). *Hacia un mecanismo para el diálogo de políticas de innovación: Oportunidades y desafíos para América Latina y el Caribe*. Recuperado de: <http://www.oecd.org/centrodemexico/47435448.pdf>
- U2000. (2012). *Crónica de la Educación Superior*. 33(790). Editor: Tonatiuh Ramírez Peraza.
- UDUAL. (2007). *Educación Superior en América Latina y el Caribe, sus estudiantes hoy*. México. ISBN: 978-968-6802-25-2



# Obtención de biodiesel a partir de *Jatropha Curcas*

Por Juan Antonio Alfonso Alvarez, Silvia María Balderas López, Patricia Alvarado Morán, Karina Veliz Zamorano y Juan Guillermo Hernández Pérez  
Universidad Tecnológica de Tijuana

Recibido: Enero 25 de 2013  
Aceptado: Mayo 31 de 2013

Dirección electrónica del autor de correspondencia:  
juan.alfonso@uttijuana.edu.mx

## RESUMEN

El proceso inició con un tratamiento físico a las semillas de *Jatropha curcas* antes de la extracción de aceite, para eliminar humedad y reducir el tamaño de la semilla, con la finalidad de eliminar interferencias que pudieran afectar el rendimiento de extracción. A las semillas pre-tratadas se les aplicó un proceso de extracción química en un equipo Soxhlet empleando diferentes solventes para evaluar y determinar cuál es el óptimo para el proceso de extracción? Encontrando con el hexano un rendimiento del 52% de aceite. El aceite extraído cumple con las características de calidad necesarias para la obtención de biodiesel referenciadas por otros autores. La conversión del aceite a biodiesel se realizó mediante la reacción transesterificación, utilizando hidróxido de sodio como catalizador.

**PALABRAS CLAVE:** Aceite, biodiesel, caracterización, extracción, *Jatropha curcas*, linnaeus, transesterificación.

## ABSTRACT

*Jatropha curcas* seeds were treated through a physical process before the oil extraction. This, as a strategy to reduce humidity and size of the seeds, in order to have less interference that could affect the performance of the extraction process.

A Soxhlet equipment was used for the chemical extraction to previously treated seeds. This treatment was made through the use of different solvents for the evaluation and determination of the optimum solvent to use in this specific process. Findings resulted that in the use of hexane, 52% oil extraction was obtained with the quality characteristics used in biodiesel extraction referenced by several authors in bibliography. Oil conversion to Biodiesel was made through transesterification, using sodium hydroxide as catalyst.

**KEY WORDS:** Oil, biodiesel, characterization, extraction, *Jatropha curcas*, linnaeus, transesterification.

## Introducción

Los bioenergéticos son una alternativa para la sustitución de combustibles fósiles, considerando que actualmente existe escasez de petróleo y sus derivados. Asimismo, tienen un impacto económico positivo, dando independencia energética y mejorando la competitividad. En lo ambiental, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y causantes de lluvia ácida, así como, la generación de subproductos reutilizables y biodegradables. En lo social, ayudan al crecimiento y diversificación de la economía rural y calidad de vida.

La importancia de producir biodiesel a partir de aceites de origen vegetal radica en la reducción de las emisiones de gases generadas por la combustión. Con este procedimiento se tienen reducciones "netas" de CO<sub>2</sub> del 100%, además de reducciones de SO<sub>2</sub> cercanas al 100% debido a la ausencia de azufre en el biodiesel, de hollín entre 40-60%; de CO entre 10-50%; de hidrocarburos HC entre

10-50%; y de aldehídos y compuestos poliaromáticos en torno a 13% (Agudelo, Benjumea, Gómez, & Pérez, 2003).

Por lo que en la siguiente investigación, se considera el siguiente objetivo: Aplicar el método óptimo en la extracción de aceite y obtención de biodiesel, mediante la selección y aplicación de técnicas que permitan lograr el mayor rendimiento y aprovechamiento sustentable en la producción de biodiesel a partir de *Jatropha curcas*.

## Materiales

Las semillas de *Jatropha curcas* fueron proporcionadas por la Unión Nacional de productores de *Jatropha curcas*, cultivadas en Lerdo de Tejada Veracruz.

**Extractor Soxhlet:** Se empleó un equipo con una capacidad para almacenar 250 mL de solvente y las semillas se colocaron en cartuchos de celulosa.

**Equipo de Destilación simple:** Se empleó un equipo

de destilación provisto de una plancha de calentamiento para la purificación y recuperación del aceite de *Jatropha curcas*.

### Métodos

A continuación se describe cada uno de los pasos realizados para la obtención de biodiesel.

**Caracterización de la semilla:** Se determinaron las características físicas y químicas de la semilla de *Jatropha curcas* sin cascara (tamaño, longitud, peso, humedad y contenido de cenizas (Brossard, Ferrari, Pighinellia, & Jin, 2010). La determinación de estos parámetros se realizó haciendo referencias a normas mexicanas.

**Pretratamiento de la materia prima (semillas de *Jatropha curcas*):** Las semillas previamente limpias y sin cascara, se sometieron a un tratamiento físico para reducir su tamaño a 2 mm. La semilla molida se hizo pasar por un tamiz de malla número 10, para obtener un tamaño de partícula homogéneo. Una vez reducido el tamaño de la semilla, se le aplicó un tratamiento térmico para eliminar la humedad, mediante un horno de aire seco a una temperatura de 110°C durante 2 horas.

**Evaluación de solventes.** Las semillas de *Jatropha curcas* se sometieron a un proceso de extracción química (Forson, Oduro, & Hammond, 2004) en un equipo Soxhlet empleando solventes puros como el hexano, acetona y éter de petróleo (Thijs, 2006). Se emplearon 21.6 g de semilla en promedio y 100 ml de cada solvente por extracción. La extracción se realizó durante 4 hr con un promedio de 20 ciclos por hora haciendo referencia a la Norma Mexicana NMX-AA-005-2000 (Secretaría de economía, 2000).

**Purificación y Recuperación del aceite.** La mezcla aceite solvente se sometió a una destilación simple para recuperar el aceite. Este proceso fue realizado a 2°C por encima de la temperatura de ebullición del solvente utilizado, suficiente para realizar la separación. Una vez realizada la separación se aplicó un tratamiento térmico al aceite a la temperatura de ebullición del solvente para eliminar algún residuo y se filtro (Giraldo, Velásquez, & Cuartas, 2010).

**Caracterización del aceite.** Se determinaron las características físicas y químicas del aceite mediante la utilización de Normas Mexicanas, para determinar si era posible utilizarlo como materia prima para obtención de biodiesel. Se determinó la humedad (Secretaría de economía, 2006), índice de peróxido (Secretaría de

Economía, 2011), contenido de jabón (Secretaría de Economía, 2009), índice de acidez y % de ácidos grasos libre (Secretaría de Economía, 2012), densidad relativa (Secretaría de Economía, 2012), materia insaponificable (Secretaría de Economía, 2006) e índice de saponificación (Secretaría de Economía, 2006).

**Transesterificación.** Este proceso se realizó a una temperatura de 30 a 40°C durante 30 minutos, utilizando metanol e hidróxido de sodio como catalizador (Haupt & Wilharm, 2010). Por cada 60 ml de aceite se agregaron 12 ml de metanol, previamente mezclados con 0.5 gramos de catalizador hidróxido de sodio (De la Vega, 2006).

**Purificación de biodiesel.** El biodiesel se lavó con agua destilada por medio de aspersión para eliminar el remanente de jabón presente (Barriga, 2011) y finalmente se pasó a un proceso de secado en un horno a 110°C durante 2 hr (Hervé, 2007).

### Resultados y discusión

En primer lugar se realizó la caracterización física y química de 100 semillas obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Características físicas y químicas de la semilla

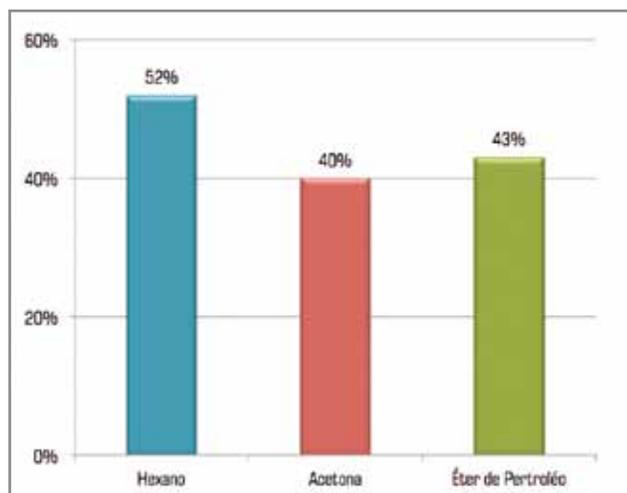
Análisis realizados	Resultados
Masa de la semilla sin cáscara	0.5736 gramos
Longitud de la semilla sin cáscara	14.7818 milímetros
Ancho de la semilla sin cáscara	8.396 milímetros
Humedad	6%
Contenido de cenizas	9.44%

Fuente: autoría propia

Se determinó que el solvente óptimo para la extracción era el hexano, obteniéndose un rendimiento del 52% en la extracción de aceite, mientras que con el éter de petróleo se obtiene un rendimiento 43% presentando saponificación.

Finalmente con la acetona se obtiene el menor rendimiento. Se realizaron 5 corridas por cada solvente. En la figura 1 se muestran los rendimientos obtenidos para cada solvente.

Figura 1 Rendimiento en la obtención de aceite



Fuente: autoría propia

Mediante la utilización de normas Oficiales Mexicanas se caracterizó el aceite obtenido, verificando que contaba con los parámetros necesarios para la producción de biodiesel. Tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 Caracterización del aceite

Determinación	Resultado
Determinación de humedad	8.80%
Determinación del índice de peróxido	8 miliequivalentes de peróxido
Determinación del contenido de jabón	0%
Determinación del índice de acidez	2.4799 mg KOH
% ácidos grasos libres	2.22%
Determinación de la densidad relativa	0.9089
Determinación de impurezas insolubles	2%
Determinación del índice de saponificación	115.53 mg KOH

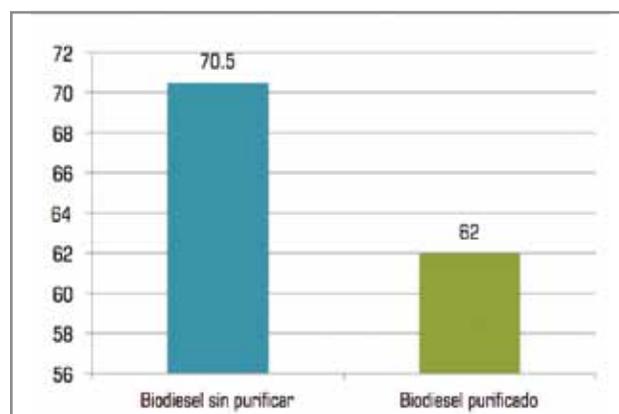
Fuente: autoría propia

Con base en los resultados obtenidos y en comparación con otro trabajo de investigación (Akbar, Kamarudin, Ismail, & Salimon, 2009) se determinó que el aceite obtenido puede ser utilizado para la producción de biodiesel, ya que los resultados son muy similares.

Para la obtención del biodiesel, se agregaron 12 mL de metanol y 0.5 g de catalizador hidróxido a 60 mL de aceite.

El biodiesel producido se sometió a un procedimiento de purificación obteniendo los resultados que se muestran en la figura 2.

Figura 2 Rendimiento en la obtención de biodiesel



Fuente: Autoría propia

### Conclusión

Los resultados demuestran que el solvente óptimo para la extracción de aceite es el hexano con un rendimiento del 52% de aceite, en comparación con la acetona y éter de petróleo.

Con base a estos resultados podemos determinar que la obtención de aceite de *Jatropha curcas* a partir de solventes como hexano es una alternativa viable, considerando que el porcentaje de obtención de aceite por medio de prensado oscila entre 30-40% (Parawira, 2010) y los resultados obtenidos con hexano son de 52%, además el tiempo de contacto del solvente con la semilla se reduce un 60% en comparación con otro trabajo de investigación (Giraldo *et al*, 2010).

Otra de las ventajas encontradas es que el rendimiento de biodiesel oscila entre 65 - 75 por ciento; además el residuo obtenido se puede utilizar para obtener productos secundarios. Por lo tanto se puede concluir que la metodología utilizada para la extracción y la generación de biodiesel son adecuadas, considerando los resultados reportados por Parawira 2010, Demirbas 2009 y Giraldo 2010.

## Referencias bibliográficas

- Agudelo, J., Benjumea, P., Gómez E., E., & Pérez, J. (2003). *Una revisión del desempeño mecánico y ambiental*. Ingeniería & Desarrollo, 13-14.
- Akbar, E., Kamarudin, S. K., Ismail, M., & Salimon, J. (2009). *Characteristic and Composition of Jatropha Curcas Oil Seed*. European Journal of Scientific Research, 29, 396-403.
- Barriga, E. A. (2011). *Diseño de módulo de transesterificación de una planta piloto para producción de biodiesel*. Ingeniería Mecánica, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima: Universidad Católica del Perú .
- Brossard, C. O., Ferrari, A., Pighinellia, A. L., & Jin, K. (2010). *Evaluación preliminar del etanol anhidro como solvente en la extracción de aceite de semillas de jatrofa (Jatropha curcas L.)*. GRASAS Y ACEITES, 61, 295-302.
- De la Vega, J. A. (2006). *Corpoica*. Recuperado el Junio de 2010, de [www.corpoica.org.co/sitioweb/Documento/JatrophaContrataciones/MANUAL-JATROPHA.pdf](http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Documento/JatrophaContrataciones/MANUAL-JATROPHA.pdf)
- Forson, F. K., Oduro, E. K., & Hammond, D. (2004). *Performance of jatropha oil blends in a diesel engine*. Renewable Energy, 1135–1145.
- Giraldo, H., Velásquez, J., & Cuartas, P. (2010). *Extracción con solventes y purificación de aceite a partir de semillas de Jatropha curcas*. Revista Investigaciones Aplicadas, 15-24.
- Haupt, J., & Wilharm, T. (Septiembre de 2010). *Recommendations for a Mexican biodiesel standard and the infrastructure required for its handling*. D.F., México.
- Hervé, J. (2007). *Diseño conceptual de una planta de biodiésel*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas., Santiago de Chile.
- Parawira, W. (2010). *Biodiesel production from Jatropha curcas: A review*. Scientific Research and Essays, 5, 1796-1808.
- Secretaría de economía. (2000). NMX-AA-005-2000 *Determinación de grasas y aceites recuperables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba*. Diario Oficial de la Federación. D.F., México.
- Secretaría de Economía. (24 de Julio de 2006). NMX-F-174-SCFI-2006 *alimentos – aceites y grasas vegetales o animales – determinación del índice de saponificación – método de prueba*. Diario Oficial de la Federación. México, D.F., México.
- Secretaría de economía. (Febrero de 2006). NMX-F-211-SCFI-2006 *alimentos- aceites y grasas vegetales ó animales- determinación de humedad o materia volátil- método de prueba*. Diario Oficial de la Federación. D.F., México.
- Secretaría de Economía. (24 de Julio de 2006). NMX-F-215-SCFI-2006 *alimentos-aceites y grasas vegetales o animales-determinación de impurezas insolubles- método de prueba*. Diario Oficial de la Federación. D.F., México.
- Secretaría de Economía. (24 de Julio de 2009). NMX-F-492-SCFI-2009 *alimentos – aceites y grasas vegetales – determinación de contenido de jabón-método de prueba*. Diario Oficial de la Federación. D.F., México.
- Secretaría de Economía. (14 de Febrero de 2011). NMX-F-154-SCFI-2010: *alimentos- aceites y grasas vegetales o animales-determinación del valor de peróxido - método de prueba*. Diario Oficial de la Federación. D.F., México.
- Secretaría de Economía. (10 de Mayo de 2012). NMX-F-075-SCFI-2012 *alimentos – aceites y grasas vegetales o animales determinación de la densidad relativa – método de prueba*. Diario Oficial de la Federación. D.F, México.
- Secretaría de Economía. (17 de Septiembre de 2012). NMX-F-101-SCFI- 2012 *alimentos - aceites y grasas vegetales o animales -determinación de ácidos grasos libres - método de prueba*. Diario Oficial de la Federación. D.F., México.
- Thijs, A. (2006). *Suitability of solvent extraction for Jatropha curcas*. Ingenia Consultants & Engineers, for FACT Foundation.

# Clasificación de textos de opinión

Por Adelina Escobar Acevedo y Rafael Guzmán Cabrera  
 Universidad Tecnológica del Valle de Toluca y Universidad de Guanajuato

Recibido: Enero 22 de 2012  
 Aceptado: Marzo 8 de 2013

Dirección electrónica del autor de correspondencia:  
 adeesa@yahoo.com

## RESUMEN

El trabajo muestra resultados de una investigación de clasificación de opiniones electrónicas en español. Las opiniones son descargadas de blogs para su posterior análisis e interpretación. El análisis automático de opiniones es un área de reciente estudio con muchas aplicaciones, como son el sondeo automático de preferencias de productos comerciales, campañas políticas, temas sociales y culturales entre otros. En nuestro caso, para validar el método propuesto, utilizamos opiniones de películas, la idea principal de nuestro trabajo consiste en que dada una opinión no vista por el sistema propuesto, permita su ubicación automática como una opinión a favor o en contra, lo cual es de mucha utilidad cuando el número de opiniones es grande. Los resultados preliminares permiten ver la viabilidad del método así como su potencial aplicación en otras áreas.

**PALABRAS CLAVES:** Clasificación automática, análisis de sentimientos, textos de opinión, corpus español.

## ABSTRACT

This work shows results of an investigation for automatic text categorization on Spanish opinions. Opinions are downloaded from blogs for further analysis and interpretation. Automatic opinion categorization is a recent area of study with many applications, such as monitoring commercial product preferences, political campaigning, social and cultural issues among others. In our case, to validate the proposed method, we use reviews of films, the main idea of our work is that given an not seen opinion, the proposed system allows the automatic location as an opinion are favorable or not, which is very useful when the number of opinions is large. Preliminary results let see the feasibility of the method and its potential application in other areas.

**Keys words:** Automatic text categorization, sentiment analysis, text opinion, spanish corpus.

## Introducción

En la actualidad las tecnologías de la información y comunicación tienen alta presencia en la vida diaria, permitiendo intercambio de información de cualquier parte del mundo. Los usuarios tienden a verter sus opiniones sobre varios productos y servicios a la red, haciéndolas públicas al resto del mundo, por ello, algunas organizaciones están interesadas en realizar su clasificación. La información resulta útil, por ejemplo, para guiar a las compañías en el rumbo de los consumidores. Las opiniones reflejan el gusto o desaprobación de los usuarios, indicando a la organización de forma indirecta sobre las preferencias, quejas, aceptación del producto, tendencia y expectativa de los usuarios. Las opiniones también reflejan preferencias de candidatos, percepciones ciudadanas sobre programas culturales y sociales, etc.

Debido a la imposibilidad humana de manejar enormes cantidades de textos, nace la necesidad de automatizar procesos que manipulen y organicen tales volúmenes de documentos (Galicia Haro & Gelbukh, 2007). La clasificación automática de textos es comúnmente

una tarea supervisada, se conocen las categorías y se cuenta con un conjunto de entrenamiento previamente etiquetado. Cada documento es representado por una serie de variables características de la clase. La tarea de clasificación se precede por el aprendizaje de un modelo que usa información del conjunto de entrenamiento, almacenando los valores de las variables junto con la clase a la que pertenecen (Sierra Araujo, y otros, 2006).

En el estado del arte se encuentran trabajos que intentan identificar palabras que son asociadas a priori con conceptos subjetivos o emotivos (Riloff & Wiebe, 2003); (Kim & Hovy, 2004). Por otro lado, otros trabajos intentan determinar la subjetividad de una oración. Estos trabajos (Wiebe & Riloff, 2005) intentan determinar las frases objetivas, aquellas que afirman o describen un hecho, de aquellas frases subjetivas, las cuáles expresan una opinión. Por último, existen trabajos orientados a la identificación de documentos subjetivos, los cuales clasifican un texto completo como positivo o negativo (Das & Chen, 2001); (Turney, 2002); (Pang et al., 2002). Se encuentran pocos trabajos relacionados con la clasificación de opiniones en

español (Rosá et al., 2010); (Hernández, 2009), nuestra investigación tiene como objetivo aumentar la clasificación por métodos semisupervisados.

### Metodología

La creación del corpus: Implica la recopilación, lectura, segmentación y etiquetado del corpus de entrenamiento y prueba por una o varias personas que determinen a su juicio si el texto debe pertenecer a una clase u otra. El corpus fue obtenido del blog <http://www.ciao.es/>, ya que hasta el momento existen pocos en idioma español. El proceso de separación de las opiniones se llevo a cabo considerando las calificaciones asignadas en dicho blog.

El pre procesamiento: Unifica los textos provenientes de diversas fuentes a una codificación única permitiendo homogeneizar caracteres, eliminado etiquetas, símbolos, acentos, mayúsculas etc. En esta etapa se considera la eliminación de palabras vacías como artículos, conectores, etc.

Representación de documentos: Incluye esquemas de pesado y reducción de dimensionalidad, define la forma de representación utilizada basándose en los objetivos de la clasificación. La selección de estos criterios no puede ser al azar, debe probarse y compararse para determinar las ventajas de un esquema particular. La dimensionalidad es uno de los problemas más fuertes del trabajo con textos debido a que fácilmente pueden obtenerse y trabajarse matrices con miles de columnas y reglones. Los cálculos implicados repercuten fuertemente en los tiempos de solución y por ello debe considerarse alguna forma de reducción de atributos apropiada para el problema.

Construcción del clasificador: Existen clasificadores que han probado reiteradamente su eficacia en el procesamiento de textos, tales como Nāive Bayes, Vecinos más cercanos y Máquinas de vectores de soporte. Para ser comparables con otros trabajos de investigación debe considerarse la obtención de resultados con los clasificadores conocidos.

La finalidad es poder ubicar de manera automática una nueva opinión no vista por el sistema como a favor o en contra. En la siguiente sección se presentan los resultados preliminares obtenidos, así como algunos detalles de operación del método propuesto y descrito en esta sección.

### Resultados

Se descargaron opiniones de tres películas, para cada una de ellas se manejaron dos categorías: a favor y en contra, consideramos una opinión a favor como positiva y una en contra como negativa. Las películas para las cuales se descargaron las opiniones, así como el número de opiniones descargadas para cada una, se presentan en la tabla 1.

Tabla 1: Corpus de trabajo

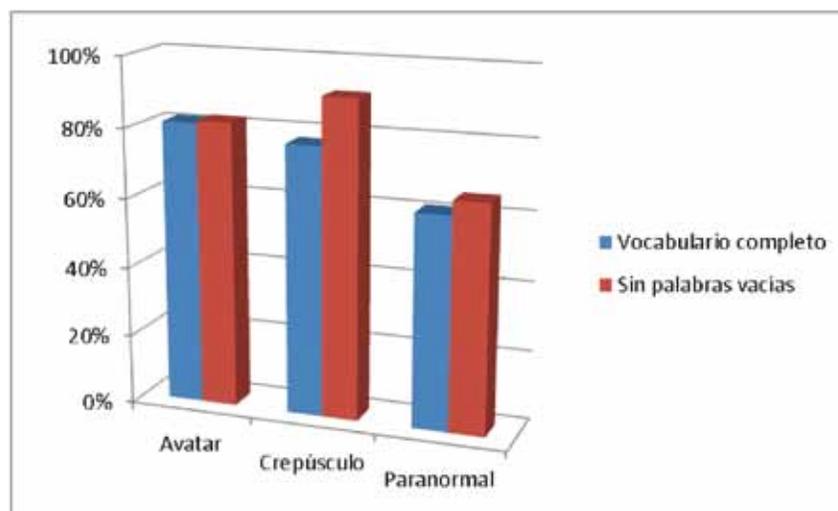
Película	Positivas	Negativas
Avatar	124	25
Crepúsculo	47	14
Paranormal activity	22	27

En los primeros experimentos utilizamos lo que comúnmente se conoce como “bolsa de palabras”, es decir, se extrae el vocabulario del conjunto de entrenamiento y se construye con ellas el clasificador automático, posteriormente se representa de forma vectorial cada documento del conjunto de prueba y se determina la exactitud de la clasificación. Para probar el método de clasificación automática se utilizo validación cruzada, específicamente la llamada “ten fold cross validation”, la cual consiste en partir el conjunto de datos en diez partes iguales, se entrena con nueve de ellas y se prueba con una, luego esta se incorpora como parte del conjunto de entrenamiento y otra parte es tomada como prueba, el resultado final se obtiene de los promedios de las mismas. El número de dobleces puede variar. La Tabla 2 presenta la exactitud de la clasificación en los escenarios de vocabulario completo y eliminación de palabras vacías (stop words) con tres dobleces en la validación cruzada.

Tabla 2: Resultados de la clasificación con validación cruzada.

Película	Vocabulario Completo	Sin palabras vacías
Avatar	81.24%	81.92%
Crepúsculo	77.27%	90.91%
Paranormal	61.15%	65.32%

Figura 1: Comparación de exactitudes con ambos escenarios



Como puede observarse, la eliminación de palabras vacías favorece la clasificación en bolsa de palabras, en el caso de la película crepúsculo, el aumento supera los 13 puntos porcentuales. Otra observación permite comparar el número de noticias de la tabla 1 y los resultados, indicando que el número de opiniones no influye en la clasificación, sino la riqueza de las mismas.

### Conclusiones

La existencia de grandes cantidades de información en formato electrónico en blog exige el contar con nuevas herramientas que permitan organizar dicha información para poder sustentar una toma de decisiones correctamente. En este trabajo se presentan resultados preliminares de clasificación automática de opiniones de películas, las cuales son clasificadas como positivas o negativas, como método de clasificación se utilizó Naïve bayes, los resultados obtenidos permiten ver la viabilidad del método propuesto en el presente trabajo.

Actualmente se está trabajando en la fase semisupervisada, como trabajo futuro se espera realizar clasificación utilizando dominios cruzados (se entrena con un grupo de opiniones sobre un tema y se clasifica sobre otro tema. Y la posibilidad de realizar clasificación translingüe con idioma español como objetivo, dado que los avances más significativos se han logrado en idioma inglés.

### Referencias bibliográficas

- Das, S., & Chen, M. (2001). Yahoo form Amazon Opinion Extraction from Small Talk on the Web. Proceedings of the 8th Asia Pacific Finance Association annual Conference.
- Galicia Haro, S. N., & Gelbukh, A. (2007). *Investigaciones en Análisis Sintáctico para el Español*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Hernández, Laritza, López-López A. & Medina, José E. (2009). *Recognizing Polarity and Attitude of Words in Text*, New Trends in Artificial Intelligence, Procs. 14th Portuguese Conference on Artificial Intelligence, EPIA 2009.
- Kim, S.-M., & Hovy, E. (2004). *Determining the sentiment of opinions*. International Conference on Computational Linguistics, (págs. 1367,1373). Geneva.
- Riloff, E., & Wiebe, J. (2003). *Learning Extraction Patterns for Subjective Expressions*. Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing.
- Rosá, Aiala, Wonsever, Dina & Minel, Jean-Luc (2010). *Opinion Identification in Spanish Texts*, Proceedings of the NAACL HLT 2010 Young Investigators Workshop on Computational Approaches to Languages of the Americas.
- Sierra Araujo, B., Arbelaitz, O., Armañanzas, R., Arruti, A., Bahamonde, A., Borrajo, D., y otros. (2006). *Aprendizaje Automático: Conceptos básicos y avanzados*. (M. Martín Romo, Ed.) España: Pearson Educación S.A.
- Turney, P. (2002). *Thumb Up or Thumbs Down? Semantic Orientation Applied to Unsupervised Classification of Reviews*. Proceedings of the 40 th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics.
- Wiebe, J., & Riloff, E. (2005). *Creating Subjective and Objective Sentence Classifiers form Unannotated Texts*. CICLing.

# Correlación matemática para el cálculo de la porosidad de un biorreactor de lecho fluidizado inverso

Por Karla Yolanda Alvarez Pereyra y Roberto Limas Ballesteros  
Universidad Tecnológica de Cancún e Instituto Politécnico Nacional

Recibido: 25 Enero de 2013  
Aceptado: Julio 22 de 2013

Dirección electrónica del autor de correspondencia:  
karlapereyra@gmail.com

## RESUMEN

El presente trabajo se centró en el desarrollo de una correlación matemática para el cálculo de la porosidad de un lecho fluidizado inverso en tres fases, con partículas esféricas de polipropileno y el crecimiento de una biopelícula de *Lactobacillus Acidophilus*, medio de cultivo MRS (Man-Rogosa-Sharpe) como fluido, y como tercera fase aire extraseco. Este trabajo auxiliará a la caracterización de la hidrodinámica que se presenta en dicho sistema, debido a que la porosidad del lecho es uno de sus puntos medulares dentro de su hidrodinámica. A través de experimentos en una columna cilíndrica de vidrio se obtuvo una correlación matemática que al ser comparada con los datos experimentales arrojó un error máximo de 6% aproximadamente por lo que resulta ser adecuada para los rangos de  $Re < 135$ ,  $Ar = 138673$ ,  $0.0232 < U_g/U_l < 0.1032$  y partículas de polipropileno de  $0.003 \text{ m} \pm 0.0002$  de diámetro.

**PALABRAS CLAVE:** Biopelícula, biorreactor, caracterización, hidrodinámica, lecho fluidizado, porosidad y retención.

## ABSTRACT

The present work has focused on the development of a mathematical correlation for calculating the porosity of an inverse fluidized bed bioreactor in three phases, with spherical polypropylene particles and a biofilm growth of *Lactobacillus Acidophilus*, MRS medium (Man-Rogosa-Sharpe) as fluid, and extra dry air as the third phase. This work will assist the characterization of the hydrodynamics that occurs in this system, because, the porosity of the bed is one of the key points of the hydrodynamics. Through, the experiments in a cylindrical glass column was obtained mathematical correlation and when was compared with the experimental data yielded a maximum error of 6%, so it proves that it is appropriate for the range of  $Re < 135$ ,  $Ar = 138,673$ ,  $0.0232 < U_g/U_l < 0.1032$  and polypropylene particles of a diameter of  $0.003 \text{ m} \pm 0.0002$ .

**KEYS WORDS:** Biopelícula, biorreactor, characterization, hydrodynamics, bed fluidizado, porosity and retention.

## Introducción

El biorreactor de lecho fluidizado inverso en tres fases, con el líquido como fase continua, cuenta con diversas aplicaciones, las cuales presentan excelentes resultados como ejemplos se tienen el tratamiento de fenol en agua residual, y la oxidación de hierro por *Thiobacillus Ferrooxidans*, entre otros procesos bioquímicos. Además estos sistemas presentan ventajas como una circulación suave, rápido mezclado de sólidos que favorecen su isoterma, aunque, por otro lado, dificulta la descripción real del tipo de flujo del gas.

La hidrodinámica del lecho fluidizado inverso con crecimiento de biopelícula es compleja y es la principal herramienta para el diseño y la buena operación de los equipos, por esta razón el presente trabajo se centra, en particular, en un biorreactor de lecho fluidizado inverso en tres fases con crecimiento de biopelícula. Después de una

búsqueda y revisión de diversos trabajos se encontró que las expresiones matemáticas para estimar la expansión del lecho son mínimas y normalmente la fase gaseosa no es considerada en el volumen total del lecho y en todos los casos el crecimiento de la biopelícula es considerado solo como una función de su grosor.

Por todo lo anterior, el objetivo principal de este trabajo es desarrollar una correlación matemática para calcular la porosidad de un biorreactor de lecho fluidizado inverso en tres fases, que considere la influencia de la biopelícula en las propiedades físicas del sólido y tome en cuenta la fase gaseosa; todo esto con la finalidad de contribuir al diseño, operación y control de dichos sistemas a través de la caracterización de la hidrodinámica.

La hipótesis que se asumió fue que al introducir una fase gaseosa en el sistema se aumentaría la velocidad

de crecimiento de la biopelícula en las partículas y por ende tendría una influencia directa en la porosidad, por lo tanto esta última podría expresarse mediante números adimensionales.

### Materiales y métodos

El trabajo se realizó con experimentos basados en la fluidización inversa en tres fases con y sin crecimiento de biopelícula. El sistema constaba de tres tanques, uno de aire, uno de solución reguladora, y el otro de líquido, un calentador, dos bombas una centrífuga y otra dosificadora, una columna de fluidización, un manómetro, dos rotámetros uno de aire y uno de líquido, un termómetro, dos válvulas una de drenado y una de compuerta.

Se utilizaron lotes de partículas esféricas (diámetro de  $0.2925 \text{ mm} \pm 0.0428$ ) de polipropileno (densidad de  $808 \text{ kg/m}^3$ ), las cuales ocupaban una altura inicial en la columna de 4 y 6 cm respectivamente. El diámetro promedio se determinó con suma de las frecuencias por el diámetro dividida por el número de la muestra y con un intervalo de confianza del 99%. La determinación de la altura final del lecho se realizó tratando estadísticamente los datos obtenidos a partir de las fotografías de la videograbación.

Las retenciones de las fases y la porosidad fueron determinadas a partir de los datos experimentales del sistema trabajando sin crecimiento de biopelícula, empleando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Retención de sólido} \quad \varepsilon_s = \frac{W_s}{H\rho_p A} \quad 1.1$$

$$\text{Retención de gas} \quad \varepsilon_g = \frac{H - H_{sg}}{H} \quad 1.2$$

$$\text{Retención de líquido} \quad \varepsilon_g + \varepsilon_l + \varepsilon_s = 1 \quad 1.3$$

$$\text{Porosidad} \quad \varepsilon_g + \varepsilon_l = \varepsilon \quad 1.4$$

Donde  $W_s$  es el peso total de las partículas,  $H$  altura del lecho fluidizado,  $\rho_p$  densidad de las partículas y  $A$  el área de la sección transversal de la columna;  $H_{sg}$  es la altura del lecho fluidizado sin gas.

Por otra parte, para la fluidización inversa en tres fases con crecimiento de biopelícula se utilizaron el medio de cultivo MRS (provee de los nutrientes necesarios para el buen crecimiento de *Lactobacillus* y otras bacterias ácido-lácticas, y aire extraseco como fluidos, a una temperatura de  $37^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ . Se realizaron diferentes experimentos con una altura inicial del lecho de 0.04m, con dos diferentes velocidades de líquido (0.0501, 0.0475 m/s) y tres diferentes velocidades de gas (0.0049, 0.0022 y 0.0011 m/s).

Las partículas, una vez esterilizadas, se impregnaron con un inóculo de *Lactobacillus Acidophilus* en dos biorreactores sanitizados, instalados en serie, se adicionó el inóculo, siempre manteniendo una flama de mechero cerca para evitar posibles contaminaciones. Durante este proceso se recirculó medio de cultivo a una temperatura de  $37 \pm 2^\circ\text{C}$  por 48 horas, con una bomba peristáltica, renovando el medio de cultivo cada 15 horas. El sanitizado y la esterilización se realizaron para asegurar el crecimiento sólo de *Lactobacillus Acidophilus*.

La mitad de los lotes de partículas fueron previamente tratados, para verificar y mejorar la adhesión y/o crecimiento de los microorganismos. La caracterización de la biopelícula se realizó mediante dos pruebas, la primera prueba fue una Tinción de Gram a diferentes muestras que se tomaron a lo largo del proceso, para poder compararse entre ellas. Otra prueba que sirvió para determinar el tipo de microorganismos que se presentaba fue la observación de las partículas en microscopio electrónico de barrido (MEB).

### Resultados y discusión

Se calcularon diferentes números adimensionales ( $Ar$ ,  $Re$  y  $U_g/U_l$ , etc.) para encontrar los que tenían una influencia en la porosidad del lecho. A partir de los resultados de los experimentos sin biopelícula se generaron las gráficas que permitieron observar un comportamiento constante para los datos con el  $Ar$  constante a  $135 < Re < 165$  y  $1700 < Re < 2050$ . Otra relación muy importante que se encontró fue la que presenta  $\varepsilon$  con respecto a la relación  $Re$  y  $U_g/U_l$ . Para la obtención de la correlación matemática se realizó una regresión multilínea de los datos obtenidos ( $\varepsilon_{exp}$ ,  $\varepsilon_{teo}$ ,  $U_g$  y  $U_l$ ), esto arrojó la primera correlación (1.5) para la predicción de la porosidad del lecho en fluidización inversa en tres fases.

$$\varepsilon = 3.29 \frac{Re^{0.461} \left(\frac{U_g}{U_l}\right)^{0.0145}}{Ar^{0.421}} \quad 1.5$$

Se compararon los resultados experimentales contra la curva generada por la correlación obtenida y los datos teóricos como se muestra en la figura 1.1. Se representó una desviación estándar de  $\pm 0.05$ , esto nos indica que la ecuación propuesta tiene un error máximo 5 % para, temperaturas de  $37^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$  y  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ , partículas de  $0.29 \text{ mm} \pm 0.04$ ,  $135 < Re < 165$  y  $1700 < Re < 2050$ ,  $Ar = 5781$  y  $90358$  y  $0.1016 < U_g/U_l < 0.5691$ .

Se determinaron nuevas porosidades teóricas del lecho con crecimiento de biopelícula a través de la ecuación 1.5 y se compararon los datos experimentales de porosidad.

Por las diferencias entre los rangos de aplicación de la ecuación 1.5 y los rangos en los cuales se operó el sistema con crecimiento de biopelícula ( $Re$  y  $Ar$ ), se realizó ajuste de la correlación para obtener una más adecuada (1.6).

$$\varepsilon = 8.37 \frac{Re^{0.461} \left(\frac{U_g}{U_L}\right)^{0.0145}}{Ar^{0.421}} \quad 1.6$$

La desviación estándar de la ecuación anterior resultó de 0.01, la figura 1.2 es la comparación de los datos experimentales con la nueva curva generada por la ecuación 1.6. Los datos experimentales manejados a las mismas condiciones de operación presentan una gran dispersión entre ellos esto; provoca, en general, una mayor desviación estándar para la ecuación 1.6.

En cuanto a la biopelícula, las tinciones de Gram que se realizaron a las partículas mostraron, una vez transcurridas 50 horas de impregnación, el crecimiento de microorganismos y el comienzo de la generación de una biopelícula sólo en las partículas con pretratamiento, ya que éstas mostraron una superficie cerca de estar completamente teñida.

Adicionalmente, se tomaron muestras de las partículas, para determinar el espesor de la biopelícula, a través de microscopías electrónicas de barrido. Después de 48 horas de proceso se registró un grosor promedio de biopelícula de  $20 \mu\text{m}$  ( $2.0 \times 10^5$ ) y después de 142 horas ya se tenía  $51 \mu\text{m}$  ( $5.1 \times 10^5$ ). Se compararon las micrografías con la literatura para comprobar que los microorganismos que se desarrollaron en la partícula fueran *Lactobacillus Acidophilus* como se muestra en la figura 1.3.

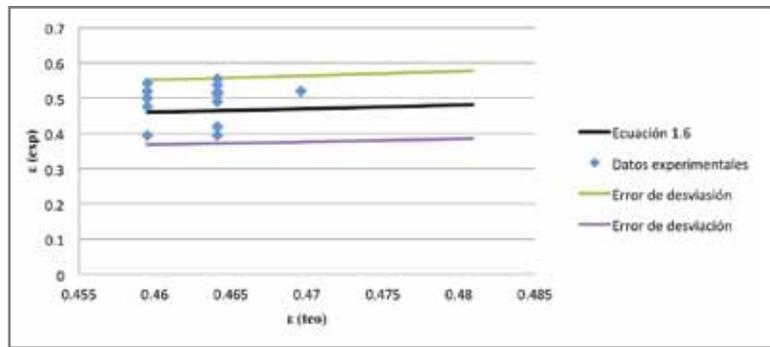
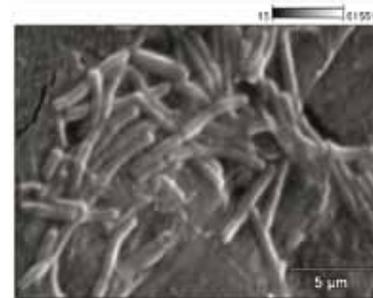
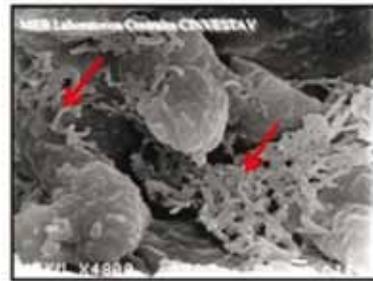


Figura 1.2. Ecuación 1.6 y datos experimentales con biopelícula



a) Experimentación



b) Literatura

Figura 1.3. MEB de la biopelícula

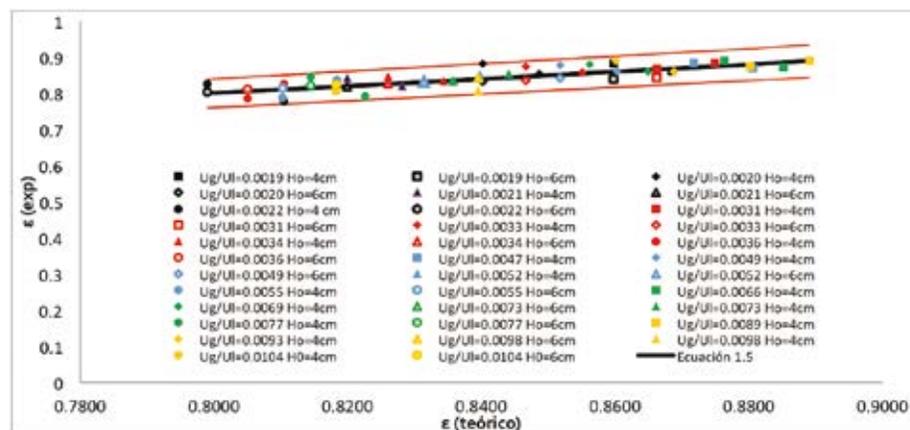


Figura 1.1 Gráfica  $\varepsilon$  teórica vs  $\varepsilon$  experimental

## Conclusiones

En el presente trabajo se encontró que la porosidad está en función, principalmente, de los números dimensionales de Reynolds y Arquímedes al igual que se maneja en trabajos para sistemas en dos fases. Al manejar el sistema con una temperatura controlada, los datos de porosidad tienen una dispersión menor en comparación con los datos obtenidos a una temperatura ambiente. En general el sistema es sensible a cualquier cambio en las condiciones de operación y se mostró

que el grosor de la biopelícula no influye en gran medida al diámetro de la partícula ya que el valor se encontró dentro de la distribución de tamaño de partículas ( $0.003 \text{ m} \pm 0.0002$ ), solo hasta 142 horas de proceso.

La correlación obtenida a través de los datos experimentales de la primera parte del trabajo (sin biopelícula) tiene una desviación estándar menor a la reportada por otras correlaciones similares. Para la correlación 1.6, que considera el crecimiento de biopelícula, la desviación que se presentó fue mayor aunque las velocidades de los fluidos y la temperatura fueron constantes, por lo que se recomienda su análisis, debido a que el crecimiento del microorganismo y su aumento de concentración en el medio de cultivo, influye en las características del fluido (viscosidad y densidad). En general la correlación mostrada en este trabajo mejorará el diseño, control y operación de los biorreactores de lecho fluidizado inverso en tres fases pues auxilia en la caracterización de la hidrodinámica presentada en estos sistemas.

### Referencias bibliográficas

- Betancour L. E. (2005). *Caracterización de propiedades hidrodinámicas de lechos fluidizados en frío con mezclas de carbón-biomasa usadas en procesos de co-gasificación*. Tesis Universidad Pontificia Bolivariana.
- Campos K. E. (2007). *Determinación de la porosidad de un lecho de partículas con biopelícula en fluidización inversa en dos fases (sólido-líquido)*. Instituto Politécnico Nacional.
- Chang H. T., Rittmann B. E. (1994). *Predicting bed dynamics in three-phase fluidized-bed biofilm reactors*. Water Sci. Tech., vol. 29, pp. 231-241.
- Edwards, A.M. M.S., (1981). *Treatment of phenol wastewater*. thesis The Ohio State University, Ohio, USA.
- Fan L. S. (1989). *Fluidization and fluid particle systems: fundamentals and applications*. AIChE symposium series, pp. 85-105.
- Ibrahim Y., Briens C., Margaritis A., Bergongnou. (1996). *Hydrodynamic characteristics of a three-phase inverse fluidized-bed column*. AIChE J. vol. 24, pp. 1889-1900.
- Jena H. M., Sahoo B. K., Roy G. K., Meikap B. C. (2008). *Characterization of hydrodynamic properties of a gas-liquid-solid three-phase fluidized bed with regular shape spherical glass bead particles*. Chemical engineering J. vol. 145, pp 50-56.
- Karamanev D., y Nicolov L., (1988). *Ferrous iron oxidation by Thiobacillus ferrooxidans*. Biotech. Bioeng. 31, 295.
- Kunii D. y Levenspiel O. (1991). *Fluidization engineering*. Butterworth Heinemann EUA. second edition. pp. 1-82, 127-130.
- Muroyama K., Fan L. S. (1985). *Fundamentals of gas-liquid-solid fluidization*. AIChE J. vol. 31, pp. 1-34.
- Ngian K-F, Martin W. (1980). *Bed expansion characteristics of liquid fluidized particles with attached microbial growth*. Biotechnology and bioengineering vol. 22, pp. 1843-1856.
- Safoniuk M., Grace J. R., Hackman L., McKnight C. A. (2002). *Gas holdup in a three-phase fluidized bed*. AIChE J. vol. 48, pp. 1581-1587.
- Schepers, Thibault y Lacroix (2002). *Lactobacillus helveticus growth and lactic acid production during pH controlled batch cultures in whey permeate/yeast extract medium*. Part II kinetic modeling and model validation, Elsevier 187-194.
- Rodrigues L., Moldes A., Teixeira J., Olivera R. (2006). *Kinetic study of fermentative biosurfactant production by Lactobacillus strains*. Biochemical Engineering J. vol. 28, pp. 109-116.
- Yu H., Rittmann B. E. (1997). *Predicting bed expansion and phase holdups for three-phase fluidized-bed reactors with and without biofilm*. Water Sci. Tech., vol. 31, pp. 2604-2616.

# La productividad de la ovinocultura en el estado de Zacatecas, México

Por José María Carrera Chávez y Benjamín Carrera Chávez  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua

Recibido: Marzo 6 de 2012  
Aceptado: Enero 23 de 2013

Dirección electrónica del autor de correspondencia:  
benjamin.carrera@uacj.mx

## RESUMEN

En México, la ovinocultura es de las actividades pecuarias que tiene una de las mejores tasas de rentabilidad y perspectivas de crecimiento. Zacatecas ocupa el cuarto lugar nacional en inventario y el quinto lugar en la producción de carne de ovino. Sin embargo, los niveles de productividad están por debajo de los niveles que poseen otros países con tradición en producción ovina. El objetivo de este estudio fue determinar la productividad de la producción ovina en el estado de Zacatecas. Se aplicaron 600 encuestas a productores de ovinos de los municipios más representativos en relación al inventario del estado de Zacatecas. En los resultados se obtuvo que el sistema de producción más utilizado es el extensivo con 64.5%, seguido por el intensivo con 29.2% y el semi-intensivo con 6.3%. La productividad (corderos y corderas para venta) por vientre fue de 0.41 y por animal mantenido en el rebaño fue de 0.25 por año. La productividad total (todos los animales producidos en el rebaño) por vientre fue de 0.62 y por animal mantenido en el rebaño fue de 0.37 por año, lo que se considera una productividad baja, ocasionando bajos ingresos en los productores y desaprovechamiento de recursos disponibles.

**PALABRAS CLAVE:** Productividad, ovinos, Zacatecas, sistema de producción.

## ABSTRACT

In Mexico, sheep production is a livestock activities which has one of the best rates of profitability and growth prospects. Zacatecas ranks fourth in inventory and fifth in production of sheep meat nationally. However, productivity levels are below the levels that have other countries with tradition in sheep production. The aim of this study was to determine the productivity of sheep production in the state of Zacatecas. 600 surveys were applied to sheep producers in the more representatives municipalities in relation to the inventory of Zacatecas. It was found that the production system most used is the extensive (64.5%), followed by the intensive (29.2%) and the semi-intensive (6.3%). Productivity (male and female lambs for sale) was 0.41 per ewe and 0.25 per animal remained in the herd by year. Total productivity (all animals produced in the herd) was 0.62 per ewe was and 0.37 per animal remained in the herd by year, which is considered a low productivity, resulting in low income to producers and waste of resources.

**Key words:** Productivity, sheep, Zacatecas, production system.

## Introducción

No obstante los niveles de producción del sector agropecuario han mostrado un incremento en los niveles de producción desde 1990, el sector agropecuario en México se encuentra en una profunda crisis, debido al incremento en el costo de los insumos y las sequías recurrentes que se han presentado en los últimos años, lo que ha ocasionado que estos incrementos no hayan sido suficientes para satisfacer la demanda interna (Espinosa, 2001). Sin embargo, existen algunas ventanas de oportunidad para que los productores agropecuarios mejoren su ingreso. En este sentido, se considera que la producción de ovinos es una actividad económica que presenta buenas tasas de rentabilidad (Álvarez y Santillanes, 2007) y perspectivas de crecimiento (Arteaga, 2007), considerando que el inventario nacional se ha incrementado desde la década de los 90's, quizá debido

al continuo aumento del precio del ovino en pie (Góngora-Pérez et al., 2010).

Zacatecas ocupa el cuarto lugar en el hato nacional con 410,860 cabezas (INEGI, 2007), mientras que la producción de carne de ovino es de 2,898 toneladas, lo que corresponde al 5.4% del total nacional, ocupando el quinto lugar en la producción de carne de ovino en México (SIAP, 2011) y se considera que una forma de aumentar la producción pecuaria es a través de incrementos en la productividad (Espinosa, 2001). La productividad es la cantidad final de animales o kilogramos de carne que un productor está en posibilidad de vender para obtener recursos económicos (Vilaboa et al., 2006). Debido a que existe una problemática específica (bajos parámetros reproductivos y alta mortalidad) que es necesario detectar para contar con marco de referencia y estar en la posibilidad

de proponer acciones correctivas y programas de fomento a la productividad que contribuyan a mejorar el ingreso de los productores de carne de ovino, el objetivo del presente trabajo fue calcular la productividad de la producción ovina en el estado de Zacatecas.

### Materiales y métodos

El estudio fue realizado en el estado de Zacatecas, México, localizado entre las coordenadas 25°00'51'' N y 104°20'03'' O, 21°04'43'' N y 104°19'08'' O, 20°48'19'' N y 101°29'58'' O y, 24°51'29'' N y 100°40'55'', que tiene un clima templado semiárido, con una precipitación promedio de 400 mm anuales. Se realizaron 600 encuestas a productores de ovinos de los municipios más representativos en relación al inventario de ovinos del estado de Zacatecas, los cuales fueron definidos con base a la información estadística disponible en los resultados del Censo Agrícola, Pecuario y Forestal del INEGI (2007).

Las encuestas contenían 155 preguntas abiertas (con guía de pregunta), aplicándose de forma aleatoria, utilizando el método de muestreo conocido como bola de nieve durante los meses de febrero a noviembre de 2010.

En este estudio la productividad se definió como la cantidad de corderos producidos entre el número de unidades en su respectivo inventario (vientres o animales mantenidos en el rebaño). El concepto de productividad total incluye el número de corderos vendidos, el número de animales de desecho vendidos, el número de primas producidas (para venta o como reemplazo) y el número de sementales producidos en su conjunto, entre el número de unidades en su respectivo inventario (vientres o animales mantenidos en el rebaño).

La información obtenida por la aplicación de las encuestas se capturó en una base de datos del programa computacional Excel y se analizó mediante estadística descriptiva con el programa estadístico SPSS versión 11.1.

### Resultados y discusión

Con relación con la composición del rebaño se encontró que el tamaño promedio del rebaño en el estado de Zacatecas fue de  $81.4 \pm 5.7$  cabezas, en donde, en promedio,  $49.2 \pm 3.4$  animales corresponden a vientres (hembras que ya han parido o están por parir), de las cuales apenas  $7.3 \pm 0.9$  son ovejas paridas, lo que indica que sólo el 14.9% de los vientres están paridos del total de vientres disponibles. Considerando los vientres paridos, se obtuvo un promedio de crías lactantes de  $8.0 \pm 1.2$  crías, lo que indica una prolificidad promedio de  $1.2 \pm 0.1$ . En relación a los sementales, el promedio existente fue de  $1.7 \pm 0.1$

sementales en cada rebaño, con lo que se obtiene una relación hembras-macho promedio de  $25.6 \pm 0.9$  ovejas por semental. Además, el promedio de primas en desarrollo por rebaño es de  $14.7 \pm 1.1$  animales y el promedio de corderos en engorda por rebaño es de  $8.3 \pm 1.3$  animales (Cuadro 1).

La composición promedio de los rebaños ovinos evaluados en el estado de Zacatecas está conformada de la siguiente manera: 62.0% de los animales son vientres, 19.1% son primas en desarrollo, 8.1% son animales en engorda, 7.0% son crías sin destetar, sólo 7.7% son vientres paridos y el 3.8% son sementales.

Cuadro 1. Tamaño y composición promedio del rebaño ovino en el estado de Zacatecas (media  $\pm$  error estándar).

	Cabezas	Porcentaje
Tamaño promedio del rebaño	81.4 ovinos	100
Número de vientres promedio por rebaño	49.2 vientres	
Porcentaje de vientres promedio por rebaño		60.4
Promedio de hembras paridas	7.3 vientres	
Porcentaje de vientres paridos por rebaño		14.9
Promedio de crías lactantes	8 crías	
Porcentaje de crías lactantes		9.8
Prolificidad promedio	1.09	
Promedio de sementales por rebaño	1.7	
Porcentaje de sementales por rebaño		2.1
Relación hembra - macho promedio	28.8	
Promedio de primas por rebaño	14.6	
Porcentaje de primas por rebaño		17.9
Promedio de corderos en engorda	8.1	
Promedio de corderos en engorda		10

Fuente: Elaboración propia con información de las encuestas. 2010.

En este trabajo, considerando que el principal objetivo del sistema producto ovino en el estado de Zacatecas es la producción de carne de ovino, se encontró que el número de corderos que un productor vende por vientre mantenido en su rebaño es de  $19.9 \pm 2.0$  corderos, lo que indica una productividad de tan sólo 0.41, es decir, de cada 10 vientres que el productor mantiene en su rebaño sólo vende 4.1 corderos en el transcurso de todo un año. Sin embargo, si se consideran todos los

ovinos que se mantienen en el rebaño (vientres, sementales, crías, hembras de reemplazo y corderos en engorda), esta productividad disminuye a 0.25 corderos por animal por año (Cuadro 2) lo que indica que el productor sólo está en la posibilidad de obtener recursos vendiendo 2.5 corderos por cada 10 animales que mantiene en su rebaño.

Cuadro 2. Productividad estimada por vientre y por animal mantenido en el rebaño, considerando sólo corderos destinados a sacrificio en el estado de Zacatecas.

Productividad estimada por vientre (corderos vendidos / vientres)	0.41 corderos por vientre
Corderos vendidos	19.9
Vientres	49.2
Productividad estimada por animal del rebaño (corderos vendidos / animales del rebaño)	0.25 corderos por animal del rebaño
Corderos vendidos	19.9
Animales en el rebaño	81.4

Fuente: Elaboración propia con información de las encuestas. 2010

Sin embargo, debe considerarse que además de corderos los productores ofrecen al mercado otro tipo de animales para su comercialización, como lo son los animales de desecho ( $6.7 \pm 0.9$ ) y algunas ocasiones sementales ( $0.6 \pm 0.2$ ) y primalas para reproducción (para venta o como reemplazo;  $3.0 \pm 1.1$ ). Por lo anterior, y con la finalidad de obtener información detallada, se consideró el total de animales producidos por productor.

La productividad total por vientre del rebaño fue de 0.62 animales por vientre por año (Cuadro 3) y la productividad total por animal mantenido en el rebaño es de 0.37 animales por año (Cuadro 4). Esta productividad puede considerarse baja, sobre todo considerando que se han reportado valores más altos de productividad (0.82 a 1.43 corderos por vientre) en México, pero debe tenerse en cuenta que estos valores son reportados en condiciones agroclimáticas más favorables que en el estado de Zacatecas (Espinoza, 1999; Vilaboa et al., 2006; Zambrano et al., 2001). Sin embargo, otros estudios han reportado una productividad aun menor del sector ovino en estudios retrospectivos a nivel nacional (0.10 corderos o 3.9 kg de carne de ovino; 1966-1999; Espinosa, 2001).

Cuadro 3. Productividad total estimadaa por vientre en el estado de Zacatecas.

Productividad total estimada por vientre	0.62 animales por vientre
Animal producido por vientre	
Corderos y corderas para abasto	0.41
Desecho de vientres	0.14
Primalas	0.06
Sementales	0.01

Fuente: Elaboración propia con información de las encuestas. 2010

a (corderos vendidos + desecho vendido + primalas vendidas + sementales vendidos / vientres).

b (Tipo de animal producido entre el número de vientres del rebaño).

Cuadro 4. Productividad total estimadaa por animal mantenido en el rebaño en el estado de Zacatecas.

Productividad total estimada por animal del rebaño	0.37 animales por animal del rebaño
Animal producido por animal mantenido	
Corderos y corderas para abasto	0.25
Desecho de vientres	0.08
Primalas	0.04
Sementales	0.007

Fuente: Elaboración propia con información de las encuestas. 2010

a (corderos vendidos + desecho vendido + primalas vendidas + sementales vendidos / animal del rebaño).

b (Tipo de animal producido entre el número de animales mantenidos en el rebaño).

Una posible explicación para esta baja productividad puede radicar en que con respecto a los sistemas de producción identificados en base a su sistema de alimentación, 64.5% de los productores mantienen sus animales bajo un sistema de producción extensivo (alimentación basada en agostaderos y trashumancia), 6.3% reporta utilizar el sistema de producción semi-intensivo (alimentación basada en pradera, pradera o agostadero con suplementación en estabulación) y el restante 29.2% utiliza un sistema de producción intensivo (estabulación total). Aunque para

realizar la clasificación de los sistemas de producción mencionados sólo se consideró el sistema de alimentación, existen otros factores que pueden determinar el aspecto productivo de cada unidad de producción en particular, como lo son: el aprovechamiento de recursos disponibles, el manejo reproductivo, el manejo sanitario, la calidad genética y la mortalidad (Gómez et al., 2010; Solís et al., 2012).

No obstante, no debe perderse de vista que indicadores como la productividad, dependen de la interacción varios factores como calidad genética, nutrición, sanidad, manejo general de los rebaños y factores agrícolimáticos (Castro y Puigvert, 2000). Dado la gran variedad de sistemas de producción de carne de ovino que existen en México (Vilaboa et al., 2006), es necesario caracterizar con mayores elementos los factores que influyen en los sistemas de producción específicos, pues el desconocimiento de la productividad en los diferentes sistemas de producción impide al productor la toma de decisiones adecuadas que ayuden a incrementar los volúmenes de producción (Vilaboa et al., 2006).

### Conclusiones

Existe una baja productividad general de la ganadería ovina del estado de Zacatecas, que es de sólo 0.37 animales vendidos por cada animal mantenido durante un año (solo 37 animales obtenidos por cada 100 animales mantenidos por año), lo que ocasiona un bajo ingreso de los ovinocultores zacatecanos. Una explicación para esto, puede encontrarse en los sistemas de producción identificados con base al método de alimentación predominante, considerando que factores como el aprovechamiento de los recursos disponibles, el manejo reproductivo, el manejo sanitario, la calidad genética y la mortalidad presentes en las unidades de producción ovina determinan la productividad de cada rebaño en particular.

### Agradecimientos

El estudio forma parte del proyecto “Innovación de procesos en la producción de carne de ovino en Zacatecas” financiado por la Fundación Produce Zacatecas AC (32-09-015513). Los autores agradecen la colaboración de los productores participantes.

### Referencias bibliográficas

- Álvarez MA y Santillanes ChS. (2007). *Informe de Evaluación Nacional*. Programa de Fomento Ganadero. SAGARPA – FAO. México.
- Arteaga, C. J. De D. (2007). “Diagnóstico actual de la situación de los ovinos en México”. En *La Revista del Borrego*. México.
- Castro R y Puigvert X. (2000). *Economic modelling of the fattening stage to make comparisons between different pig meat markets*. En Symposium on pig herd management modeling and information technologies related.
- Espinosa, GJA. (2001). *Productividad de los sistemas-producto pecuarios en México*. en Técnica Pecuaria México.
- Espinoza F, Tejos R, Chacón E, Arriojas L, Argenti P. (1999). *Producción, valor nutritivo y consumo por ovinos de Leucaena leucocephala*. III. *Utilización y consumo*. En Zootecnia Tropical.
- Gómez AA, García SR, Rosales CF, De Lucas TJ, Pérez RM, Salvador FO. (2010). *Sistemas de producción ovina en productores de la Mixteca Alta. II Aspectos reproductivos y productivos*. En Memorias XLVI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria.
- Góngora-Pérez RD, Góngora-González SF, Magaña-Magaña MA, Lara y Lara OE. (2010). *Caracterización técnica y socioeconómica de la producción ovina en el estado de Yucatán, México*. en Agronomía Mesoamericana.
- INEGI. (2007). *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007*. Disponible: <http://www.inegi.org.mx>. México.
- SIAP. (2011). *Resumen Estatal Pecuario 2008*. Disponible: <http://www.siap.gob.mx>. México.
- Solís FS, Pérez RMA, De Lucas TJ, Salvador FO. (2012). *Caracterización y evaluación de los sistemas de producción ovina en San Juan Cuauhtémoc, Tlahuapan, Puebla. II. Aspectos productivos y económicos*. En Memorias II Foro Internacional de Ciencias e Innovación Tecnológica.
- Vilaboa AJ, Díaz RP, Platas RDE, Ortega JE, Rodríguez ChMA. (2006). *Productividad y Autonomía en sistemas de producción ovina: dos propiedades emergentes de los agroecosistemas en Interciencia*.
- Zambrano C, García W, Hernández L, Fernández F. (2001). *Suplementación estratégica de ovinos con bloques multinutricionales*. En Memorias VII Seminario de manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal.

# Análisis de la respuesta mecánica de un ducto agrietado sujeto a presión interna aplicando el método de los elementos finitos

Por Javier Flores Méndez, Gerardo Luis Velázquez García y Marcos Espinoza Martínez  
 Instituto Tecnológico de Puebla, Universidad Tecnológica de Puebla,  
 Universidad Tecnológica de Huejotzingo

Dirección electrónica del autor de correspondencia:  
 xavier\_snk@hotmail.com

## RESUMEN

En este trabajo se modela el caso de una grieta y la interacción de dos grietas coplanares contenidas circunferencialmente en el espesor de un tubo API5L presurizado, con una discretización topológicamente controlada y con elementos tetragonales en la región interlaminar. Por la singularidad del esfuerzo en punta de grieta el modelo se construye con elementos isoparamétricos, con 10 nodos y 3 grados de libertad por nodo y se emplea el código comercial de elemento finito ANSYS V11.0. Con esta metodología es posible conocer el factor de intensidad de esfuerzos cuando se varía la longitud de la grieta. Con los resultados obtenidos en cada caso se construye una gráfica que permite observar primero y predecir posteriormente el comportamiento del factor de intensidad de esfuerzos en función de la longitud de la grieta pasante.

**PALABRAS CLAVES:** Grietas, factor de intensidad de esfuerzos, ANSYS, elemento finito.

## ABSTRACT

In this work the case of a crack as well as the interaction of two coplanar cracks circumferentially embedded within the thickness of a pressurized API5L tube are modeled using a topologically controlled discretization and tetragonal elements in the interlayer region. On the singularity of crack tip stress in the model is constructed using isoparametric elements with 10 nodes and 3 degrees of freedom per node and uses the commercial code finite element ANSYS v.11.0. Using this methodology it is possible to evaluate the stress intensity factor as the length of the crack varies. Based on these numerical results a graphical relationship between the behavior of stress intensity factor and the length of the crack intern might be constructed, showing that stress intensity factor depends directly of the length of the embedded crack.

**KEYS words:** Cracks, stress intensity factor, ANSYS, finite element.

## Introducción

Las grietas presentes en ductos destinados al transporte de fluidos son discontinuidades del tipo planar contenidas en el espesor.

El objetivo principal de este trabajo es determinar las condiciones de inestabilidad mediante el análisis del comportamiento elastoplástico de ductos cilíndricos sometidos a presión interna con laminaciones presurizadas de diferentes radios contenidas en el espesor sin variar la separación de estos defectos en la horizontal y la vertical, aplicando el método de los elementos finitos considerando el comportamiento no lineal del material con una ley de endurecimiento isótropo. En las simulaciones se definen las propiedades del material (acero API 5L).

Resalta de esta investigación el desarrollo de una metodología basada en la mecánica de la fractura aplicando el método del elemento finito y utilizando el programa ANSYS 11.0, con la finalidad de determinar el comportamiento

de un recipiente agrietado circunferencialmente de pared gruesa. Con esta metodología es posible conocer el factor de intensidad de esfuerzos cuando se varía la longitud de la grieta. Con los resultados obtenidos en cada caso se construye una gráfica que permite observar primero y predecir posteriormente el comportamiento del factor de intensidad de esfuerzos en función de la longitud de la grieta pasante.

## Fundamento teórico para el análisis de grietas en ductos

La fractura de componentes agrietados puede ser determinada por análisis de esfuerzos basados en conceptos de la teoría de la elasticidad. Para el caso de una grieta rectilínea en el plano  $x - z$ , el campo de esfuerzos puede determinarse con las ecuaciones 1, siguiendo la nomenclatura de la figura 1, y tomando en cuenta un sistema de coordenadas polares  $(r, \theta)$  con origen en el vértice de la grieta:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left( 1 - \frac{\sin \theta}{2} \frac{\sin \frac{3\theta}{2}}{\cos \frac{\theta}{2}} \right) \\ \sigma_y &= \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left( 1 + \frac{\sin \theta}{2} \frac{\sin \frac{3\theta}{2}}{\cos \frac{\theta}{2}} \right) \\ \tau_{xy} &= \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \sin \frac{\theta}{2} \left( \cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

El factor de intensidad de esfuerzos  $K_I$  para el Modo I de la grieta se puede definir como:

$$K_I = \lim_{r \rightarrow 0} \sqrt{2\pi r} \sigma_y, \text{ con } (r, \theta = 0). \quad (2)$$

Para una placa infinita agrietada:

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi a} \quad (3)$$

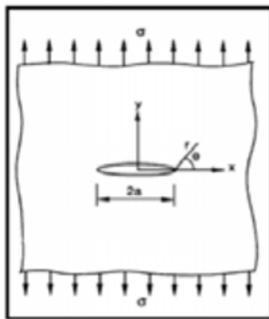
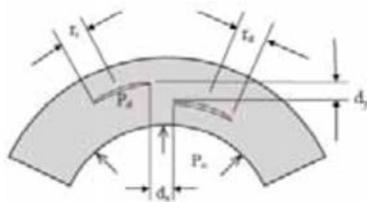


Figura 1. Placa Infinita agrietada sujeta a tensión.

### Metodología numérica

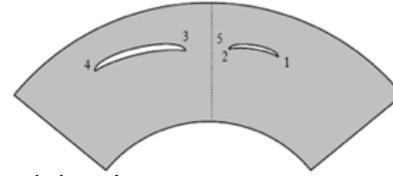
Los parámetros principales de la modelación se presentan en la figura 2a, y las regiones de interés en la figura 2b, y se describen a continuación:

- rd - Radio de la laminación derecha.
- ri -Radio de la laminación izquierdo.
- dy -Separación vertical.
- dx - Separación horizontal.
- Pd - Presión en la laminación.
- Po - Presión de operación.



a) Parámetros del caso de estudio.

- 1-Borde externo de grieta derecha.
- 2-Borde interno de grieta derecha.
- 3 -Borde interno de grieta izquierda.
- 4 -Borde externo de grieta izquierda.
- 5 -Región interlaminar cercana a la grieta derecha.



b) Regiones de interés.

Figura 2. Variables del modelo analizado y esquema del arreglo de grietas.

De las variables listadas anteriormente, los parámetros considerados para el estudio y simulación se muestran en la tabla 1:

Variables	Ducto API 5L X-60	
	1 Grieta	2 Grietas
Radio de la laminación derecha, <b>rd</b>	70mm	0.75"
Radio de la laminación izquierda, <b>ri</b>	0	1.5"
Separación vertical, <b>dy</b>	0	0
Separación horizontal, <b>dx</b>	0	1/32"
Espesor del tubo, <b>t</b>	5/8"	1"
Presión de operación máxima, <b>Po</b>	6MPa	10000 Psi

Tabla 1. Valor de los parámetros de los casos de estudio.

### Resultados y discusión

Para realizar el modelo de deformación plana sólo será necesario realizar una malla de la cuarta parte del cilindro. Se van a construir dos modelos, ambos para el tubo API5L X-60, en el cual se analizarán dos grietas coplanarias y también una sola grieta la cual irá variando en su longitud. Las figuras 3 y 4 presentan los esfuerzos de Von Mises.

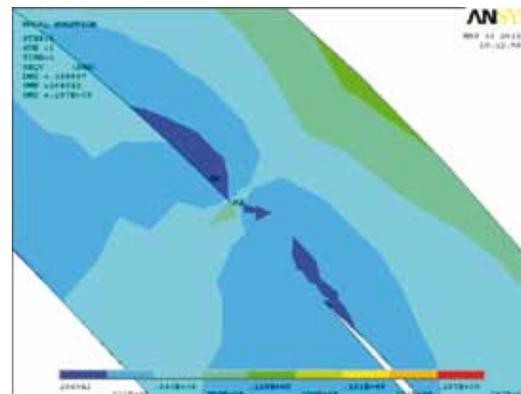


Figura 3. Mapa del esfuerzo de Von Mises en el entorno de dos grietas.

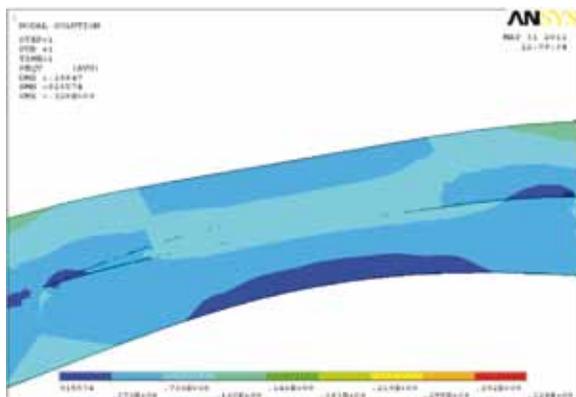


Figura 4. Mapa del esfuerzo de Von Mises en el entorno de una grieta.

Finalmente, con la ecuación (3) y con; para este caso de estudio de una sola grieta se presentan las siguientes gráficas (figuras 5 y 6).

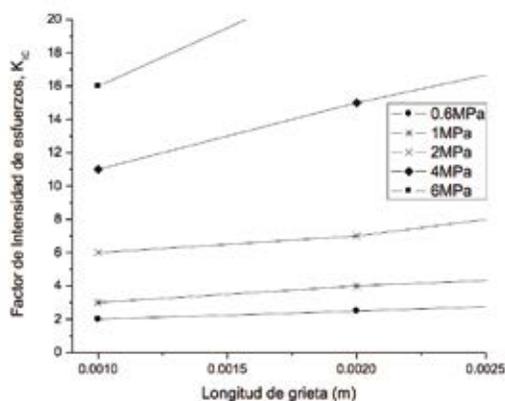


Figura 5. Dependencia entre la longitud de grieta y el factor intensidad de tensiones para valores diferentes de presión en el tubo.

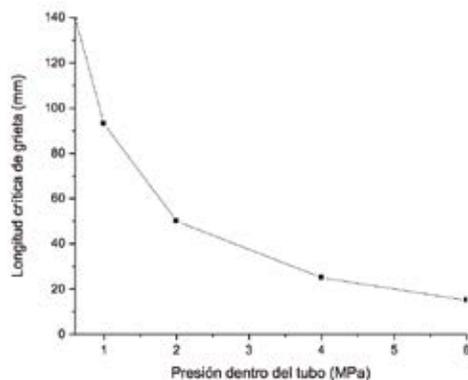


Figura 6. Longitud crítica de grieta en función de la presión dentro del tubo.

## Conclusiones

Se determina, aplicando herramientas de mecánica de fractura, las dimensiones críticas de grieta para diferentes disposiciones de estas y condiciones de operación de las tuberías.

La presión afecta directamente el esfuerzo gobernante en la región interlaminar, principalmente para radios grandes de grieta. Los defectos con menor radio resisten una mayor presión interna.

Como se observa para el caso de una grieta circunferencial para la presión máxima hay una disminución en la sección transversal de la ubicación de la laminación, debido a que los esfuerzos tienden a alargarse hacia las superficies libres del tubo y con mayor énfasis en la grieta. Si el defecto se escalona o dan paso a una grieta de mayor radio, es importante tener en cuenta que la región interlaminar alcanzó el esfuerzo máximo.

## Referencias bibliográficas

- González J.L., J.M Hallen. (1998). *Mecánica de Fractura en Ductos de Recolección y Transporte de Hidrocarburos*, 3er Congreso de Ductos PEMEX, 1, 183-191.
- Hirth J. (1980). *Effects of hydrogen on the properties of iron and steel*, The Metallurgical Society of AIME, 11 A, 861-890.
- Ikeda A., Y. Morita. (1997). *On the Hydrogen Induced Cracking of Pipeline Steel Under Wet Hydrogen Sulfide Environment*, second Intl. Cong. Hydrogen in Metals.
- Jorge L. González Velásquez. (1997). *Manual de Integridad de Ductos*, IPN-GAID.
- Jorge L. González Velásquez. (1988). *Mecánica de Fractura Bases y Aplicaciones*, edit. Limusa.
- J. L. González V., J. M. Hallen. (1998). *Mecánica de la fractura en ductos de recolección y transporte de hidrocarburos*, 3er congreso de ductos PEMEX, pp 182.
- Makkio I. (1978). *The Extension of Hydrogen Blister-Crack Array in Linepipe Steels*, Metallurgi-cal Transactions, 9A, 1581-1590.
- Moussa W.A., R. Bell. (1999). *The Interaction of Two Parallel Semi-Elliptical Surface Cracks Under Tension and Bending*, Journal of Pressure Vessel Technology, 121, 323-326.
- Zacaria M.Y.B., T.T. Davies. (1993). *Formation and Analysis of Stack Cracks in a Pipeline Steel*, Journal of Materials Science, 28, 322-328.
- Zienkiewicz O. C. (1995). *Finite Element method*, editorial Mc Graw Hill, España.

## Instrucciones para autores

UNIVERSO DE LA TECNOLÓGICA es una revista científica multidisciplinaria, publicada cuatrimestralmente, disponible en el formato impreso y publicación electrónica, con registro ISSN 2007-1450.

La revista incluirá artículos originales de investigación.

La recepción se encuentra abierta a partir de la publicación de esta convocatoria, la fecha de recepción tiene límite hasta el miércoles 30 de octubre de 2013. Se publicarán las aportaciones que mediante arbitraje de especialistas y a juicio del Consejo Editorial tengan el nivel y la calidad adecuada para ello; su contenido será responsabilidad única de los autores. Una vez sometido el artículo y aprobado, éste pasa a ser propiedad de la revista.

Los documentos deben ser presentados conforme a las instrucciones que se estipulan a continuación:

### 1. Los trabajos deberán ser realizados en forma individual o colectiva, en cualquiera de las siguientes áreas:

- Tecnologías y Ciencias Agropecuarias
- Tecnología y Ciencias de la Ingeniería
- Ciencias Sociales y Económicas
- Ciencias Exactas

**a)** Los artículos deberán ser inéditos en español, incluyendo en el idioma inglés título, resumen y palabras clave.

**b)** La extensión y el formato de los textos deben ajustarse a lo siguiente:

- Formato carta, extensión mínima 3 cuartillas y un máximo de 6, incluyendo notas y bibliografía
- Tipografía: Arial
- Carácter: 12 puntos
- Interlineado: espacio medio (1.5)
- Márgenes: 2.5 cm superior e inferior
- Márgenes: 3 cm izquierdo y derecho
- Numeración: abajo y a la izquierda, consecutiva
- Sangría (primera línea)

### 2. Preparación del manuscrito

Los trabajos han de seguir un orden lógico y claro.

Un manuscrito debe incluir las siguientes partes:

**a) Página de título.-** Un título conciso e informativo, el nombre/s del autor/es, la afiliación/es, dirección/es de autor/es, la dirección de correo electrónico, teléfono y fax del autor para correspondencia.

**b) Origen del artículo.-** Se debe especificar si el artículo es producto de una investigación, tesis de grado, etc. Si es resultado de una investigación, deben señalarse: el título del proyecto, la institución ejecutora, fase del proyecto, fecha de inicio y finalización.

**c) Área en la que participa.-** Tecnologías y Ciencias Agropecuarias, Tecnología y Ciencias de la Ingeniería, Ciencias Sociales y Económicas, Ciencias Exactas.

### 3. Estructura del artículo

**a) Título en inglés y español:** No debe ser mayor a 15 palabras y debe describir el contenido del artículo en forma clara, exacta y concisa.

**b) Resumen:** Se deben incluir resúmenes en español y en inglés (*abstract*) de 10 renglones máximo cada uno. Debe indicar clara y brevemente el propósito de la investigación, de los procedimientos básicos, de los resultados y de las conclusiones principales. Debe ser evidente para alguien que no ha leído el texto. Evite el uso de abreviaturas y de términos altamente especializados en el extracto.

**c) Palabras clave:** Presentar entre 6 y 8 palabras, en inglés y en español; estos términos deben aparecer debajo del resumen, en la misma página. Se pueden utilizar palabras solas o términos compuestos.

**d) Abreviaturas:** Las abreviaturas deben ser definidas la primera vez que se mencionan; si fuera esto en el resumen, entonces debe definirse otra vez en el cuerpo principal del texto y utilizar el acrónimo. Para las mediciones y los valores laboratorio se deben presentar utilizando el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**e) Introducción:** Este apartado plantea el propósito del artículo sin un despliegue extensivo del tema, utilizando sólo las referencias más pertinentes. Indique las razones que motivaron a la investigación y, cuando corresponda, dé cuenta de la hipótesis postulada.

**f) Materiales y métodos:** Se describe el diseño de la investigación y se explica cómo se llevó a la práctica, justificando la elección de métodos, técnicas e instrumentos (si los hubiera), teniendo en cuenta la secuencia que siguió la investigación.

**g) Resultados:** Se describen los resultados del estudio, resaltando los hallazgos relevantes (incluso los resultados contrarios a los objetivos propuestos, si es el caso). Los resultados se deben presentar utilizando texto, tablas e ilustraciones.

**h) Discusión:** Debe ser una interpretación de los resultados y su significado sobre el trabajo de otros autores.

**i) Agradecimientos:** Al patrocinio o proyecto son lo más breve posible. El patrocinio total o parcial que requiera el reconocimiento del autor debe ser mencionado.

**j) Las tablas y las figuras:** A fin de garantizar los más altos estándares para la calidad de sus ilustraciones, éstas deben de ir a una resolución de 300 dpi's. Las figuras tienen que ser claras y fáciles de leer. Figuras numeradas en número arábigo seguido de pie de figura para la parte inferior de cada una de ellas e insertadas dentro del cuerpo del artículo y no al final de éste. Las tablas tienen que ser menores de 17 cm × 20 cm, enlistadas en números arábigos y deben tener un título y/o leyenda en la parte superior para explicarla o para explicar cualquier abreviatura utilizada en ella, del mismo modo deben estar insertas dentro del cuerpo del artículo.

**k) Citación:** Para la citación textual larga (de 40 palabras o más),

es necesario separar el texto citado y disminuir el tamaño de la tipografía un punto. Del mismo modo, se deben aumentar los márgenes laterales 1 cm. y colocar inmediatamente después (autor, año) al que se cita.

l) **Fecha:** Se cita la final del trabajo, precedida del lugar donde se redacta el original.

m) **Referencias bibliográficas:** La exactitud de las referencias es responsabilidad de los autores. El estilo de citar de *Universo de la Tecnológica* está basado en el Manual de Publicaciones de la American Psychological Association (APA).

- Se incorpora al final del artículo, numeradas, incluyendo en orden alfabético todas las obras citadas en el texto y en los pies de página. El autor debe revisar cuidadosamente que no haya omisiones ni inconsistencias entre las obras citadas y la bibliografía. La redacción se presenta de la siguiente manera:

- Nombre del autor y colaboradores (en su caso), comenzando con el apellido paterno, seguido de los nombres. Año de la publicación entre paréntesis. Título del libro en itálicas (cursivas). Edición (de la segunda en adelante). Casa editorial, ciudad de publicación, país y páginas totales.

- Ejemplos;

**Libros:** 1) Foucault, Michel. (1989). *Vigilar y castigar. Nacimiento de la prisión*. V Edición. Siglo XXI Editores. Buenos Aires, Argentina. Pág. 250.

**Capítulos de libros:** 1) Aguilar Villanueva, Luis. (1994). *Estudio introductorio, en El estudio de las políticas públicas*. Editorial Porrúa. México.

**Artículos de revistas:** 1) Oliveira, Francisco. (1979). "La economía brasileña: crítica a la razón dualista", en *El Trimestre Económico*. Núm. 17, México.

#### 4. Procedimiento Editorial

Los artículos recibidos en *Universo de la Tecnológica*, se procesarán de la siguiente manera;

- Evaluación inicial de forma por parte de la Coordinación Editorial, para verificar que el artículo cumple con los lineamientos establecidos en las políticas editoriales de la revista.

- Evaluación del Comité Editorial, bajo las normas de la utilización de la metodología de investigación. En dicha evaluación se seleccionan los artículos que serán enviados al Consejo de Árbitros.

#### 5. Revisión de pares

Posteriormente a la preselección editorial los artículos son evaluados por pares especialistas, 3 árbitros por artículo, externos a la institución, quienes emitirán un dictamen sobre la eventual publicación del artículo: a) Publicar el artículo sin modificaciones b) Publicar el artículo con modificaciones que realice el Comité Editorial c) Devolver el artículo a su(s) autor(es) para que realicen correcciones sugeridas d) Rechazar el artículo. Los nombres de los autores no son revelados a los revisores y viceversa. Este proceso de evaluación anónimo protege a los autores y los revisores de todo prejuicio. Una vez que los árbitros aceptan la invitación a ser revisores, ellos examinan el manuscrito a fondo y envían el dictamen o sugerencias de posibles cambios o una recomendación firme sobre la conveniencia de publicar el documento.

#### 6. La presentación de un manuscrito implica

a) Que el trabajo no está bajo consideración para su publicación en cualquier otro lugar.

b) Que su publicación ha sido aprobada por todos los coautores, en su caso, así como por las autoridades responsables -implícita o explícitamente- en el instituto donde el trabajo ha sido llevado a cabo. Esto es justificado a través de una carta presentada por el autor correspondiente.

c) Es importante aclarar que ni el editor ni la revista *Universo de la Tecnológica* a través de la Universidad Tecnológica de Nayarit, serán legalmente responsable si se presenta alguna reclamación de indemnización por el trabajo aquí publicado. El único responsable es el autor correspondiente.

#### 7. Criterios para la evaluación de artículos

Las decisiones sobre publicación de los artículos recibidos estarán basadas en los siguientes criterios de evaluación:

a) Relevancia científica

b) Fundamentación científica

c) Validez metodológica

d) Manejo de referencias

e) Evidencia de asociación directa con un proyecto de investigación, desarrollo o innovación

f) Aplicabilidad

#### 8. Nota

Se recomienda evitar el uso de palabras en idioma distinto al español y de vocablos innecesarios. Si es inevitable emplear un término en lengua extranjera (por no existir una traducción apropiada), se debe anotar, entre paréntesis o como nota de pie de página, una breve explicación o traducción aproximada del término.

a) La coordinación editorial se reserva el derecho de realizar la corrección de estilo y los cambios editoriales que considere necesarios para mejorar el trabajo.

b) Hacer la sugerencia de tres posibles árbitros de su artículo en la página de título.

#### 9. Fotografías e ilustraciones

Todo material de fotografías e ilustraciones debe enviarse dentro del archivo del artículo, como también en formato aparte JPG o PSD, con una resolución mínima de 300 dpi en tamaño real. Las gráficas y tablas deben ser enviadas de la misma forma dentro del artículo, como en su formato original en archivo aparte. Al pie de los cuadros se anota la fuente.

#### 10. Forma de entrega

Los trabajos se envían o entregan en original impreso, en procesador de textos Word, gráficas y tablas en el procesador Excel, en la Dirección de Vinculación/Coordinación Editorial de la UT de Nayarit, Carretera Federal 200 km. 9 tramo Xalisco- Compostela, C.P. 63180 Xalisco, Nayarit. También podrá enviarse el archivo por correo electrónico: universodelatecnologica@utnay.edu.mx. El artículo se considera admitido para evaluación una vez que el autor reciba la confirmación del mismo. Mayor información comunicarse al tel. 01 311 211 98 00 ext. 1309.



## Servicios al Sector Productivo

**CEDPAI**

LABORATORIO DE ALIMENTOS

**GASTRONOMÍA**

SERVICIO DE ALIMENTOS

**CUDAEM**

LABORATORIO DE MEDIOS

**EMPRESARIAL**

POLIFORUM, AUDITORIOS Y AULAS DE TRABAJO



**Tel. (311) 211 98 00**  
ext. 3000, 3001, 3005

# Bienvenidos a Casa

3,500 **Estudiantes**

216 **Maestros**

125 **Administrativos**



*Con la verde bien puesta...*