

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

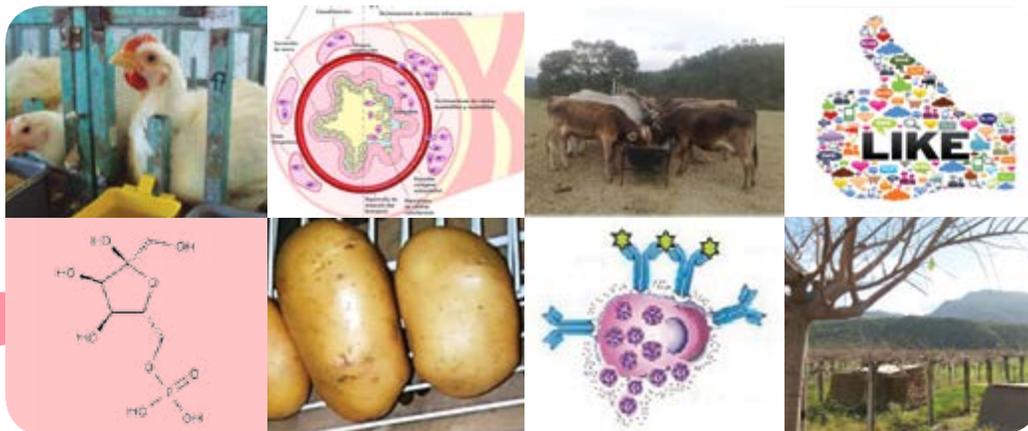
DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

CIENCIAS AGROPECUARIAS, CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS, CIENCIAS DE LA SALUD,
INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS, CIENCIAS ECONÓMICAS, CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

AÑO 23
MAYO-AGOSTO 2015

65

EDICIÓN CUATRIMESTRAL
ISSN: 1665-4412



▲ Aceite de orégano sobre la calidad de pechuga de pollos de engorda

▲ Análisis técnico económico de sistemas de bovinos doble propósito en Tejupilco, Estado de México, en la época de secas

▲ Estudio preliminar sobre las propiedades numéricas de una discretización de la ecuación hiperbólica de Burgers-Fisher

▲ Relación entre el índice de masa corporal, el porcentaje de grasa y la circunferencia de cintura en universitarios

▲ Evaluación de un recubrimiento comestible a base de agar y ácido cítrico

▲ Validez y confiabilidad de un instrumento de medición de la competitividad de las pequeñas y medianas vitivinícolas de la Ruta del Vino del Valle de Guadalupe, Baja California, México

▲ Identificación de los sectores clave de la economía mexicana

▲ Tipología de usuarios de redes sociales en México: ¿creadores o espectadores?

▲ Asma alérgica: mecanismos inmunológicos, fisiopatología y tratamientos actuales

▲ Importancia de las levaduras no-*Saccharomyces* durante la fermentación de bebidas alcohólicas

▲ Luis Villoro Toranzo. *In memoriam*

▲ Renovación urbana y centralidad en Aguascalientes: el papel de la ciudad histórica en el marco de la expansión de la ciudad. Reseña



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

Dirección General de Investigación y Posgrado
Departamento de Apoyo a la Investigación

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES, año 23, núm. 65, periodo mayo-agosto 2015, es una publicación periódica, cuatrimestral, multidisciplinaria, editada y distribuida por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., Tel./Fax. 449 9 10 74 42, www.uaa.mx/investigacion/revista, revistaiyc@correo.uaa.mx. Editor responsable: Guadalupe Ruiz Cuéllar. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2002-042412342500-102, ISSN: 1665-4412. Número de Certificado de Licitud de Título: 12284, Número de Certificado de Licitud de Contenido: 8497, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Registro Postal en SEPOMEX No. PP01-0003. Diseñada e impresa en el Departamento de Procesos Gráficos de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags. Este número se terminó de imprimir el 31 de agosto de 2015 con un tiraje de 1,000 ejemplares.

Los artículos firmados son responsabilidad de su autor y no reflejan necesariamente el criterio de la institución, a menos que se especifique lo contrario.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Precio por ejemplar \$60.00 (pesos). Costo por suscripción anual \$160.00 (pesos).

La revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes está citada en los siguientes índices:

ÍNDICES:

Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica del CONACYT,

<http://www.conacyt.gob.mx>

Índice Internacional, "Actualidad Iberoamericana" ISSN 0717-3636. Centro de Información Tecnológica-CII, La Serrana, Chile, <http://www.citchile.cl>

IRESE (Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa), <http://iresie.unam.mx>

LATINDEX (Sistema Regional de Información en línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal), <http://www.latindex.org>

PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias), <http://www.dgb.unam.mx/periodica.html>

REDALYC (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal),

<http://www.redalyc.org>

BASES DE DATOS:

DIALNET (Hemeroteca de artículos científicos hispanos en internet), <http://dialnet.uniroja.es>

DOAJ (Directory of Open Access Journals), <http://www.doaj.org>

BIBLAT (Bibliografía Latinoamericana en revistas de investigación científica y social), <http://biblat.unam.mx/es/>

ULRICH'S Periodicals Directory, <http://ulrichsweb.serialssolutions.com>

INFORME ACADÉMICO, www.gale-la.com/galeiberoweb/products/db/informe-academico.php



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

FOTOGRAFÍAS DE PORTADA:

- Alojamiento de los pollos. • Esquema de los mecanismos inmunológicos. • Alimentación de bovinos doble propósito en la época de secas. • La búsqueda de seguidores en las redes sociales. • Fermentación alcohólica. • Papa fresca (*Solanum tuberosum*).
- Esquema de los mecanismos inmunológicos. • Viñedos de la Ruta del Vino del Valle de Guadalupe.

DIRECTORIO

M. en Admón. Mario Andrade Cervantes
Rector

Dr. en C. Francisco Javier Avelar González
Secretario General

Dra. Guadalupe Ruiz Cuéllar
Directora General de Investigación y Posgrado

M. en C. Gabriel Ernesto Pallás Guzmán
Decano del Centro de Ciencias Agropecuarias

M. en C. José de Jesús Ruiz Gallegos
Decano del Centro de Ciencias Básicas

M. en C. Luis Enrique Arámbula Miranda
Decano del Centro de Ciencias de la Ingeniería

Dr. Raúl Franco Díaz de León
Decano del Centro de Ciencias de la Salud

Dr. Mario Eduardo Zermeño de León
Decano del Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción

Dra. Sandra Yesenia Pinzón Castro
Decana del Centro de Ciencias Económicas y Administrativas

M.I. José Jorge Saavedra González
Decano del Centro de Ciencias Empresariales

Dr. Daniel Eudave Muñoz
Decano del Centro de Ciencias Sociales y Humanidades

M. en RSM. José Luis García Ruvalcaba
Decano del Centro de las Artes y la Cultura

CONSEJO EDITORIAL

- Dr. Francisco Cervantes Pérez
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
- Dr. Alfredo Feria Velasco
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
- Dr. Luis Miguel García Segura
INSTITUTO CAJAL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
MADRID, ESPAÑA
- Dr. Frank Marcano Requena
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
- Dr. Javier de Felipe Oroquieta
INSTITUTO CAJAL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
MADRID, ESPAÑA
- Dr. Philippe Poujeol
UNIVERSIDAD DE NIZA-SOPHIA, ANTIPOLIS FRANCESA
LABORATORIO DE FISIOLÓGIA CELULAR Y MOLECULAR
- Dr. José Luis Reyes Sánchez
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
DEPTO. DE FISIOLÓGIA, BIOFÍSICA Y NEUROCIENCIAS

COMITÉ EDITORIAL

- Dr. Jaime Raúl Bonilla Barbosa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
- Dr. Juan Carlos A. Jáuregui Correa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
- Dra. Edith R. Jiménez Huerta
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS REGIONALES-INESER
- Dra. María J. Rodríguez-Shadow
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA
DIRECCIÓN DE ETNOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA SOCIAL
- Dr. Óscar Alejandro Viramontes Olivas
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOCIAL Y ADMINISTRATIVO
Y SUSTENTABLE
- Dra. Mineko Shibayama
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN
DEPARTAMENTO DE INFECTÓMICA Y PATOGÉNESIS MOLECULAR
- Dra. Guadalupe Ruiz Cuéllar
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
Editor
- Lic. Sandra Margarita Ruiz Guerra
Asistente
- Lic. Mónica Ávalos Valladares
Corrector de estilo
- Mtra. Pia María White
Corrector de estilo idioma Inglés
- DEPARTAMENTO DE PROCESOS GRÁFICOS
Armado e impresión

CONTENIDO

INVESTIGACIÓN

Pág.

CIENCIAS AGROPECUARIAS

- **Aceite de orégano sobre la calidad de pechuga de pollos de engorda** 5-12
Oregano oil on the quality of broiler breast

Gerardo Méndez Zamora
José Arturo García Macías
Eduardo Santellano Estrada
Lorenzo Antonio Durán Meléndez
Ramón Silva Vázquez

- **Análisis técnico económico de sistemas de bovinos doble propósito en Tejupilco, Estado de México, en la época de secas** 13-19
Economic and technical analysis of dual-purpose cattle systems in Tejupilco, State of Mexico, in the dry season

Sergio Puebla Albiter
Samuel Rebollos Rebollos
Benito Albarrán Portillo
Anastacio García Martínez
Carlos Manuel Arriaga Jordán

CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

- **Estudio preliminar sobre las propiedades numéricas de una discretización de la ecuación hiperbólica de Burgers-Fisher** 20-25
Preliminary investigation on the numerical properties of a discretization of the hyperbolic Burgers-Fisher equation

Jorge Eduardo Macías Díaz
Jonathan Batres Romo

CIENCIAS DE LA SALUD

- **Relación entre el índice de masa corporal, el porcentaje de grasa y la circunferencia de cintura en universitarios** 26-32
Relationship between body mass index, body fat percentage and waist circumference in university students

Judith Martín del Campo Cervantes
Lorena González González
Alicia Gámez Rosales

INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS

- **Evaluación de un recubrimiento comestible a base de agar y ácido cítrico** 33-39
Edible coating evaluation based on agar and citric acid

Jorge Nemesio Mercado Ruiz
Tomás Jesús Madera Santana
Juan Yocupicio Yevismea

CONTENIDO

CIENCIAS ECONÓMICAS, SOCIALES Y HUMANIDADES

- **Validez y confiabilidad de un instrumento de medición de la competitividad de las pequeñas y medianas vitivinícolas de la Ruta del Vino del Valle de Guadalupe, Baja California, México** 40-47
Validity and reliability of an instrument for measuring the competitiveness of small and medium wineries from the Wine Route of Valle de Guadalupe, Baja California, Mexico
Lino Meraz Ruiz
Sonia Elizabeth Maldonado Radillo
- **Identificación de los sectores clave de la economía mexicana** 48-58
Identifying key sectors in Mexican economy
Carlos Obed Figueroa Ortiz
- **Tipología de usuarios de redes sociales en México: ¿creadores o espectadores?** 59-65
Typology of social network users in Mexico: creators or spectators?
José Ignacio Azuela Flores
Isabel Baltazar Romero
Karla Paola Jiménez Almaguer
Magda Lizet Ochoa Hernández
Nadia Huitzilín Jiménez Torres

REVISIÓN CIENTÍFICA

- **Asma alérgica: mecanismos inmunológicos, fisiopatología y tratamientos actuales** 66-72
Allergic asthma: immunological mechanisms, pathophysiology and current treatments
Nuria Renata Roldán Bretón
Mariela Jiménez Vargas
Eva Salinas Miralles
- **Importancia de las levaduras no-*Saccharomyces* durante la fermentación de bebidas alcohólicas** 73-79
Non-*Saccharomyces* yeast importance during fermentation of alcoholic beverages
Aarón Casas Acevedo
Cristóbal Noé Aguilar González
Heliodoro De la Garza Toledo
Jesús Antonio Morlett Chávez
Didier Montet
Raúl Rodríguez Herrera

OBITUARIO

- **Luis Villoro Toranzo. *In memoriam*** 80-81
Enrique Rodríguez Varela

RESEÑA

- **Renovación urbana y centralidad en Aguascalientes: el papel de la ciudad histórica en el marco de la expansión de la ciudad** 82-83
Juan José Orozco López

Aceite de orégano sobre la calidad de pechuga de pollos de engorda

Oregano oil on the quality of broiler breast



Gerardo Méndez Zamora¹, José Arturo García Macías¹,
Eduardo Santellano Estrada¹, Lorenzo Antonio Durán Meléndez¹,
Ramón Silva Vázquez¹

Méndez Zamora, G., García Macías, J. A., Santellano Estrada, E., Durán Meléndez, L. A., Silva Vázquez R. Aceite de orégano sobre la calidad de pechuga de pollos de engorda. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 65: 5-12, mayo-agosto 2015.

RESUMEN

El aceite esencial de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) en dietas para pollo de engorda fue evaluado sobre la calidad de su pechuga. Se distribuyeron 162 pollos de 1 día (d) de edad (Ross) en nueve tratamientos (dietas), representados por la combinación de OC (60% carvacrol) y OT (40% timol); cada aceite consistió de una concentración de 0, 400 y 800 mg/kg. Los tratamientos (OC + OT) fueron: T1 0 + 0, T2 400 + 0, T3 800 + 0, T4 0 + 400, T5 400 + 400, T6 800 + 400, T7 0 + 800, T8 400 + 800, y T9 800 + 800. La calidad de la pechuga fue afectada ($P < 0.05$) por los aceites de orégano. T7 disminuyó pH y aumentó retención de agua, T3 redujo conductividad eléctrica. T9 incrementó luminosidad y tendencia al color amarillo. T6 incrementó humedad y disminuyó ceniza, T3 aumentó proteína y T8 aumentó grasa. El aceite esencial de orégano en 400 y 800 mg/kg (T3, T4, T7 y T8) mejora las propiedades fisicoquímicas de la pechuga de pollo.

Palabras clave: esencial, carne, carvacrol, timol, color, análisis proximal.

Keywords: essential, meat, carvacrol, thymol, color, proximate analysis.

Recibido: 14 de febrero de 2014, aceptado: 29 de enero de 2015

¹ Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.

* Autor para correspondencia: mezage@hotmail.com

ABSTRACT

Oregano essential oil (*Lippia berlandieri* Schauer) in diets to broilers was evaluated on breast quality. 162 one-day-old Ross broilers were distributed in nine treatments (diets), represented by the combination of OC (carvacrol 60%) and OT (40% thymol); each essential oil consisted of 0, 400 and 800 mg/kg. Treatments (OC + OT) were: T1 0 + 0, T2 400 + 0, T3 800 + 0, T4 0 + 400, T5 400 + 400, T6 800 + 400, T7 0 + 800, T8 400 + 800, and T9 800 + 800. The quality of chicken breast was affected ($P < 0.05$) by the oil of oregano. T7 decreased pH and increased water retention, T3 reduced the electrical conductivity. T9 increased brightness and tendency to yellow. T6 improved humidity and decreased ashes; T3 increased protein and T8 increased fat. The essential oil of oregano in 400 and 800 mg/kg (T3, T4, T7 and T8) improves the physical and chemical proximal properties of chicken breast.

INTRODUCCIÓN

Los antibióticos son usados en la alimentación de aves como promotores de crecimiento y control de enfermedades; no obstante, su uso ha provocado resistencia de las bacterias y su posible presencia en la carne. Así, los actuales estudios investigan compuestos naturales para sustituir a los antibióticos. Como resultado, el aceite esencial de orégano (AEO) ha recibido mucha atención por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes que pueden ofrecer beneficios higiénicos y tecnológicos en la producción animal.

El AEO es una sustancia fenólica liposoluble obtenida por procesos de destilación de las hojas de orégano. Contiene carvacrol, timol y sus precursores α -terpineno y p-cipeno principalmente, y ha sido investigado como promotor de crecimiento en la producción de los pollos (Symeon et al., 2009; Hong et al., 2012; Cho et al., 2014). Sin embargo, la función del AEO en el comportamiento productivo del pollo de engorda o de los animales es un tema en discusión con variadas controversias, y más su efecto en los tejidos animales (Luna et al., 2010).

El AEO es incorporado como aditivo o suplemento alimenticio en las dietas de pollos (Kirkpinar et al., 2011; Cho et al., 2014; Starčević et al., 2014), y además ha sido considerado una estrategia simple y conveniente en la producción animal (Luna et al., 2010). También se pretende que la calidad de los alimentos producidos, en este caso la carne de pollo, no disminuya o afecte. Young et al. (2003) y Symeon et al. (2009) mostraron que los AEO incorporados a la dieta de pollo de engorda influyen sobre las características de su carne.

Estudios realizados por Hong et al. (2012), Eleroğlu et al. (2013), Kirkpinar et al. (2014) y Starčević et al. (2014), demostraron que la inclusión del AEO tuvo beneficios en términos de calidad de la misma. No obstante, aunque el suplemento de los aceites esenciales en pollos de engorda para mejorar la calidad de su carne ha sido estudiado, a la fecha se tienen pocas investigaciones acerca del efecto que produce el aceite de orégano (*L. berlandieri* Schauer) sobre la calidad de la carne en pollo de engorda.

Debido a la importancia fitobiótica del aceite esencial de orégano, la presente investigación tuvo como objetivo averiguar el efecto de la inclusión del aceite de orégano (*L. berlandieri* Schauer) en la dieta suministrada a pollos de engorda sobre los parámetros de calidad de la pechuga.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en Chihuahua, México. Esta ciudad está localizada entre los paralelos 28° 38' N y 106° 04' O a una altitud de 1,440 m.s.n.m., con temperatura media de 10 °C a 20 °C y precipitación de 200 mm a 600 mm, su clima es seco templado (INEGI, 2013).

El periodo de engorda fue efectuado en la Sala Metabólica de Aves, mientras que el proceso de sacrificio y obtención de la pechuga fueron hechos en el Taller de Carnes de la Facultad.

Experimento

Un total de 162 pollos de 1 d de edad (Ross 308) no sexados fueron distribuidos en jaulas (30 x 33 x 44 cm) completamente al azar con un arreglo de nueve tratamientos (dietas); estos estuvieron representados por la combinación de OC (aceite de orégano 60% carvacrol) y OT (aceite de orégano 40% timol); cada aceite esencial consistió en 0, 400 y 800 mg/kg incorporados con base en el peso de la dieta y mezclados con el aceite vegetal de las dietas para incorporarlos en las raciones.

Los tratamientos (OC + OT, mg/kg) fueron: T1 0 + 0, T2 400 + 0, T3 800 + 0, T4 0 + 400, T5 400 + 400, T6 800 + 400, T7 0 + 800, T8 400 + 800, y T9 800 + 800. Cada tratamiento estuvo integrado por 18 pollos distribuidos en nueve jaulas (repeticiones) con dos pollos por jaula. El AEO (Tabla 1) fue adquirido en la empresa Natural Solutions S.M.I. (Cd. Jiménez, Chihuahua, México). La dieta fue una formulación isonenergética e isoproteica para pollos de engorda (NRC, 1994), y consistió en una dieta inicial de 21 d, y otra de finalización en 18 d (Tabla 2). Así, el periodo de engorda tuvo una duración de 39 d.

Tabla 1. Principales componentes del aceite esencial de orégano (*L. berlandieri* Schauer)

Componentes ¹	Concentración (%) ²	
	OC	OT
Carvacrol	60.02	20.06
Timol	3.96	40.08
Cineol 1,8	23.63	15.31
P-cimeno	9.57	16.03
Gamma-terpineno	0.11	4.72
Otros	2.71	3.80

¹ Componentes analizados por cromatografía de gases (Clarus 600 y Clarus SQ8; PerkinElmer®). ²OC: aceite de orégano-carvacrol, OT: aceite de orégano timol.

Proceso de sacrificio

El alimento de los pollos fue retirado 12 h antes del sacrificio, este se llevó a cabo de acuerdo al método descrito por Symeon et al. (2009) y la NOM-033-ZOO-1995 a los 39 d; el sacrificio fue

Tabla 2. Ingredientes de la dieta experimental para pollos de engorda

Ingrediente (g/kg) ¹	Dieta ²	
	Iniciación (1-21 d)	Finalización (22-39 d)
Maíz	46.72	55.64
Soya	39.22	31.29
Gluten de Maíz	5.33	4.44
Premezcla vitaminas y minerales	1.17	1.33
Carbonato de calcio	1.44	2.14
Fosfato di-cálcico	2.13	2.22
Sal	0.61	0.64
Metionina sintética	0.19	0.08
Aceite vegetal	3.20	2.22

¹Ingredientes incorporados por kg de dieta experimental.

²Las dietas fueron formuladas de acuerdo a los requerimientos nutricionales para pollo de engorda sugeridos por NRC (1994).

efectuado por separado para cada tratamiento. Los pollos fueron llevados a la unidad de sacrificio de aves, colocados en los ganchos de sacrificio, se insensibilizaron eléctricamente (120 V/50 Hz por 5 s), se les hizo un degüello de la yugular a nivel del cuello y se desangraron por 3 min.

Los animales se pasaron por el escaldado (60 ± 1.0 °C por 2 min) y por un desplumador (2 min); al instante, cabeza y patas fueron separadas, el eviscerado fue realizado manualmente y las canales fueron lavadas. Enseguida, estas fueron colocadas en una tina de enfriamiento (hielo-agua; 4.0 ± 1.0 °C, 20 min), y escurridas por 10 min, colocadas individualmente en bolsas de polipropileno estériles, y almacenadas en un refrigerador no iluminado a 4 ± 1.0 °C por 24 h. Después de esto, las pechugas (*pectoralis major*) fueron separadas y se seleccionaron al azar 10 de cada tratamiento (90 pechugas) para su análisis fisicoquímico.

pH

En las pechugas el pH fue determinado directamente por triplicado con un potenciómetro de punción (modelo MA 01915, Orion 3 star ThermoFisher Scientific, USA), 24 h postsacrificio.

Conductividad eléctrica (CE)

La CE fue medida por triplicado de acuerdo a la técnica descrita por Sarang et al. (2008), 24 h post-sacrificio, mediante una sonda Pork Quality Meter C1 (CLASSPRO GMBH, Aichach, Germany) con dos electrodos separados a 15 mm que determina la permeabilidad de las membranas celulares y la distribución de los electrolitos en la muestra; los electrodos fueron introducidos directamente en la pechuga por 5 s, donde transductores de tensión y corriente determinaron el voltaje de la corriente que fluyó entre ellos en los músculos de la pechuga; las mediciones fueron expresadas en microSiemens (μ S).

Capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA de cada pechuga fue medida por triplicado de acuerdo a la técnica descrita por Tsai y Ockerman (1981), aproximadamente 0.3 g de pechuga fueron colocados entre dos papeles filtro y entre dos placas plexiglás de acrílico (12 x 12 cm), se les aplicó una fuerza de 4.0 kg durante 20 min. Debido a esto, los líquidos liberados fueron impregnados en el papel, considerados como agua libre del músculo. Para el cálculo de la CRA se utilizó la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \% \text{ de agua libre} &= pi - p_{\text{fpi}} \times 100 \\ \text{CRA} &= 100 - \% \text{ de agua libre} \end{aligned}$$

Donde pi fue el peso inicial (0.3 g) y pf el peso final de la muestra.

Color

Se determinó por triplicado sobre la superficie externa del músculo *pectoralis major*, con un colorímetro Minolta Chroma Meter 2002 (CR-400/410, Konica Minolta Holdings, Inc., Tokyo, Japón), con base en el sistema CIE Lab; L* representó luminosidad, a* tendencia al rojo y b* tendencia al amarillo.

Análisis químico proximal

La composición química proximal de la pechuga fue realizada 24 h post mortem por triplicado de acuerdo al método descrito por la AOAC (1998); la humedad fue medida por pérdida de peso después de 12 h de secado a 100 °C en una estufa con aire forzado (método 950.46); las proteínas fueron determinadas por el método Kjeldahl (método de Kjeldahl 992.15); el contenido de grasa fue medido por el método Soxhlet de extracción con solvente (método 985.15) y las cenizas después de exponer al músculo durante 4 h a 400 °C en una mufla (método 920.153).

Tabla 3. Efecto de la administración del aceite esencial de orégano sobre el pH, conductividad eléctrica y capacidad de retención de agua de la pechuga de pollo

Tratamientos ¹	Variables ²		
	pH	CE (μS)	CRA (%)
T1	6.02 ± 0.04 ^a	11.72 ± 0.31 ^a	57.43 ± 0.82 ^a
T2	6.00 ± 0.04 ^a	10.28 ± 0.31 ^b	55.46 ± 0.82 ^b
T3	5.91 ± 0.04 ^a	10.00 ± 0.31 ^b	55.97 ± 0.82 ^b
T4	6.01 ± 0.04 ^a	11.42 ± 0.31 ^a	58.17 ± 0.82 ^a
T5	5.84 ± 0.04 ^b	10.44 ± 0.31 ^b	57.03 ± 0.82 ^a
T6	5.96 ± 0.04 ^a	10.55 ± 0.31 ^{ab}	58.43 ± 0.82 ^a
T7	5.73 ± 0.04 ^b	10.18 ± 0.31 ^b	58.53 ± 0.82 ^a
T8	5.97 ± 0.04 ^a	10.20 ± 0.31 ^b	58.17 ± 0.82 ^a
T9	5.92 ± 0.04 ^a	11.26 ± 0.31 ^a	56.48 ± 0.82 ^b

¹ Niveles (mg/kg) de aceite de orégano mexicano OC (60% carvacrol) + OT (40% timol): T1 0 + 0, T2 400 + 0, T3 800 + 0, T4 0 + 400, T5 400 + 400, T6 800 + 400, T7 0 + 800, T8 400 + 800, T9 800 + 800. ² pH: potencial de hidrógeno, CE: conductividad eléctrica en microSiemens (μS), CRA: capacidad de retención de agua, a-b Medias (± error estándar) en la misma columna con literales diferentes son significativas ($P < 0.05$; $n = 10$).

Análisis estadístico

Las variables de la calidad de la pechuga fueron analizadas usando el procedimiento *General Linear Model* (GLM; SAS, 2002) con el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

donde: y_{ij} = variables respuesta; μ = media general; T_i = efecto del i -ésimo tratamiento formado por la combinación de OC + OT; ε_{ij} = error aleatorio distribuido en forma normal con media cero y varianza σ^2 [$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$]. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y medias de rango múltiple por la prueba Tukey a una $P \leq 0.05$.

RESULTADOS

pH

El efecto de la adición de los AEO en la dieta de los pollos sobre el pH de la pechuga es mostrado en la Tabla 3; el pH fue influenciado por OC y OT ($P < 0.05$); T5 (400 + 400) y T7 (800 OT) disminuyeron el pH, mientras que T1 tuvo el pH más alto sin ser diferente estadísticamente del resto de los tratamientos. En general, 400 mg/kg tanto de OC como de OT (T2 y T4) tendieron a incrementar el potencial de hidrógeno en la pechuga, y concentraciones altas de timol (800 mg/kg) redujeron el pH.

Conductividad eléctrica (CE)

La inclusión del aceite esencial de orégano en las dietas tuvo efecto sobre la CE en la pechuga ($P < 0.05$); la Tabla 3 presenta estos resultados. T3 y T7 presentaron los valores más bajos de la CE (800 mg/kg de carvacrol y timol); no obstante, T1 (sin aceite de orégano), T4 (400 mg/kg OT) y T9 (800+800) tuvieron la CE más alta. Principalmente, los niveles de OT (400 y 800 mg/kg) aumentaron la conductividad eléctrica de la pechuga de pollo.

Capacidad de retención de agua (CRA)

El aceite de orégano mexicano adicionado en las dietas afectó ($P < 0.05$) la retención de agua en la pechuga del pollo. La Tabla 3 presenta la fluctuación de esta variable. T7 (800 mg/kg timol) tuvo la máxima CRA, así como T4, T6 y T8 (> 58%); por el contrario, T9 (800 mg/kg de OC y OT) presentó la CRA más baja, seguido de T2 y T3 (400 y 800 mg/kg carvacrol).

Color

La Tabla 4 muestra los valores obtenidos en el color de la pechuga de pollo en función de los AEO adicionados en la dieta. El AEO tuvo efecto ($P < 0.05$) sobre L^* ; en general, T6 (800 + 400) y T9 (800 OC + 800 OT) incrementaron la luminosidad de la pechuga, donde T9 presentó el valor más alto y T4 (400 mg/kg de OT) presentó la L^* más baja, sin diferir estadísticamente de T1, T3, T5 y T8. Por otra parte, a^* no fue afectada ($P > 0.05$) por la incorporación de OC y OT en la dieta; no obstante, el nivel más alto de timol y carvacrol

Tabla 4. Efecto del aceite esencial de orégano suplementario sobre los parámetros de color de la pechuga de pollo

Tratamientos ¹	Variables ²		
	L*	a*	b*
T1	54.13 ± 0.85 ^b	2.26 ± 0.38	5.15 ± 0.42 ^{ab}
T2	58.07 ± 0.85 ^a	2.81 ± 0.38	6.45 ± 0.42 ^a
T3	54.87 ± 0.85 ^b	3.09 ± 0.38	5.43 ± 0.42 ^b
T4	53.94 ± 0.85 ^b	2.81 ± 0.38	4.01 ± 0.42 ^b
T5	55.16 ± 0.85 ^b	2.67 ± 0.38	5.22 ± 0.42 ^b
T6	59.25 ± 0.85 ^a	2.74 ± 0.38	5.52 ± 0.42 ^b
T7	56.34 ± 0.85 ^a	2.88 ± 0.38	6.14 ± 0.42 ^a
T8	55.71 ± 0.85 ^b	1.82 ± 0.38	5.41 ± 0.42 ^b
T9	60.25 ± 0.85 ^a	3.01 ± 0.38	6.63 ± 0.42 ^a

¹ Niveles (mg/kg) de aceite de orégano mexicano OC (60% carvacrol)+OT (40% timol): T1 0 + 0, T2 400+0, T3 800 + 0, T4 0 + 400, T5 400 + 400, T6 800 + 400, T7 0 + 800, T8 400 + 800, T9 800 + 800. ² L*: luminosidad, a*: tendencia al color rojo, b*: tendencia al color amarillo, a-b Medias (± error estándar) en la misma columna con literales diferentes son significativas (P<0.05; n= 10).

Tabla 5. Efecto de la administración del carvacrol y timol sobre el análisis químico proximal de la pechuga de pollo

Tratamientos ¹	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)
T1	75.11 ± 0.29 ^{ab}	20.88 ± 0.30 ^{ab}	0.85 ± 0.09 ^b	5.29 ± 0.13 ^a
T2	74.96 ± 0.29 ^b	20.30 ± 0.30 ^b	0.98 ± 0.09 ^{ab}	4.79 ± 0.13 ^b
T3	75.19 ± 0.29 ^{ab}	21.45 ± 0.30 ^a	0.98 ± 0.09 ^{ab}	4.72 ± 0.13 ^b
T4	75.25 ± 0.29 ^a	21.28 ± 0.30 ^a	0.95 ± 0.09 ^b	4.53 ± 0.13 ^b
T5	74.60 ± 0.29 ^b	20.60 ± 0.30 ^{ab}	0.84 ± 0.09 ^b	4.92 ± 0.13 ^a
T6	75.66 ± 0.29 ^a	21.04 ± 0.30 ^a	1.16 ± 0.09 ^a	4.44 ± 0.13 ^b
T7	75.22 ± 0.29 ^a	20.05 ± 0.30 ^b	1.21 ± 0.09 ^a	4.88 ± 0.13 ^{ab}
T8	74.80 ± 0.29 ^b	20.49 ± 0.30 ^{ab}	1.58 ± 0.09 ^a	4.76 ± 0.13 ^b
T9	75.22 ± 0.29 ^a	21.05 ± 0.30 ^a	0.87 ± 0.09 ^b	4.55 ± 0.13 ^b

¹ Niveles (mg/kg) de aceite de orégano mexicano OC (60% carvacrol) + OT (40% timol): T1 0 + 0, T2 400 + 0, T3 800 + 0, T4 0 + 400, T5 400 + 400, T6 800 + 400, T7 0 + 800, T8 400 + 800, T9 800 + 800; a-b Medias (± error estándar) en la misma columna con literales diferentes son significativas (P<0.05; n= 10).

(T9) tendió a incrementar la tendencia al color rojo. Respecto a b*, esta fue influenciada (p<0.05) por los niveles AEO; T9 (800 + 800) aumentó b*, así como T7 (0 + 800) y T2 (400 + 0); por otra parte, T4 (0 + 400) presentó el valor más bajo de b*.

Análisis químico proximal

La influencia del aceite esencial de orégano sobre la composición de la carne está presentada en la Tabla 5. La adición del AEO en la dieta afectó el contenido químico proximal de la pechuga. La humedad fue incrementada (P<0.05) por T6 y T9, donde T6 (800 + 400 mg/kg) produjo la mayor humedad y T5 (400 + 400) presentó la humedad más baja, sin que difiriera de T2 y T8. Similarmente, la proteína resultó ser más

alta con T3 y más baja con T7 (800 mg/kg OT). También T4, T6 y T9 incrementaron proteína mientras que T2 y T5 disminuyeron el contenido proteico.

Por otro lado, los AEO fueron significativos (P<0.05) sobre el contenido graso, donde T7 y T8 presentaron los contenidos más altos; mientras que el resto de los tratamientos disminuyeron la grasa, en donde fueron T1 (control) y T5; (400 mg/kg de OC y OT) los tratamientos con los contenidos de grasa más bajos. Finalmente, en cenizas T1 presentó el contenido más alto, sin diferir de T5; mientras que los otros tratamientos redujeron esta variable, en donde T4, T6 y T9 fueron los valores más bajos.



Figura 1. Alojamiento de los pollos 0-800 ppm (OC-OT). OC: aceite de orégano 60% Carvacrol, OT: aceite de orégano 40% Timol, ppm= partes por millón. Fotografía de Gerardo Méndez.

DISCUSIÓN

Existen pocos estudios acerca del efecto de la adición de los AEO a la dieta sobre la calidad de la carne de la pechuga de pollo. Sin embargo, en este estudio, los AEO suplementados afectaron las características fisicoquímicas de la misma. Los valores de pH obtenidos en esta investigación fueron contrarios a los estudios realizados por Symeon et al. (2009) y Kirkpınar et al. (2014), quienes no encontraron efecto sobre el pH cuando evaluaron 300, 100 y 250 mg/kg de AEO; no obstante, el pH de T3, T5 y T9 de este estudio coincide con los obtenidos por estos autores (5.8 y 5.93, respectivamente). En adición, Roofchae et al. (2011) reportaron que el timol actúa como donador de hidrógeno debido a la presencia de grupos fenólicos OH en su estructura; esto podría explicar la reducción de pH en la pechuga por los AEO evaluados en la presente investigación.

Es importante considerar que el posible sinergismo entre OC y OT podría equilibrar la distribución de cargas en la carne de la pechuga del pollo y, por tanto, presentar una variación en los resultados obtenidos.

No hay investigaciones que hayan reportado CE en la pechuga de pollo. De acuerdo con Lee et al. (2000), la CE tiene mayor variación que el pH en la carne y cuando el pH disminuye la conductividad incrementa; en este estudio, los resultados no presentaron este comportamiento, pero sí fueron variantes; esta variación puede deberse a la acción del AEO.

Por ejemplo, Luna et al. (2010) indicaron que el timol y el carvacrol proveen evidencia indirecta de que podrían ser absorbidos y entrar en sistema circulatorio después de la ingesta y posiblemente ser depositado en los tejidos.

En relación con esto, Sarang et al. (2008) indicaron que la pechuga magra presenta mayor capacidad de conductividad y Hashemi y Davoodi (2010) mencionan que los fitogénicos tienen metabolitos secundarios con más de 100,000 compuestos que están presentes en los aceites esenciales y pueden influir en procesos nutricionales o funcionales de quien los consume. De acuerdo con los resultados de la CE en esta investigación, niveles de 800 mg/kg de OC con OT podrían reducir el pH pero mantener la CE.

Por su parte, la CRA es influenciada por el tipo de músculo, las condiciones pre y post *rigor*, el pH, y tipo de proteína (Fletcher, 2002). En este estudio, el AEO influenció el pH y la CRA de la pechuga del pollo fue mejorada principalmente por el timol (T7) y los niveles más altos de timol y carvacrol (800 mg/kg). Por el contrario, Eleroğlu et al. (2013) no obtuvieron efecto cuando evaluaron 10 g/kg de hojas de *Origanum vulgare*. Por su parte, Hong et al. (2012) obtuvieron efecto por el aceite esencial en CRA; no obstante, indicaron que el pH final bajo puede resultar en una disminución de la CRA. En esta investigación no ocurrió esta relación, esto puede deberse a que el pH obtenido no se aproximó al pH del punto isoeléctrico de la proteína miosina (5.4), que produce una retracción de las fibrillas y una reducción en la CRA (López et al., 2011). En relación, Kim et al. (2009) mencionaron que la CRA puede depender de factores intrínsecos y extrínsecos o sus interacciones en la carne; en este caso, los componentes bioactivos adicionados en la dieta pueden mejorar la CRA en la pechuga del pollo.

Con respecto al color, Fletcher (2002) mencionó que el contenido de mioglobina, su estado químico y el pH contribuyen en el color de la carne de pollo. De esta manera, este estudio reveló que L^* fue incrementada cuando se evaluaron 400 (T2) y 800 (T7) mg/kg de timol y carvacrol, respectivamente. De modo similar, Kirkpınar et al. (2014) encontraron efecto cuando evaluaron 300 mg/kg de AEO en L^* (57.82 y 55.14), e indicaron que el efecto sobre la calidad de la carne puede ser influenciada por el nivel de inclusión de AEO en las dietas. Por otra parte, en otras investigaciones no encontraron efecto sobre esta variable

cuando administraron 100 y 250 (Symeon et al., 2009), 125 (Hong et al., 2012), 10 g/kg (Eleroğlu et al., 2013) y 250 mg/kg (Cho et al., 2014) de AEO; estos autores relacionaron sus resultados con la administración de extractos esenciales que indirectamente modifican el color de la carne. Esto podría explicar lo encontrado en este estudio, la incorporación de aceites esenciales lograron mantener una L^* similar al control (por ejemplo T3 y T5).

Por otro lado, en esta investigación no fue encontrado efecto de los aceites esenciales sobre a^* , resultados similares a otros autores (Young et al., 2003; Hong et al., 2012; Eleroğlu et al., 2013), contrario al efecto en a^* encontrado por Kirkpınar et al. (2014). La tendencia b^* en esta investigación fue incrementada por los AEO, resultados opuestos a Hong et al. (2012), Cho et al. (2014) y Kirkpınar et al. (2014); esto indica que concentraciones más altas de AEO pueden aumentar b^* . En concordancia, otras investigaciones encontraron aumentos de b^* cuando emplearon 100 (Young et al., 2003), 100 y 250 mg/kg de AEO (Symeon et al., 2009). Estos autores señalaron que un incremento en b^* es debido al contenido elevado de carotenoides en los AEO.

Escasos trabajos han reportado el efecto de AEO en las dietas sobre la composición de la carne de pollo. En el presente estudio se reporta que los AEO evaluados afectaron la composición química proximal de la pechuga de pollo. En principio, Lee et al. (2003) indicaron que los constituyentes de aceites esenciales pueden influir en la modificación de algunos componentes de los tejidos animales, inclusive que el carvacrol participa en esta alteración, aunque la función del AEO está en discusión. En este caso, es posible que los niveles elevados de OC incrementen la humedad y proteína (T6 y T9), mientras que 400 y 800 mg/kg de carvacrol y timol

augmenten el contenido graso y cenizas. Asimismo, Starčević et al. (2014) obtuvieron efecto en proteína por la inclusión de 200 mg/kg de timol en la dieta e indicaron que el contenido de energía en la ración y la ingesta de alimento influyen en el contenido graso en los tejidos del pollo, por lo que una mejora en la deposición de grasa puede deberse al uso del AEO. Así, el carvacrol y timol podrían mejorar la división celular en los tejidos del músculo de los pollos, por ejemplo, la modificación del tejido graso.

En otros estudios no encontraron efecto en la composición proximal de la pechuga de pollo (Hong et al., 2012; Eleroğlu et al., 2013; Kirkpınar et al., 2014) cuando estudiaron la inclusión del aceite esencial de orégano en las dietas de pollos de engorda. Sin embargo, estos autores señalaron que la administración del aceite esencial de orégano podría modificar la deposición de los nutrientes en la pechuga de pollo. De esta forma, un aspecto interesante puede ser el estudio del grado de disponibilidad de carvacrol y timol en los tejidos del pollo en beneficio de la salud humana.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación mostraron que la administración de aceite esencial de orégano en 400 mg/kg de timol (T4) mejora el potencial de hidrógeno, la conductividad eléctrica y la capacidad de retención de agua en la pechuga de pollo; T7 (800) y T4 mejoran los parámetros del color y humedad, respectivamente; 800 mg/kg de carvacrol (T3) mejora el contenido proteico, y la combinación 400 + 800 mg/kg carvacrol con timol (T8) incrementa la grasa en la pechuga de pollo. Finalmente, este trabajo indicó que el aceite de orégano puede ser una alternativa para mejorar la calidad de la carne.

LITERATURA CITADA

- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). USA: 16th ed. Washington, DC., 1998.
 - CHO, J. H. et al. Effects of phytogetic feed additive on growth performance, digestibility, blood metabolites, intestinal microbiota, meat color and relative organ weight after oral challenge with *Clostridium perfringens* in broilers. *Livestock Science*, 160(1): 82-88, 2014.
 - ELEROĞLU, H. et al. Comparison of meat quality and fatty acid profile in slow-growing chicken genotypes fed diets supplemented with *Origanum vulgare* or *Melissa officinalis* leaves under the organic system. *Italian Journal of Animal Science*, 12(3): 395-403, 2013.
 - FLETCHER, D. L. Poultry meat quality. *World's Poultry Science Journal*, 58(2): 131-145, 2002.
 - HASHEMI, S. R. y DAVOODI, H. Phyto-genics as new clase of feed additive in poultry industry. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(17): 2295-2304, 2010.
 - HONG, J. C. et al. Effects of supplemental essential oil on growth performance, lipid metabolites and immunity, intestinal characteristics, microbiota and carcass traits in broilers. *Livestock Science*, 144(3): 253-262, 2012.
 - KIM, Y. J. et al. Effect of dietary garlic bulb and husk on the physicochemical properties of chicken meat. *Poultry Science*, 88(2): 398-405, 2009.
 - KIRKPINAR, F. et al. Effects of dietary oregano and garlic essential oils on carcass characteristics, meat composition, colour, pH and sensory quality of broiler meat. *British Poultry Science*, 55(2): 157-166, 2014.
 - KIRKPINAR, F. et al. Effects of oregano and garlic essential oils on performance, carcass, organ and blood characteristics and intestinal microflora of broilers. *Livestock Science*, 137(1-3): 219-225, 2011.
 - LEE, K. W. et al. Dietary carvacrol lowers body weight gain but improves feed conversion in female broiler chickens. *The Journal Applied Poultry Research*, 12(4): 394-399, 2003.
 - LEE, S. et al. Use of electrical conductivity to predict water holding capacity in post-rigor pork. *Meat Science*, 55(4): 385-389, 2000.
 - LÓPEZ, K. P. et al. Broiler genetic strain and sex effects on meat characteristics. *Poultry Science*, 90(5): 1105-1111, 2011.
 - LUNA, A. et al. Effects of thymol and carvacrol feed supplementation on lipid oxidation in broiler meat. *Poultry Science*, 89(2): 366-370, 2010.
 - NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). *Nutritional Requirements of Poultry*. Washington D.C., USA, 1994.
 - ROOFCHAE, A. et al. Effect of dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil on growth performance, cecal microflora and serum antioxidant activity of broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, 10(32): 6177-6183, 2011.
 - SARANG, S. et al. Electrical conductivity of fruits and meats during ohmic heating. *Journal of Food Engineering*, 87(3): 351-356, 2008.
 - SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM). *Institute Inc SAS/STAT user's guide: Statics version 9*. Cary, North Carolina, USA, 2002.
 - SYMEON, G. K. et al. Effect of dietary oregano essential oil supplementation for an extensive fattening period on growth performance and breast meat quality of female medium-growing broilers. *Canadian Journal of Animal Science*, 89(3): 331-334, 2009.
 - TSAI, T. C. y OCKERMAN, H. W. Water binding measurement of meat. *Journal of Food Science*, 46(3): 697-701, 1981.
 - YOUNG, J. F. et al. Ascorbic acid, α -tocopherol, and oregano supplements reduce stress-induced deterioration of chicken meat quality. *Poultry Science*, 82(8): 1343-1351, 2003.
- De páginas electrónicas**
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). México en Cifras: Información Nacional por Entidad Federativa y Municipios 2012. Recuperado el 23 de octubre de 2013, de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=8>.
 - SAGARPA (SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. *Diario Oficial de la Federación*, 16 de julio de 1996. Recuperado el 22 de octubre de 2013, de <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultasAction.do>
 - STARČEVIĆ, K. et al. Production performance, meat composition and oxidative susceptibility in broiler chicken fed with different phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014, doi: 10.1002/jsfa.6805.

Análisis técnico económico de sistemas de bovinos doble propósito en Tejupilco, Estado de México, en la época de secas

Economic and technical analysis of dual-purpose cattle systems in Tejupilco, State of Mexico, in the dry season

Sergio Puebla Albiter¹, Samuel Rebollar Rebollar^{2*}, Benito Albarrán Portillo², Anastacio García Martínez², Carlos Manuel Arriaga Jordán³

Puebla Albiter, S., Rebollar Rebollar, S., Albarrán Portillo, B., García Martínez, A., Arriaga Jordán, C. M. Análisis técnico económico de sistemas de bovinos doble propósito en Tejupilco, Estado de México, en la época de secas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 65: 13-19, mayo-agosto 2015.

RESUMEN

El objetivo fue analizar técnica y económicamente el sistema de producción doble propósito en Tejupilco, Estado de México, en época de secas de 2012. La información provino de 30 UP (unidades de producción) seleccionadas por intención, considerando el umbral de rentabilidad con estadísticos descriptivos. La dimensión media fue 10 ha y 23 animales. La edad y escolaridad 56 ± 13 y 6.2 ± 3.1 años, con 33 ± 16 años en la actividad; instalaciones simples, funcionales, cercas perimetrales, comederos y bebederos. La reproducción fue con monta natural, sin registros productivos; alimentación de maíz molido-rastrajo, asignaciones menores de avena forrajera y complementación comercial. El 90% de las UP generan ingresos por venta de animales y pie de cría, 17% producen leche para elaborar y vender quesos artesanales. El costo de producción fue de \$2,553.2 por cabeza, 93.6% alimentación. El ingreso total \$6,762.7, ganancia \$4,209.5 y significó 62.2% del ingreso. El umbral de rentabilidad indicó producir y/o vender 1.3 animales. Se concluye que la actividad es

Palabras clave: producción de bovinos, estructura productiva, costos, rentabilidad, Tejupilco, Estado de México.

Keywords: cattle production, productive structure, costs, profitability, Tejupilco, State of Mexico.

Recibido: 22 de octubre de 2013, aceptado: 22 de agosto de 2014

¹ Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México.

² Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México.

³ Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México.

* Autor para correspondencia: srebollarr@uaemex.mx

viable, rentable y sostén económico importante de las UP.

ABSTRACT

The aim was to analyze the technical and economic production and dual purpose system in Tejupilco, State of Mexico, in the dry season of 2012. The information came from 30 UP selected by intention, considering to breakeven with descriptive statistics. The average size was 10 ha and 23 heads. Age and schooling 56 ± 13 and 6.2 ± 3.1 years, with 33 ± 16 years in the activity; simple installations, functional, perimeter fences, feeders and drinkers. The reproduction was with natural mating, no production records, feed-ground corn stover, forage oat small assignments and commercial complementation. UP 90% of the revenue generated by sale of heads and breeding stock, 17% occur in developing and selling milk cheeses. The cost was \$ 2,553.2 per head, 93.6% feeding. Total income \$ 6,762.7, \$ 4,209.5 and meaning a 62.2% income profit. The breakeven showed production and/or sell of 1.3 animals. We conclude that the activity is viable, profitable and important economic support of the UP.

INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de bovinos de doble propósito (DP) es el predominante en la región tropical húmeda de México (García et al., 2007). Cuenta con 2.4 millones de vacas que representan cerca de 60% del total que se dedican a la producción de leche en esa región (Román Ponce et al., 2013).

El sistema DP aporta 19.5% de leche y 40% de carne al total nacional. La producción promedio

diaria de leche por vaca es de 3 a 9 l, en una lactación que dura, aproximadamente, de 120 a 180 días y con parto cada 18 a 24 meses (Koppel et al., 2002; Fadul Pacheco et al., 2013).

Los sistemas DP son tradicionalistas, se adaptan a condiciones de familias dedicadas a la actividad, por bajos riesgos de cambios en precios; básicamente, en granos, mayores beneficios económicos por unidad de tierra que la producción de carne (Yamamoto et al., 2007) bajo capital de inversión y apoyos técnicos en comparación con los requeridos por sistemas especializados de producción de leche (García et al., 2007; Berman, 2011); utilizan parte de los subproductos para abatir costos de producción (Villamar y Olivera, 2005).

En la producción de carne y leche, entendida como doble propósito (Villamar y Olivera, 2005) predominan razas cebuinas y sus cruces con ganado europeo (Suizo, Holstein y Simmental), caracterizados por su rusticidad: tolerables a altas temperaturas (sobre todo en climas tropicales), resistencia a garrapatas y enfermedades causadas por estas (Yamamoto et al., 2007; Berman, 2011).

El manejo del ganado se da en forma extensiva, mediante confinamiento a corrales rústicos solo durante la noche; su alimentación se basa en pastoreo continuo, principalmente de pasto estrella (*Cynodon plectostachyous*), chontalpo (*Brachiaria decumbens*) y llanero (*Andropogon gayanus*) con un mínimo de complementos en alimentos balanceados, principalmente, en la época de secas y la ordeña es manual (Villamar y Olivera, 2005; Magaña et al., 2006).

La sostenibilidad de los sistemas DP se condiciona a su capacidad de adaptación a cambios sociales, económicos y políticos experimentados en su entorno. Para convertir lo anterior en fortaleza, es necesario que sus modelos productivos se ajusten a nuevas oportunidades, restricciones y prioridades que establece la dinámica de dicho entorno; de forma especial en medio ambiente, seguridad y calidad de productos alimenticios, innovaciones tecnológicas y organizativas, cambios profundos en mercados, etc. (Villamar y Olivera, 2005).

Lo anterior es característico de la región sur del Estado de México, principalmente en el municipio de Tejupilco (García et al., 2011; Piedra et al., 2011). Durante la época de secas la producción de leche disminuye por disponibilidad insuficiente de forraje

en potreros y agostaderos, además del alto costo de alimentación debido a la compra de concentrados comerciales (García et al., 2007), a los que pocos productores (quienes ordeñan y elaboran quesos artesanales todo el año) tienen acceso, en favor de la producción de ganado de carne bajo el sistema doble propósito y extensivo con encierro nocturno, del cual subsisten durante ese periodo (García et al., 2011).

El uso de estrategias de manejo y alimentación que emplean los productores en el sistema DP en la época de secas permite evidenciar que tal sistema subsiste, permanece y es capaz de generar beneficios económicos útiles a la unidad de producción.

El objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización técnica y económica del sistema de producción doble propósito predominante en el municipio durante la época de secas (estiaje) que permita analizar su situación actual, determinar la rentabilidad y dé cuenta de la dinámica de unidades de producción (UP). La hipótesis central supone que en la época de secas, el sistema DP permanece y es rentable.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de enero a mayo de 2012, periodo que comprende la época de secas o estiaje en el municipio de Tejupilco, ubicado al sur poniente del Estado de México, entre 18° 45' 30'' y 19° 04' 32'' de latitud norte y 100° 36' 45'' de longitud oeste; la temperatura y precipitación promedio anual, varía entre 24 y 27 °C y entre 800 y 1,200 mm, que lo ubican dentro de climas cálidos subhúmedos con lluvias en verano (Cardoso, 1997).

La época de secas se caracteriza por poca disponibilidad de pastos en potreros y agostaderos; en esta, los propietarios de las UP utilizan una mezcla de estrategias de alimentación basadas en asignación de forrajes provenientes de ensilado de maíz, mazorca molida con olote y rastrojo, avena forrajera (*Avena sativa*) y libre pastoreo en áreas con pasto estrella africana (*C. plectostachyous*), chontalpo (*B. decumbens*) y llanero (*A. gayanus*), de la misma UP, que sobreviven con la humedad residual remanente del periodo que le precede (Piedra et al., 2011).

La información provino de una encuesta a titulares de 30 UP, seleccionados por intención (Cochran,

1984). Se incluyeron variables socioeconómicas como: número de animales por UP, años en la actividad, escolaridad y miembros en la familia, instalaciones y costo, superficie dedicada al pastoreo, alimentación y costos, pagos por utilizar potreros y agostaderos, percepción de ingresos por mes, así como costo de producción y ganancia a nivel privado (Harcourt, 2001; Acero et al., 2004; Rebollar, 2011). Se realizó la caracterización técnico productiva y económica de la producción de bovinos en este sistema de doble propósito (Castaldo et al., 2006; Bedotti et al., 2007; Rebollar et al., 2012).

A partir de contabilidad de costos (Acero et al., 2004; Giorgis, 2009), se determinó el umbral de rentabilidad o punto de cierre (PC) de cada explotación propuesto por Rebollar (2011). Su cálculo establece a corto plazo el volumen de producción en donde cada nueva unidad de producto genera beneficios (González et al., 2004). Las UP se clasificaron en viables o no viables según el valor del umbral de rentabilidad (generación de beneficios o pérdidas) en cada una.

La expresión para el cálculo del umbral de rentabilidad (Bedotti et al., 2007), fue:

$$P.C. = \frac{\text{Costos fijos desembolsables}}{\text{Precio de venta unitario} - \text{Costo variable unitario}}$$

Como costos fijos se consideraron solo los gastos en infraestructura (corrales rústicos, comederos, bebederos, cercos de alambre), debido a que no hubo evidencia de otros rubros como parte de dicho concepto. Asimismo, no se consideró el costo de mano de obra familiar por tener un costo de oportunidad de cero (Rebollar et al., 2012); es decir, no se dispuso de otra alternativa que garantizase mejor remuneración; este rubro abarcó todas las actividades involucradas en el manejo. Por observación y verificación en campo se encontró que no es común la mano de obra contratada, ni servicios externos; por ejemplo, pago al veterinario. Los datos productivos y económicos se analizaron mediante el software estadístico SAS versión para Windows 9.0.

RESULTADOS

Descripción del sistema de producción de bovinos

Los genotipos raciales presentes en la zona de estudio son cruza de *Bos taurus* que es el bovino Criollo con

Suizo, Charolais, Simmental, Holstein y Beefmaster por *Bos indicus* (Brahman) y se caracteriza porque el ganado de las UP tiene como función zootécnica principal producir carne o leche.

El 100% maneja sus animales en forma semiextensiva, una parte del día en potreros y/o agostaderos y otra en instalaciones rústicas dentro de la UP (Figura 1), en donde se les ofrece agua y subproductos agrícolas para complementar la dieta. En el estiaje o época de secas una fracción de la alimentación de los animales se basó en lo que consumieron del pastoreo y otra en suplementos de subproductos agrícolas: rastrojo de maíz y mazorca con olote molidos, ocasionalmente se ofrece pasto estrella y chontalpo henificados (aunque en etapas avanzadas de madurez), también molidos.

Los productores cuentan con instalaciones adaptadas, construidas con material de la región; los que ordeñan lo hacen en forma manual, en corral de encierro y con apoyo del becerro. Son pocas las prácticas de medicina preventiva, mejoramiento genético y manejo de recursos forrajeros las que se implementan en este sistema de producción.

Becerras destetadas, toretes, novillos, novillonas, vaquillas y pie de cría se comercializan a precio de mercado local (los propietarios siempre son tomadores de precios) cuando existe la necesidad de ello. Solo 17% de las UP produjeron leche todo el año para producir queso artesanal; en tanto, 70% lo hicieron en época de lluvias. El queso que se produce en esa



Figura 1. Alimentación de bovinos doble propósito en la época de secas. Fotografía propiedad de los autores.

época se comercializa en la misma comunidad o en plazas locales del municipio y constituye su principal fuente de ingresos para mantener la operación de la UP hasta la venta de animales para carne; aunque paulatinamente se han ido conformando UP con mayor orientación hacia la producción de leche.

Características socioeconómicas

Las variables socioeconómicas (Tabla 1) indican que este sistema de producción se desarrolla en hatos pequeños, con poca escolaridad, y más de 30 años en la actividad.

Tabla 1. Características generales de los productores de bovinos doble propósito

Concepto	Media \pm D. E.
Edad (años)	56 \pm 13
Tiempo en la actividad (años)	33 \pm 16
Escolaridad (años)	6.2 \pm 3.1
Animales por productor (número)	23 \pm 15
Integrantes de la familia (hijos)	5 \pm 3
Hectáreas destinadas (cantidad)	10 \pm 7
Horas de pastoreo (número)	5 \pm 2

D. E.= Desviación Estándar.

Al respecto, 38.5% terminó la primaria, 11.5% tiene primaria incompleta, 36% finiquitó el nivel secundaria, 2.5% reporta bachillerato terminado y 11.5% ningún tipo de estudios. Asimismo, el 90% de ellos se iniciaron en la actividad a partir de 10 años de edad y 21.2% mencionaron que a sus hijos les interesa o les motiva continuar en la UP; es decir, se transmite la actividad de una generación a otra. En tenencia de la tierra predomina la propiedad privada (96.7%), el resto utiliza potreros rentados en adición a los de su propiedad, cuyo costo es por cabeza y no por hectárea. En ese periodo, los productores destinaron 10 \pm 7 hectáreas para el pastoreo durante 5 \pm 2 horas al día, sin necesidad de un pastor.

El 72% se afilió a programas gubernamentales como Oportunidades y Seguro Popular. En adición, 50% de ellos pertenece al programa de tercera edad y sólo 30% de mujeres pertenecen al esquema de apoyos a la mujer trabajadora; ello visto como subsidio gubernamental al campo y que repercute positivamente.

El 100% de los encuestados cuentan con instalaciones semirústicas de entre 7 y 12 años de

antigüedad. El 20% dispuso de comederos de lámina de asbesto-cemento con material de desecho, el 90% con vehículo y solo el 30% tuvo silo (sobre el suelo, cubierto con plástico negro y tierra). Cabe aclarar que 80% de los productores prefirieron ensilar a fines de octubre de ese año y utilizarlo como complemento para la época de secas.

El 100% dispuso de animales de traspatio, como aves de corral para autoconsumo (gallinas, pollos y guajolotes), ganado equino (mulas y caballos) para apoyar actividades del campo y cerdos (80% para autoconsumo), además, 100% cultivaron maíz y frijol de temporal, algunas hortalizas y frutas.

Características productivas

Hasta ese periodo, el 100% de vacas que quedaron preñadas por inseminación natural parieron. El 87% tuvo semental propio, adquirido fuera de sus fincas. El manejo sanitario consistió en vacunar, vitaminar y desparasitar, de forma interna y externa (contra garrapata) a sus animales dos veces por año (inicio y fin de las lluvias).

Con relación a estructura del hato (Tabla 2), las vacas, terneros y vaquillas presentaron predominancia a nivel de hatos promedio por productor; en menor cantidad, los productores dispusieron de becerras y de toros para la reproducción.

Tabla 2. Disponibilidad y clasificación de animales en los hatos por edad

Concepto	Media \pm S.E.
Número de vacas	18 \pm 15
Vaquillas (1-2 años de edad)	8 \pm 5
Becerras	
0 a 1 años de edad (cantidad)	8 \pm 2
1 a 2 años de edad (cantidad)	1 4 \pm 3
Mayor a 2 años (cantidad)	6 \pm 5
Toro Rep. (cantidad)	1.4 \pm 2.3
Ternero (1 a 2 años de edad) (cantidad)	14 \pm 16

S. E.= Error Estándar.

No existe manejo de becerros al destete, este se realiza de forma natural cuando la vaca rechaza a la cría. Crías hembras se destinan como reemplazos; los machos se venden sin tener un peso establecido para la venta, según la necesidad económica del propietario, quien funge como tomador del precio

de mercado local. La única razón de desecho de una hembra es por problemas de fertilidad o malformaciones. El 100% de los encuestados no reportaron muertes de animales relacionadas con enfermedades, parásitos o accidentes.

Análisis económico

En la época de secas la fuente principal de alimentación fue mazorca de maíz molida con rastrojo. Para el primer caso, 78.3% utilizaron tal fuente de alimentación, en tanto, 56.7% del total asignaron alimento concentrado comercial y 100% proporcionaron piedra mineral a sus animales (Tabla 3).

Tabla 3. Fuentes de alimentación, cantidad y costo en bovinos doble propósito en el estiaje

Insumo	% de productores	Kg/cabeza	Costo (\$/cabeza)
Alimento concentrado	56.7	1.92 ± 0.36	1,080.0 ± 920.8
Ensilado de maíz	16.7	5.1 ± 4.0	1,007.0 ± 845.3
Maíz molido con rastrojo	78.3	3.5 ± 3.4	735.6 ± 749.4
Avena forrajera	34.8	4.0 ± 1.9	721.1 ± 574.8
Ensilado de pasto estrella	13.0	1.0 ± 0.5	170.0 ± 120.0
Piedra mineral	100.0		38.1 ± 23.1

Tabla 4. Resumen de costos de producción. Febrero-mayo de 2012

Concepto	\$/cabeza	%
Costo Variable Medio	2,525.3	98.9
Alimentación	2,389.4 ± 1,193.6	93.6
Vacunas y desparasitantes	135.9 ± 109.0	5.3
Costo Fijo Medio	27.9	1.1
Mano de obra (permanente)	0.0	0.0
Infraestructura	27.9 ± 18.0	1.1
Costo Medio Total	2,553.2	100.0

El mayor desembolso fue por compra de alimento concentrado y ensilado de maíz, con ello la estrategia de alimentación de más bajo costo que utilizó la mayoría de los productores fue asignar mezcla de rastrojo con maíz molido y minerales.

La alimentación duró 82 ± 54 d; por tanto, el costo total por cabeza (CMeT) fue \$ 2,553.2 (Tabla 4); de este, los costos variable medio y fijo medio (CVMe y CFMe) representaron 98.9 y 1.1%; la alimentación representó 93.6% del costo total (CT).

La venta fue 3.1 ± 1.6 animales, con un peso vivo final de 410.2 ± 28.4 kg y precio/kg de $\$16.7 \pm \0.7 . El ingreso total (IT) por animal fue $\$6,762.7 \pm \$6,471.2$ y una ganancia de $\$4,209.5$. Con la información de la Tabla 3, el punto de cierre (PC), tanto en volumen de producción (Q) como en pesos (\$), fue:

$$PC(Q) = \left(\frac{\$5,446.5}{(\$6,762.7 - \$2,525.3)} \right) = 1.3 \text{ animales.}$$

$$PC(\$) = \left(\frac{\$5,446.5}{\left(\frac{\$6,762.7 - \$2,525.3}{\$6,762.7} \right)} \right) = \$8,692.4$$

Bajo esas condiciones el productor tendría que haber vendido y/o producido 1.3 animales para que el costo total se igualara al ingreso por venta, situación que hace viable al sistema, porque constituye su principal fuente de ingresos y una forma de subsistencia.

DISCUSIÓN

Los genotipos raciales que se encontraron en la zona de estudio presentan características similares a los de otras regiones de México (García et al., 2007; Puente et al., 2011; Vilaboa, 2012); es decir, la función zootécnica principal es producir carne y leche en ambas épocas del año, similar a lo reportado por Yamamoto et al. (2007), Quintana (2011) y Hellin et al. (2013).

En época de secas es poco viable producir leche debido a que participan productores de baja inversión, con costos no sostenibles debido a precios altos por compra de alimento comercial (Hernández et al., 2011; Rebollar et al., 2011; Vilaboa, 2012). Para alimentar a los animales los productores realizaron mayor gasto en la compra de alimento concentrado y maíz molido con rastrojo como insumos alimenticios más utilizados en esa época, similar a lo reportado por Hellin et al. (2013). Aunque se imputó un precio de compra de esos insumos, a través del costo de opor-

tunidad, en realidad se consideró como un ahorro personal, una vez que se cargó el costo de producción desde el momento en que se realizó la siembra del maíz. Por ello el costo fue de \$2,087 por cabeza; esto es, se incurrió en un desembolso mayor, lo que concuerda con Contreras et al. (2012) para la misma zona de estudio.

En manejo de los animales, otros autores (García et al., 2007; Quintana, 2011) convergen en que la actividad se realiza incorporando características propias de un sistema semiextensivo con el empleo de rastrojo, en similitud con Arriaga Jordán et al. (2005) y asignaciones de maíz con olote molidos, producto de sus cosechas o mediante compras a otros productores, generalmente de la misma localidad, lo que concuerda con Hellin et al. (2013).

Una alternativa viable que realizan los propietarios de hatos para abatir gastos de operación es comercializar animales cuando la situación lo amerita, por ejemplo: pie de cría, animales destetados, novillonas, toretes, vacas secas, situación que concuerda con lo se ha encontrado en otras regiones (Hernández et al., 2011).

La producción de leche en esta época (de secas) podría considerarse como alternativa viable al productor solo si puede solventar el pago de insumos comerciales requeridos, lo que concuerda con hallazgos similares por otros autores (Posadas Domínguez et al., 2013). El número de cabezas por hato en cada UP no dista mucho del de otras regiones del país (Quintana, 2011; Hellin et al., 2013). Con relación al tiempo de permanencia en la actividad, en promedio, los productores tienen entre 30 y 40 años, misma que se desarrolla por personas de avanzada edad, baja escolaridad y familias grandes (Ojeda et al., 2012). En estos sistemas de DP es de importancia mencionar la situación de la tenencia de la tierra; al respecto Contreras et al. (2012) mencionaron que debe disponerse de superficie suficiente en agostaderos para que los animales puedan pastorear y consumir lo poco que hay en ellos; así como aprovechar programas socia-

les de apoyo y de alivio a la pobreza, por ejemplo, el de Oportunidades (del Gobierno Federal), el de apoyo a la tercera edad, entre otros.

La utilización de la mano de obra familiar es común en estos sistemas DP (Magaña et al., 2006). Se acostumbra imputar el costo a través del costo de oportunidad (García et al., 2011); sin embargo, el productor de estos sistemas DP no tiene alternativas adicionales viables; por tanto, su costo de oportunidad es cero, situación que permite justificar el hecho de no imputar costo alguno a la mano de obra familiar (Bedotti et al., 2007; Rebollar et al., 2012; Posadas et al., 2013). Es el mismo sistema, en sí, quien costea dicho concepto. Lo anterior permite justificar que tales sistemas de producción DP son rentables (Bedotti et al., 2007; Contreras et al., 2012) y, por tanto, habrá continuidad de tal actividad.

CONCLUSIONES

En las condiciones analizadas, la producción de bovinos doble propósito opera bajo un sistema semiextensivo, con cruza raciales típicas *B. taurus* por *B. indicus*, con baja tecnificación, en donde la alimentación se basa en complementación mineral y subproductos agrícolas, en un periodo no mayor a 90 días, sin mano de obra contratada, ni servicios externos. El análisis de costos e ingresos por animal permitió afirmar que en época de secas el sistema fue rentable; asimismo, el productor pudo haber vendido poco más de un animal de su hato para que sus costos se igualasen a sus ingresos, aunque se confirma que el sistema es viable bajo el argumento de no consideración de mano de obra familiar; sin embargo, más venta de animales habría implicado beneficios adicionales a la unidad de producción.

Agradecimientos

Este trabajo formó parte del Proyecto de Investigación "Evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala". 2011. Ciencia Básica-CONACYT. Proyecto No. 129449.

LITERATURA CITADA

- ACERO, R. et al. Aproximación metodológica a la determinación de costes en la empresa ganadera. *Archivos de Zootecnia*, 53: 91-94, 2004.
- ARRIAGA JORDÁN, C. M. et al. Livestock agrodiversity of Mazahua smallholder Campesino systems in the highlands of Central Mexico. *Human Ecology Interdisciplinary Journal*, 33(6): 821-845, 2005.
- BEDOTTI, D. et al. Estructura productiva de las explotaciones caprinas del oeste pampeano (Argentina). *Archivos de Zootecnia*, 56(213): 91-94, 2007.

- BERMAN, A. Invited review: Are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates? *Journal of Dairy Science*, 94(5): 2147-2158, 2011.
- CARDOSO, S. A. *Tejupilco. Monografía Municipal*. Toluca, Estado de México, México: Instituto Mexiquense de Cultura, 1997.
- CASTALDO, A. et al. Tipología de los sistemas de producción de engorde bovino en la Pampa Argentina. *Archivos de Zootecnia*, 55: 183-193, 2006.
- COCHRAN, W. G. *Técnicas de muestreo*. México, D. F., México: C.E.C.S.A, 1984.
- CONTRERAS, J. R. et al. Evaluación socioeconómica del sistema de ganado bovino en Tejupilco, Estado de México. En V. B. Cavalloti, V. A. Cesín, V. B. Ramírez y A. C. Marcof, *Ganadería y alimentación: alternativas frente a la crisis ambiental y el cambio social*. Vol. 2 (pp. 537-551). México: Universidad Autónoma Chapingo, 2012.
- FADUL PACHECO, L. et al. Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(8): 882-901, 2013.
- GARCÍA, M. A. et al. Los sistemas de ganado bovino en el municipio de Tlatlaya. Situación económica actual. En V. B. A. Cavalloti, V. B. Ramírez, C. F. E. Martínez, A. C. F. Marcof y V. A. Cesín, *La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes*. Vol. 2 (pp. 219-231). México: Universidad Autónoma Chapingo, 2011.
- GARCÍA, M. J. G. et al. Variables relacionadas con la producción de leche de ganado Holstein en agroempresas familiares con diferente nivel tecnológico. *Interciencia*, 32(12): 841-846, 2007.
- GIORGIS, A. *Factores que afectan la competitividad de las empresas agropecuarias de la zona de la provincia de la Pampa (Argentina)*. Tesis doctoral. Córdoba, España: Universidad de Córdoba, 2009.
- GONZÁLEZ, A. et al. Caracterización del sistema caprino extensivo de orientación cárnica. *XXIX Jornada científica*, S.E.O.C. 363-365, 2004.
- HARCOURT, B. J. *Principios de economía: Microeconomía. Teoría y práctica*. México, D. F.: SITESA, 2001.
- HELLIN, J. et al. Maize stover use and sustainable crop production in mixed crop-livestock systems in Mexico. *Field Crops Research*, 153(September 2013): 12-21, 2013.
- HERNÁNDEZ, M. J. et al. La cadena productiva del ganado bovino en el sur del Estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, XV(29): 672-680, 2011.
- KOPPEL, R. E. T. et al. *Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico*. Libro técnico 5. 2 ed. Veracruz, México: INIFAP-CIRGOC, 2002.
- MAGAÑA, M. J. G. et al. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Bioline Internacional*. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 14(3): 105-114, 2006.
- OJEDA, C. J. J. et al. El aborto bovino: efectos productivos, económicos y sociales en la lechería en pequeña escala en el sur oriente del Estado de México. En V. B. Cavalloti, V. A. Cesín, V. B. Ramírez y A. C. Marcof, *Ganadería y alimentación: alternativas frente a la crisis ambiental y el cambio social*. Vol. 2 (pp. 619-630). Universidad Autónoma Chapingo, 2012.
- PIEDRA, M. R. et al. Tipología de explotaciones de ganado bovino en el municipio de Tejupilco, Estado de México. En V. B. A. Cavalloti, V. B. Ramírez, C. F. E. Martínez, A. C. F. Marcof y V. A. Cesín, *La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes*. Vol. II (pp. 205-2018). Universidad Autónoma Chapingo, 2011.
- POSADAS DOMÍNGUEZ, R. R. et al. Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 46(1): 235-240, 2013.
- PUENTE, B. J. et al. Cálculo del consumo de energía en la producción de leche en pequeña escala en los municipios de Amecameca y Ayapango, Estado de México. En V. B. Cavalloti, V. B. Ramírez, C. F. E. Martínez, A. C. F. Marcof y V. A. Cesín, *La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes*. Vol. I (pp. 201-210). Universidad Autónoma Chapingo, 2011.
- QUINTANA, E. V. Establecimiento de una empresa integradora utilizando las herramientas del mapeo de redes para detectar oportunidades de agronegocios en el sistema "carne de bovino", ejidos del municipio de Morelia. *Revista Estudios Agrarios*, 17(48): 67-105, 2011.
- REBOLLAR, R. S. *Métodos para estimar costos de producción y rentabilidad. Experiencias y casos de estudio*. Madrid, España: Editorial Académica Española, 2011.
- REBOLLAR, R. S. et al. Gastos e ingresos en la actividad caprina extensiva en México. *Agronomía Mesoamericana*, 1: 159-165, 2012.
- REBOLLAR, R. S. et al. Technical and economics optimal in feedlot cattle. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2): 413-420, 2011.
- ROMÁN PONCE, S. I. et al. Efectos de cruzamiento para producción de leche y características de crecimiento en bovinos de doble propósito en el trópico húmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(4): 405-416, 2013.
- VILABOA, A. J. Situación del bovino criollo lechero tropical (CLT) en México, Nicaragua y Costa Rica. *Archivos de Zootecnia*, 6(R): 31-39, 2012.
- VILLAMAR, A. L. y OLIVERA, C. E. *Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2005*. Coordinación General de Ganadería. México, D. F.: SAGARPA, 2005.
- YAMAMOTO, W. et al. Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. *Agricultural Systems*, 94(2): 368-375, 2007.

Estudio preliminar sobre las propiedades numéricas de una discretización de la ecuación hiperbólica de Burgers-Fisher

Preliminary investigation on the numerical properties of a discretization of the hyperbolic Burgers-Fisher equation

Jorge Eduardo Macías Díaz^{1*}, Jonathan Batres Romo²

Macías Díaz, J. E., Batres Romo, J. Estudio preliminar sobre las propiedades numéricas de una discretización de la ecuación hiperbólica de Burgers-Fisher. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 65: 20-25, mayo-agosto 2015.

RESUMEN

Se parte de una versión hiperbólica de la ecuación de Burgers-Fisher, y se proporcionará una discretización no lineal en diferencias finitas para aproximar sus soluciones. La ecuación diferencial parcial bajo estudio es un modelo con advección, reacción y amortiguamiento no lineales, para el que la existencia de soluciones de onda viajera ha sido demostrada de manera exacta sólo en algunos casos. En el presente se examinará la capacidad del método para conservar algunas de las propiedades de dichas soluciones, a saber, la positividad, la acotación y la monotonía. Los experimentos numéricos emplearán soluciones analíticas para prescribir exactamente las condiciones iniciales y de frontera. Los resultados de

Palabras clave: ecuación hiperbólica de Burgers-Fisher, soluciones de onda viajera, discretización no lineal, método en diferencias finitas, positividad, acotación, método monótono.

Keywords: hyperbolic Burgers-Fisher's equation, traveling-wave solutions, nonlinear discretization, finite-difference method, positivity, boundedness, monotone technique.

Recibido: 3 de febrero de 2014, aceptado: 17 de septiembre de 2014

¹ Departamento de Matemáticas y Física, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

² Maestría en Ciencias con Opciones a la Computación, Matemáticas Aplicadas, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

* Autor para correspondencia: jemacias@correo.uaa.mx

las simulaciones sugieren que el método, además de arrojar buenas aproximaciones a las soluciones exactas, es capaz de conservar las propiedades arriba mencionadas.

ABSTRACT

In this work, we provide a nonlinear, finite-difference scheme to approximate the solutions of a hyperbolic generalization of the Burgers-Fisher equation from population dynamics. The model under study is a partial differential equation with nonlinear advection, reaction and damping terms, for which the existence of some traveling-wave solutions has been established in the literature. In the present manuscript, we investigate the capability of our technique to preserve some of the most important features of those solutions, namely, the positivity, the boundedness and the monotonicity. The finite-difference approach followed in this work employs the exact solutions to prescribe the initial-boundary data. In addition to providing good approximations to the analytical solutions, our simulations suggest that the method is also capable of preserving the mathematical features of interest.

INTRODUCCIÓN

La investigación sobre la existencia de soluciones de onda viajera de ecuaciones diferenciales parciales no lineales es un tema abierto de investigación analítica

en matemáticas. En la teoría, es bien sabido que una gran cantidad de modelos no lineales (tales como las ecuaciones de Fisher, de Newell-Whitehead-Segel, de FitzHugh-Nagumo, de Burgers-Huxley) admiten este tipo de soluciones (Wang, 1988; Wang et al., 1990); sin embargo, la determinación de la expresión exacta de dichas funciones es un problema que ha producido pocos resultados en la práctica.

Muchas de las soluciones de onda viajera de los modelos mencionados arriba poseen características analíticas distintivas que las hacen física y biológicamente interesantes (Mansour, 2010). Por ejemplo, algunas de dichas soluciones son funciones positivas, acotadas, y temporal y espacialmente monótonas. En particular, la condición de positividad es biológicamente relevante en vista de que las variables de interés en dichos modelos representan tamaños o densidades de población, por lo que la asignación de valores negativos carece de significado físico (Mickens y Jordan, 2004; 2005). La condición de acotación, por su parte, surge de manera natural en sistemas biológicos donde la disponibilidad de recursos es limitada (Macías Díaz, 2011), mientras que la característica de monotonía se encuentra físicamente presente en algunos pulsos eléctricos o, biológicamente, en 'olas' de crecimiento poblacional (Macías Díaz y Villa, 2013).

En vista de las limitaciones analíticas para determinar de manera exacta las expresiones de soluciones de onda viajera de modelos no lineales, la investigación matemática de este problema se convierte en una tarea numérica en donde el diseño de herramientas computacionales confiables es el epicentro de acción. Siguiendo la pauta establecida por Ronald E. Mickens en su trabajo seminal (Mickens, 2005), la idea crucial en estos días es diseñar técnicas computacionales *dinámicamente consistentes*, es decir, metodologías que no solo posean las características numéricas tradicionales (como lo son las propiedades de consistencia, convergencia, estabilidad, etc.), sino que también reproduzcan las propiedades matemáticas inherentes a las soluciones de interés. En palabras más concretas, la intención de esta nota es proponer métodos en diferencias finitas para aproximar las soluciones de los modelos de interés, que conserven las propiedades de positividad, acotación y monotonía de las soluciones numéricas.

En este trabajo se presenta un método numérico para aproximar soluciones de una generalización

hiperbólica de la ecuación de Burgers-Fisher de dinámica poblacional. El modelo de interés posee soluciones de onda viajera, las cuales son funciones positivas, acotadas y monótonas (Wang, 1988); sin embargo, solo algunas de estas soluciones son conocidas en forma exacta. Se propondrá una discretización en diferencias finitas del modelo hiperbólico y se presentarán algunas simulaciones que sugieren que el método es capaz de conservar en la práctica las propiedades de interés de las soluciones. Desafortunadamente, la demostración de la conservación numérica de dichas propiedades es un problema para el que aún no existe demostración matemática.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sea α un número real, sea τ un número real positivo y sea u una función de (x, t) , donde x es un número real, y t es un real no negativo. Sea p un número real mayor o igual a 1. Suponga que u es una función doblemente diferenciable en sus dos variables, y tal que se satisface la ecuación diferencial parcial

$$\tau \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + [1 - \tau f'(u)] \frac{\partial u}{\partial t} - \alpha u^p \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - f(u) = 0,$$

donde el término de reacción está dado por

$$f(u) = u(1 - u^p).$$

El modelo propuesto es una ecuación de difusión con retardo, y con términos de advección, reacción y amortiguamiento no lineales, para el que la literatura reporta solo algunas soluciones de onda viajera en forma exacta. Un ejemplo de este tipo de soluciones está dado por la función

$$u(x, t) = \left[1 + \exp \left(- \frac{[\alpha + \tau(p+1)]p}{(p+1)(1-c^2\tau)} (x - ct) \right) \right]^{-1/p},$$

donde c es cualquier número real positivo (Wang, 1988). Dicha solución es efectivamente una onda viajera espacial y temporalmente monótona, la cual está acotada entre 0 y 1 en todo punto x y todo instante de tiempo t .

En este trabajo se propone una discretización en diferencias finitas para aproximar las soluciones del modelo de interés. Para ello, se fija un dominio

espacial acotado $[a, b]$ en el sistema de los números reales, y se considera un intervalo de tiempo finito, de longitud igual a un número real positivo T . Sean

$$a = x_0 < x_1 < \dots < x_N = b$$

y

$$0 = t_0 < t_1 < \dots < t_K = T$$

particiones uniformes de $[a,b]$ y $[0, T]$, respectivamente. Se emplearán las notaciones Δx y Δt para representar las normas de las particiones espacial y temporal, respectivamente. Más aún, la nomenclatura u_n^k representará una aproximación al valor exacto de la solución u en el punto (x,t) . Bajo estas premisas, la técnica en diferencias finitas propuesta en este trabajo para aproximar la ecuación diferencial parcial hiperbólica de interés está dada por las siguientes ecuaciones discretas:

$$\tau \frac{u_n^{k+1} - 2u_n^k + u_n^{k-1}}{(\Delta t)^2} + \left[1 - \tau \frac{f(u_n^{k+1}) - f(u_n^{k-1})}{u_n^{k+1} - u_n^{k-1}} \right] \frac{u_n^{k+1} - u_n^{k-1}}{2\Delta t} - \frac{u_{n+1}^k - 2u_n^k + u_{n-1}^k}{(\Delta x)^2} - \alpha(u_n^k)^p \frac{u_{n+1}^k - u_{n-1}^k}{2\Delta x} - \frac{f(u_n^{k+1}) + f(u_n^{k-1})}{2} = 0,$$

válidas para todo $0 < n < N$ y todo $1 < k < K$.

Es claro que todas las derivadas parciales en el modelo de interés son aproximadas por diferencias finitas de segundo orden en el espacio y/o en el tiempo. De la misma forma, la derivada de f es estimada por su aproximación de segundo orden con respecto a u . Mientras tanto, el valor de la función f al tiempo k y en el n -ésimo punto de la partición espacial es aproximado por el respectivo promedio de los tiempos $k+1$ y $k-1$.

Después de algunos ajustes algebraicos, es posible verificar que la aproximación de la solución en el n -ésimo punto y el instante de tiempo $k+1$ es una raíz de la función

$$F_{c_n^k}(u) = \left(\tau + \frac{\Delta t}{2} \right) u - \frac{\Delta t}{2} (\tau + \Delta t) f(u) - c_n^k,$$

donde

$$c_n^k = (R^2 + \alpha(u_n^k)^p)u_{n+1}^k + 2(\tau - R^2)u_n^k + (R^2 - \alpha(u_n^k)^p)u_{n-1}^k + \left(\frac{\Delta t}{2} - \tau \right) u_n^{k-1} - \frac{\Delta t}{2} (\tau - \Delta t) f(u_n^{k-1}).$$

Aquí,

$$R^2 = \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right)^2$$

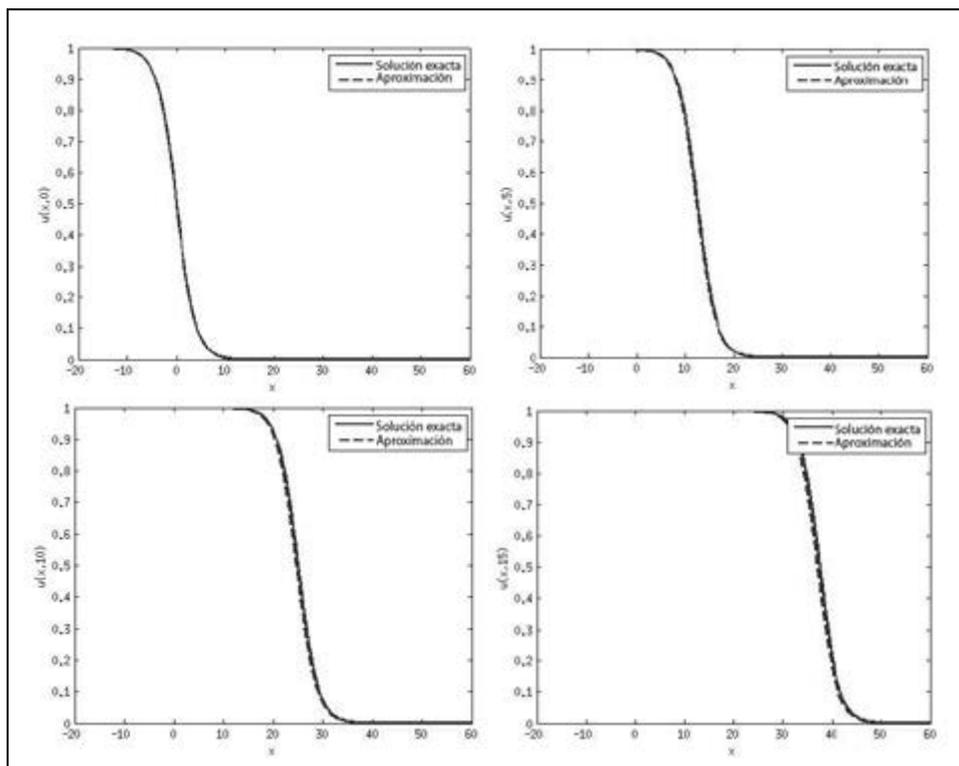


Figura 1. Resultados de las simulaciones descritas en el Ejemplo 1 en cuatro instantes de tiempo distintos, con $\Delta t = 0.001$. Las soluciones exactas se ilustran en líneas continuas, mientras que las aproximaciones numéricas aparecen como líneas quebradas.

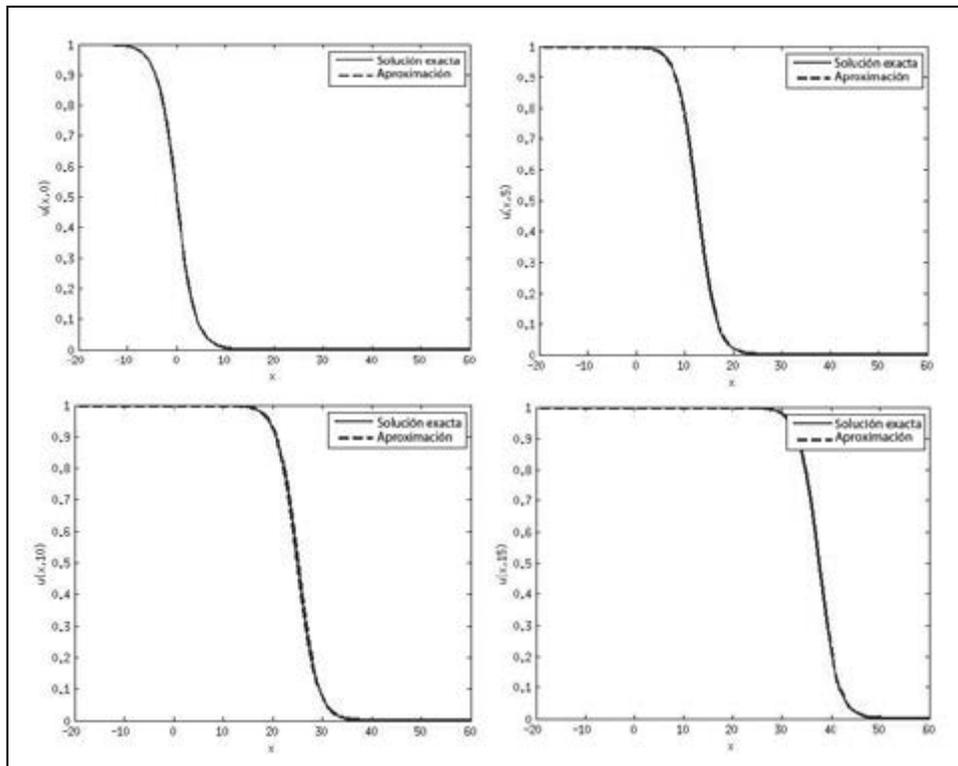


Figura 2. Resultados de las simulaciones descritas en el Ejemplo 1 en cuatro instantes de tiempo distintos, con $\Delta t = 0.00025$. Las soluciones exactas se ilustran en líneas continuas, mientras que las aproximaciones numéricas aparecen como líneas quebradas.

Y

$$r = \frac{(\Delta t)^2}{2\Delta x}$$

Es importante hacer notar que esta técnica numérica generaliza al caso hiperbólico algunas discretizaciones de ecuaciones difusivas reportadas en la literatura (Macías Díaz, 2011; Macías Díaz y Villa, 2013), las cuales son capaces de preservar las propiedades matemáticas de interés en esta nota; por esta razón, es de esperarse que la técnica propuesta también sea capaz de mantener dicha consistencia dinámica. A diferencia de dichos métodos, el esquema propuesto en el presente trabajo es un método de tres pasos, consistente con la naturaleza hiperbólica del modelo de interés. Adicionalmente, la realización computacional de esta técnica requiere el conocimiento de las primeras aproximaciones iniciales a la solución, así como condiciones de frontera de Neumann, y el uso del método de Newton para aproximar raíces reales de funciones de una variable. En los siguientes ejemplos ilustrativos, la información inicial y de frontera será proporcionada usando la solución analítica en los instantes iniciales y en los puntos de la frontera.

RESULTADOS

Ejemplo 1

Fíjese el intervalo espacial $[-20, 60]$, $\alpha = -1$, $\tau = 0.005$, $p = 1$ y $c = 2.5$. Computacionalmente, tómense tamaños de paso espacial y temporal iguales a 0.5 y 0.001, respectivamente. La Figura 1 muestra la solución exacta y la solución numérica respectiva, para cuatro instantes de tiempo. Mientras tanto, la Figura 2 muestra resultados numéricos análogos cuando el tamaño de paso espacial es igual a 0.0025.

Ejemplo 2

Considere el mismo problema de la Figura 2, con $\tau = 0.8$. La Figura 3 presenta el resultado de simular las soluciones del problema hiperbólico de interés, en cuatro instantes de tiempo.

DISCUSIÓN

Obsérvese en primera instancia que la Figura 1 contrasta la solución exacta con la solución numérica respectiva, para cuatro instantes de tiempo. Los resultados muestran una buena concordancia entre los

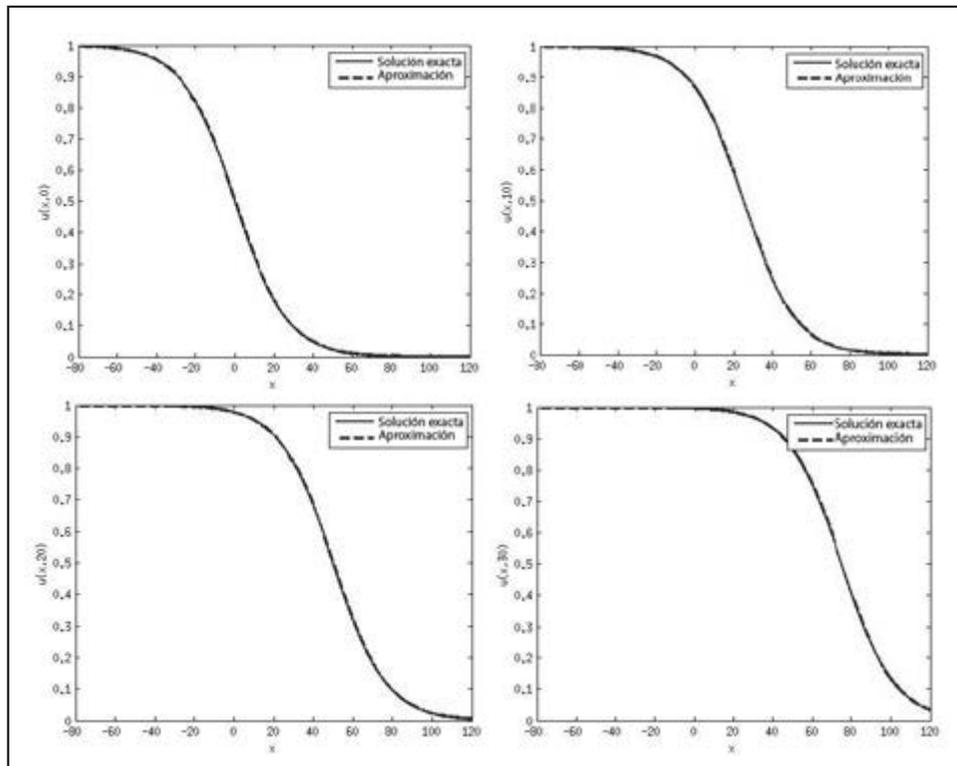


Figura 3. Resultados de las simulaciones descritas en el Ejemplo 2 en cuatro instantes de tiempo distintos. Las soluciones exactas se ilustran en líneas continuas, mientras que las aproximaciones numéricas aparecen como líneas quebradas.

resultados analíticos y las aproximaciones numéricas. Más aún, los resultados resumen el hecho de que las propiedades de positividad, acotación y monotonía son conservadas en cada instante de paso. La Figura 2 muestra resultados numéricos análogos cuando se toma una partición temporal más fina; es decir, cuando el tamaño de paso espacial es igual a 0.0025. De nueva cuenta, los resultados reflejan la conservación de las propiedades de positividad, acotación y monotonía de las aproximaciones. En este caso, sin embargo, las aproximaciones a las soluciones analíticas son aún mejores que en la Figura 1.

En la Figura 3 el parámetro de retardo τ es relativamente más grande que en el Ejemplo 1. Sin embargo, las simulaciones muestran aproximaciones que son positivas, acotadas y monótonas en todo instante de tiempo. De igual manera, se ha encontrado una buena concordancia entre las estimaciones numéricas y las soluciones analíticas. Asimismo, las propiedades matemáticas relevantes de las soluciones de interés se siguen conservando en este caso.

Es menester mencionar que se han obtenido más comparaciones numéricas entre las soluciones

exactas y las aproximaciones numéricas calculadas con el método propuesto. Los resultados indican que el método propuesto conserva las propiedades analíticas de interés para valores de los parámetros computacionales suficientemente pequeños. En particular, los resultados obtenidos para ecuaciones diferenciales parciales sin retardo concuerdan con los resultados obtenidos previamente por el primer autor en un trabajo previo (Macías Díaz, 2011). El caso con retardo es un reto analíticamente abierto.

Finalmente, es importante mencionar que la investigación analítica y numérica de la existencia de soluciones de onda viajera es un problema de interés pragmático en varias áreas de la ciencia. Por ejemplo, en la investigación del crecimiento poblacional es importante determinar el avance de mutaciones genéticas que pueden ser benéficas a una población. Tal como Fisher lo demostró en sus estudios sobre mutaciones genéticas, muchas veces estos efectos tienden a propagarse en formas de ondas que avanzan a velocidades constantes. Asimismo, en termodinámica, la propagación de calor en un medio suele propagarse en forma de frentes de ondas. Tal es el caso, por ejemplo, de la propagación de incendios forestales.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha propuesto un esquema de diferencias finitas para aproximar las soluciones de una generalización hiperbólica de la ecuación de Burgers-Fisher. El modelo de interés posee soluciones de onda viajera que son positivas, acotadas y monótonas, tanto espacial como temporalmente. Sin embargo, pocas de estas soluciones son conocidas de manera analítica, de donde surge la necesidad de poseer técnicas numéricas confiables en la investigación de dichas soluciones.

Motivados por esta necesidad, el presente trabajo propone una metodología novedosa para aproximar dichas soluciones. El método propuesto es no lineal y de tres pasos, consistente con la naturaleza no lineal e hiperbólica del modelo bajo estudio. El método fue implementado computacionalmente con el fin de evaluar su capacidad de conservar las propiedades matemáticas de las soluciones de onda viajera de interés, a saber, positividad, acotación, y

monotonía espacial y temporal. Los resultados de las simulaciones computacionales arrojaron evidencia preliminar afirmativa sobre la conservación de estas características matemáticas.

Desafortunadamente, la demostración formal de la conservación de la positividad, la acotación y la monotonía de las soluciones bajo estudio, es un problema abierto hasta el momento. Evidentemente, la elucidación de condiciones paramétricas bajo las cuales la metodología propuesta (o una variación conveniente de la misma) sea capaz de mostrar esta consistencia dinámica, es también un problema que aún queda sin resolver. Las simulaciones indican que la técnica reportada en este manuscrito es estable, convergente, y dinámicamente consistente con las propiedades de interés. Los hallazgos preliminares reportados en esta nota son el inicio de la investigación de discretizaciones para modelos hiperbólicos, que posean múltiples propiedades de consistencia analítica y numérica.

LITERATURA CITADA

- MACÍAS DÍAZ, J. E. Sufficient conditions for the preservation of the boundedness in a numerical method for a physical model with transport memory and nonlinear damping. *Computer Physics Communications*, 182(12): 2471-2478, 2011.
- MACÍAS DÍAZ, J. E. y VILLA, J. Simple numerical method to study traveling-wave solutions of a diffusive problem with nonlinear advection and reaction. *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, 29(5): 1694-1708, 2013.
- MANSOUR, M. B. A. Traveling wave solutions for the extended Fisher/KPP equation. *Reports on Mathematical Physics*, 66(3): 375-383, 2010.
- MICKENS, R. E. Dynamic consistency: a fundamental principle for constructing nonstandard finite difference schemes for differential equations. *Journal of Difference Equations and Applications*, 11(7): 645-653, 2005.
- MICKENS, R. E. y JORDAN, P. M. A new positivity-preserving nonstandard finite difference scheme for the DWE. *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, 21(5): 976-985, 2005.
- MICKENS, R. E. y JORDAN, P. M. A positivity-preserving nonstandard finite difference scheme for the damped wave equation. *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, 20(5): 639-649, 2004.
- WANG, X. L. et al. Solitary wave solutions of the generalized Burgers-Huxley equation. *Journal of Physics A: Mathematical and General*, 23(3): 271, 1990.
- WANG, X. Y. Exact and explicit solitary wave solutions for the generalized Fisher equation. *Physics Letters A*, 131(4-5): 277-279, 1988.

Relación entre el índice de masa corporal, el porcentaje de grasa y la circunferencia de cintura en universitarios

Relationship between body mass index, body fat percentage and waist circumference in university students

Judith Martín del Campo Cervantes^{1*}, Lorena González González¹, Alicia Gámez Rosales¹

Martín del Campo Cervantes, J., González González, L., Gámez Rosales, A. Relación entre el índice de masa corporal, el porcentaje de grasa y la circunferencia de cintura en universitarios. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 65: 26-32, mayo-agosto 2015.

RESUMEN

El sobrepeso y la obesidad en México han presentado un incremento progresivo y se presentan como el reto más importante del sistema de salud del país. Se clasifican a partir del índice de masa corporal (IMC) y de la circunferencia de cintura (CC); el primero es el más utilizado y difundido, se considera un método deficiente para discriminar entre grasa corporal y masa magra. En el presente trabajo se evalúa la correlación del porcentaje (%) de grasa con el IMC y la CC en alumnos universitarios y se obtuvo una correlación baja entre estos parámetros. Para evaluar la composición corporal debemos utilizar porcentaje de grasa (%) y dejar el IMC como un índice de tamizaje de peso corporal.

ABSTRACT

Overweight and obesity in Mexico have shown a progressive increase. These diseases are the most important health system challenge. They can be classified with body mass index (BMI) and waist

Palabras clave: índice de masa corporal, circunferencia de cintura, universitarios.

Keywords: body mass index, waist circumference, body fat percentage, university students.

Recibido: 12 de marzo de 2014, aceptado: 22 de agosto de 2014

¹ Departamento de Nutrición y Cultura Física, Centro de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

* Autor para correspondencia: jmaric@correo.uaa.mx

circumference (WC): the first is the most used and known, but lack in ability to discriminate between body fat and lean mass. In this study the correlation of body fat percentage (%) with BMI and WC among university students is evaluated, having a low correlation between these parameters. To assess body composition we must use body fat percentage and leave the BMI as a screening index of body weight.

INTRODUCCIÓN

El sobrepeso (SB) y la obesidad (OB) en México han presentado un incremento progresivo, son el reto más importante del sistema de salud del país debido a las enfermedades crónico degenerativas que se pueden derivar como la diabetes mellitus tipo 2 y la hipertensión arterial. La etiología es multifactorial: destacan el sedentarismo, el consumo de alimentos y bebidas hiperenergéticas, los cambios en el estilo de vida, etc.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) cataloga a México como el país con mayor índice de SB y OB (70% presenta SB u OB y el 30% OB) (García Rodríguez et al., 2010). De acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición ENSANUT 2012 México presenta una prevalencia de 71.3% en sobrepeso y obesidad, esta es más alta en mujeres (37.5%) que en hombres (26.9%); mientras que en el sobrepeso los hombres presentaron 42.6% y las mujeres 35.5% (Barquera et al., 2013). De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 043-SSA2-2012, la OB se define como: "la enfermedad caracterizada por el exce-

Tabla 1. Clasificación del porcentaje de grasa corporal de Nieman

% grasa hombres	% grasa mujeres	Interpretación
≤5	≤8	No saludable (muy bajo)
6-15	9-23	Aceptable (bajo)
16-24	24-31	Aceptable (alto)
≥25	≥32	No saludable – obesidad

Fuente: Suverza y Hava (2010).

so de tejido adiposo en el organismo" (Secretaría de Salud, 2013). El SB es definido como el exceso de peso corporal en relación con la talla (García Rodríguez et al., 2010).

La OB se puede clasificar a partir del índice de masa corporal, de la circunferencia de cintura (CC) o por fenotipo (periférica, central, androide y ginecoide) (Barquera Cervera et al., 2010). Esta investigación se planteó con la finalidad de evaluar la correlación del porcentaje de grasa con el IMC y la CC.

Antecedentes

Índice de masa corporal (IMC). El IMC es la relación entre el peso en kg y la talla en metros al cuadrado (kg/m^2) y se utiliza para valorar desnutrición, SB y OB (Champagne y Bray, 2010). Hay que considerar las diferencias de género en los depósitos de grasa; las mujeres tienen mayor grasa abdominal subcutánea y menos grasa intrabdominal en relación con los hombres (Pelt et al., 2012). Existe una inhabilidad de este índice para discriminar entre grasa corporal y masa magra (Qiang, 2012). La clasificación de OB a partir del IMC es amplia e imprecisa, al no distinguir entre masa magra y masa grasa. Aunque sea un método fácil de utilizar, no es una medida confiable para la adiposidad y sus limitaciones deben considerarse cuando se realicen clasificaciones de peso corporal (Pelt et al., 2012).

Circunferencia de cintura (CC). Los puntos de corte son de acuerdo a la NOM 043: menor a 80 cm en mujeres y menor a 90 cm en hombres (Secretaría de Salud, 2013). La CC se utiliza para medir la adiposidad central, asociada con enfermedades cardiacas independientemente de la edad y la geografía (Champagne y Bray, 2010; Meeuwsen, 2010), además de ser una medición predictiva de resistencia a la insulina (Meeuwsen et al., 2010).

Análisis de composición corporal. El análisis de bioimpedancia eléctrica es un método no invasivo

(Alvero et al., 2011) basado en la relación entre el agua corporal, la composición del cuerpo y la corriente eléctrica; calcula el agua corporal total, la masa libre de grasa y la masa grasa con ecuaciones predictivas (Pelt et al., 2012). Depende del estado de hidratación, condición física, etnicidad, género y edad (Alvero Cruz et al., 2011). El tejido muscular presenta una menor resistencia y conduce mejor la corriente eléctrica (Beechy et al., 2012), en comparación con la masa grasa. La clasificación de Nieman se muestra en la Tabla 1 (Suverza y Hava, 2010).

Porcentaje de grasa y ganancia de peso en universitarios. Entre 75% y 80% de las personas presentan SB en algún momento de su vida, y el 20% a 25% de ellos sobrepeso antes de los 20 años de edad; 50% la desarrollará después de esta edad (Champagne y Bray, 2010). La transición de preparatoria hacia universidad es un periodo crítico en donde la ganancia de peso es mayor en comparación con otros periodos. Aproximadamente de 30% a 35% de los estudiantes universitarios presentan SB u OB (Ferrara, 2009). El promedio en la ganancia de peso va de 1.3 a 3.1 kg durante el primer semestre (Wengreen y Moncur, 2009), de 1.4 a 2.3 kg en el primer año de universidad (Grooper et al., 2012) y al paso de 4 años es de 2.5 a 3 kg, o un aumento de 0.7 a 1 kg/m^2 (Meeuwsen et al., 2010).

El objetivo del presente trabajo es evaluar la correlación del porcentaje de grasa con el índice de masa corporal y la circunferencia de cintura en alumnos del Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. La hipótesis establece que el porcentaje de grasa corporal no se correlaciona con el índice de masa corporal ni con la circunferencia de cintura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño fue transversal, observacional, descriptivo y prospectivo. La muestra fue de 250 alumnos de las licenciaturas de medicina, estomatología, enfermería, terapia física y nutrición. La técnica de muestreo fue

no probabilístico por conveniencia. Se utilizaron estadímetro marca SECA modelo 214 (medición de 20 a 210 cm, precisión 1 mm), cinta de fibra de vidrio marca FUTABA modelo R-280 (medición 200 cm, precisión 1 mm) y analizador de composición corporal marca TANITA modelo TBF-300 A (medición 200 kg, precisión 100 g; impedancia 150-900 Ohms, precisión 500 μ A), formato de captura de datos, computadora. Las técnicas de medición de los parámetros antropométricos se realizaron de acuerdo a la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría o International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK).

Los criterios de inclusión fueron ser alumno de alguna de las licenciaturas de terapia física, estomatología, medicina, enfermería o nutrición; edad de 18 a 25 años. Los criterios de exclusión consistieron en alumnas embarazadas; edad < a 18 años o > a 25 años.

Para la estadística descriptiva se elaboró una base de datos en programa Excel y se utilizó regresión lineal simple con el programa Minitab versión 16. Se contó con el apoyo del departamento de Nutrición y Cultura Física para el préstamo del equipo antropométrico y el analizador de composición corporal, además del apoyo por parte de profesores y alumnos.

RESULTADOS

Se estudió una muestra de 250 alumnos, 89 alumnos (35.6%) pertenecen al género masculino y 161 alumnos (64.4%) al femenino. La distribución por licenciaturas fue: 3 alumnos de terapia física (1.2%), 51 alumnos de estomatología (20.4%), 57 alumnos de enfermería (22.8%), 74 alumnos de medicina (29.6%) y 65 alumnos de nutrición (26%).

El promedio de edad poblacional es de 20.5 años ($DE \pm 1.5$). En cuanto a las medidas antropométricas de talla, peso y circunferencia de cintura, el promedio poblacional fue de 1.6 m ($DE \pm 0.1$), 64.2 kg ($DE \pm 14.5$) y 79.2 cm ($DE \pm 10.4$), respectivamente (Figura 1).

Los hombres presentaron un peso mayor en comparación con las mujeres, así como las licenciaturas de medicina y terapia física tienen los pesos más elevados y la licenciatura en nutrición presenta el promedio de peso más bajo. Las licenciaturas que presentaron mayor CC fueron las de estomatología y medicina, mientras que la licenciatura en nutrición presentó las mediciones más bajas (Tabla 2).



Figura 1. Toma de mediciones antropométricas.

La composición corporal se realizó con el analizador TANITA, mediante el cual se obtuvo un promedio de 22.6% de grasa corporal ($DE \pm 8.3$). Los porcentajes mínimos se presentaron en los hombres (4.1%) y los más elevados en mujeres (45%), la licenciatura con mayor porcentaje de grasa (%) fue estomatología (26.1%), seguida de enfermería (22.9%), mientras que medicina presentó el menor porcentaje de grasa (19%). Las demás mediciones se muestran en la Tabla 3.

La media poblacional de IMC fue de 23.15 kg/m^2 ($DE \pm 3.82$), con un mínimo y un máximo de 16.29-39.33 kg/m^2 , las mujeres presentaron una media de 22.50 kg/m^2 ($DE \pm 3.62$), la media de IMC de los hombres fue de 24.33 kg/m^2 ($DE \pm 3.90$). Al utilizar la clasificación de la NOM 043 de IMC el 8% de la población presentó algún grado de delgadez, 64% normalidad, 22% SB (31.5% de los hombres y 16.8% de las mujeres) y 6% presentó algún grado de OB (8.9% de los hombres y 4.3% de las mujeres). En el desglose por licenciaturas se observa que estomatología presentó el mayor porcentaje de SB (33.33%) y enfermería un 12.28% de su población con algún grado de OB; hacia el otro extremo se encuentra medicina con el 12.16% de su población con algún grado de delgadez (Tabla 4).

Al evaluar la CC se obtuvo que 28% de la población presenta obesidad visceral, así como el 24.7% de las mujeres y el 29.8% de los hombres; la licenciatura en enfermería presenta la mayor cantidad de alumnos (43.9%) con esta patología, mientras que en nutrición se presenta sólo en 16.9% de su población.

Tabla 2. Estadística descriptiva de edad, talla, peso y CC en población general por género y licenciatura

	Población	Mujeres	Hombres	Terapia Física	Estomatología	Enfermería	Medicina	Nutrición
EDAD								
Media (DE)	20.5 (± 1.5)	20.3 (± 1.5)	20.9 (± 1.5)	20.7 (± 0.6)	20.7 (± 1.8)	20.2 (± 1.7)	21.0 (± 1.2)	20.1 (± 1.2)
Mínimo máximo	18.0-25.0	18.0-25.0	18.0-25.0	20.0-21.0	18.0-25.0	18.0-25.0	18.0-24.0	18.0-25.0
TALLA								
Media (DE)	1.6 (± 0.1)	1.6 (± 0.1)	1.7 (± 0.1)	1.60 (± 0.1)	1.6 (± 0.1)	1.7 (± 0.1)	1.7 (± 0.1)	1.6 \pm (0.1)
Mínimo máximo	1.5-1.8	1.5-1.8	1.6-1.9	1.6-1.7	1.5-1.9	1.5-1.8	1.5-1.9	1.5-1.8
PESO								
Media (DE)	64.2 (± 14.5)	58.6 (± 10.8)	74.4 (± 14.8)	68.3 (± 16.7)	64.0 (± 14.2)	64.0 (± 13.5)	68.1 (± 16.5)	60.1 (± 12.0)
Mínimo máximo	41.0-133.0	41.0-101.9	47.1-133.0	57.9-87.6	43.4-108.8	41.0-98.4	41.5-133.0	41.7-95.6
CIRCUNFERENCIA DE CINTURA								
Media (DE)	79.2 (± 10.4)	75.9 (± 9.0)	85.1 (± 10.2)	79.7 (± 10.8)	80.5 (± 11.0)	77.9 (± 9.6)	81.4 (± 11.8)	76.4 (± 8.1)
Mínimo máximo	59.5-124.0	59.5-110.0	67.5-124.0	72.0-92.0	62.0-110.0	61.0-96.0	62.0-124.0	59.5-99.0

n= 250 alumnos. Mín= mínimo, Máx= Máximo.

Tabla 3. Composición corporal, por género y licenciaturas

	Población	Mujeres	Hombres	Terapia Física	Estomatología	Enfermería	Medicina	Nutrición
PORCENTAJE DE GRASA								
Media (DE)	22.6 (± 8.3)	25.9 (± 7.5)	16.7 (± 6.2)	29.7 (± 12.0)	26.1 (± 8.9)	22.9 (± 8.2)	19.0 (± 8.2)	23.2 (± 6.2)
Mínimo máximo	4.1-45.0	10.1-45.0	4.1-41.5	21.3-43.4	4.1-45.0	7.2-39.9	5.0-42.0	10.5-35.6
MASA GRASA								
Media (DE)	14.9 (± 7.7)	15.9 (± 7.5)	13.2 (± 7.7)	21.6 (± 14.2)	17.3 (± 8.7)	14.9 (± 6.8)	13.5 (± 8.5)	14.1 (± 5.2)
Mínimo máximo	2.4-47.7	4.4-45.9	2.4-47.7	12.7-38.0	2.4-45.9	3.6-32.0	2.8-47.7	4.4-28.0
MASA MAGRA								
Media (DE)	49.3 (± 10.7)	42.7 (± 4.2)	61.2 (± 8.4)	46.7 (± 2.9)	46.6 (± 9.1)	49.1 (± 10.8)	54.6 (± 11.4)	46.0 (± 9.3)
Mínimo máximo	36.5-88.0	36.5-68.7	44.3-88.0	43.8-49.6	37.9-83.4	36.5-75.2	36.6-88.0	36.8-79.3

n= 250 alumnos.

Por último, el 82.8% de la población presenta un %G aceptable (bajo o alto), el 16.4% presenta un exceso de grasa y el 0.8% presenta un %G bajo o magro. El 21.1% de las mujeres y el 7.9% de los hombres presentan exceso de grasa, solo 2 hombres (2.2%) presentan un %G magro o bajo. La licenciatura que

presenta un mayor %G es enfermería con el 24.6% de su población, mientras que nutrición tiene el mayor porcentaje de alumnos con tejido adiposo normal (87.7%). En la Tabla 5 se muestra la clasificación del porcentaje de grasa.

Tabla 4. Porcentaje de índice de masa corporal por género y licenciatura

IMC (Kg/m ²)	General	Hombres	Mujeres	Terapia Física	Estomatología	Enfermería	Medicina	Nutrición
Delgadez severa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Delgadez moderada	0.8	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	1.4	1.5
Delgadez leve	7.2	4.5	8.7	0.0	7.8	5.3	10.8	4.6
Normal	64.0	55.1	68.9	66.7	56.9	61.4	63.5	72.3
Sobrepeso	22.0	31.5	16.8	0.0	33.3	21.1	17.6	20.0
Obesidad grado I	4.4	6.7	3.1	0.0	2.0	10.5	4.1	1.5
Obesidad grado II	1.6	2.2	1.2	33.3	0.0	1.8	2.7	0.0
Obesidad grado III	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

n= 250 alumnos.

Tabla 5. Clasificación del porcentaje de grasa para género y licenciatura

% Grasa	General		Hombres		Mujeres		Terapia Física		Estomatología		Enfermería		Medicina		Nutrición	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
No saludable	2	0.8	2	2.2	0	0	0	0	0	0	1	1.8	1	1.4	0	0.0
Aceptable bajo	108	43.2	38	42.7	70	43.5	1	33.3	23	45.1	16	28.1	36	48.6	32	49.2
Aceptable alto	99	39.6	42	47.2	57	35.4	1	33.3	20	39.2	26	45.6	27	36.5	25	38.5
No saludable Obesidad	41	16.4	7	7.9	34	21.1	1	33.3	8	15.7	14	24.6	10	13.5	8	12.3

n= 250 alumnos, Frec.= Frecuencia.

Correlación entre índice de masa corporal, circunferencia de cintura y porcentaje de grasa

El coeficiente de correlación entre IMC y %G en la población fue de 36.8%; mientras que el de CC y %G fue de 16%, una correlación baja (Figura 2).

El coeficiente de correlación en hombres entre IMC y %G fue de 82.8% (correlación muy alta), se obtuvo una correlación alta entre CC y %G con 72.5%, mientras que en las mujeres se encontró una correlación alta entre IMC y %G (77.8%), igual que con el de CC y %G (66.3%).

Al evaluar a los sujetos con IMC en sobrepeso y obesidad contra un exceso en el porcentaje de grasa, la correlación fue baja (23.2%), al separarlo por género se obtuvo una correlación alta en hombres (65.9%) y moderada en mujeres (46.9%). Al hacer el mismo procedimiento pero contrastando CC elevado versus exceso de porcentaje de grasa, la correlación fue de 1.2% (sin relación), y al separarlo por género se obtuvo una correlación baja (29.1%) para hombres y mujeres (Figura 3).

DISCUSIÓN

El 28% de la población presenta algún grado de SB u OB, lo cual está por debajo de los datos presentados por ENSANUT 2012 (Barquera et al., 2013), pero es parecido a lo reportado para población universitaria entre 30% y 35% (Ferrara, 2009); lo anterior llama la atención debido a que se trata de estudiantes de ciencias de la salud que deberían tener un mayor interés para cuidar su peso y llevar un estilo de vida saludable.

Al evaluar el género se obtuvo que el 40.4% y el 21.1% en hombres y mujeres, respectivamente, presentan SB u OB; esto puede deberse a los cambios en los hábitos alimentarios, el ambiente universitario, la modificación en la actividad física, el consumo de alcohol, el estrés asociado con temas académicos, etc. (Ferrara, 2009).

El 12.16% de la población de la licenciatura en Medicina que presenta algún grado de delgadez de

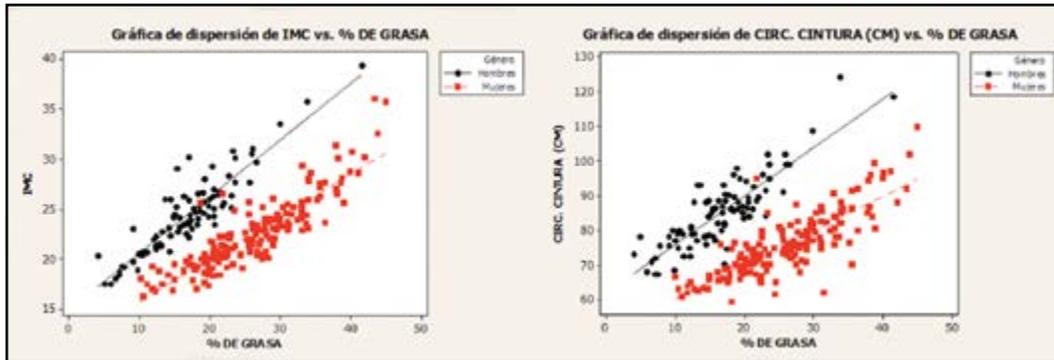


Figura 2. Se presenta la regresión lineal entre IMC, CC y porcentaje de grasa de toda la población separado por género para no sesgar la muestra por el dimorfismo sexual esperado.

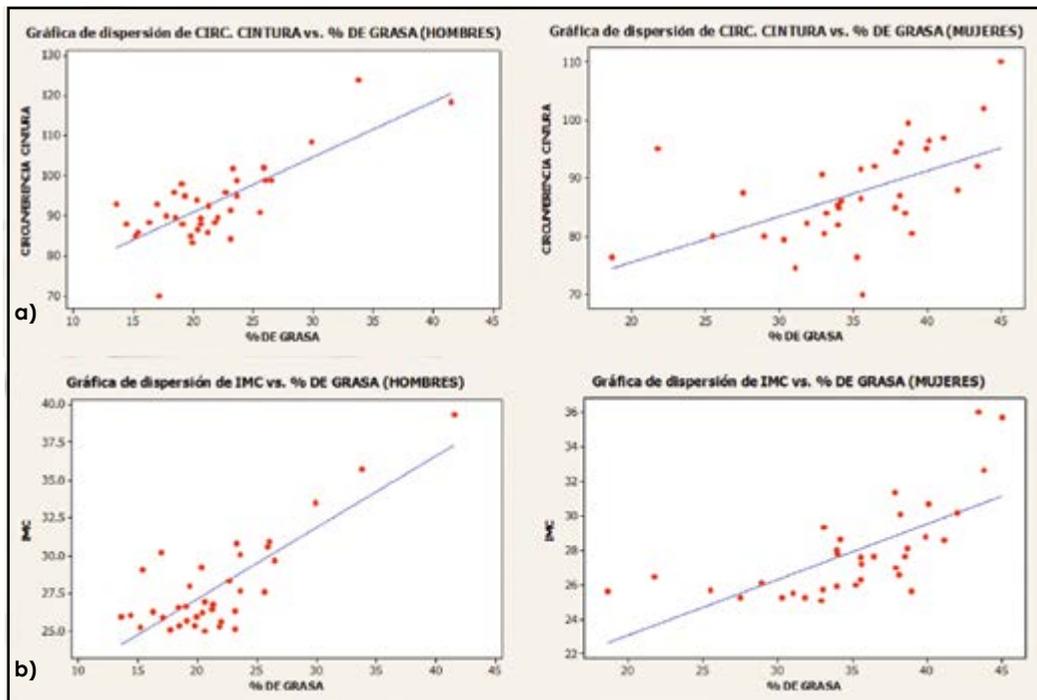


Figura 3. Se presentan la a) correlación y b) regresión lineal entre IMC, CC y porcentaje de grasa en mujeres y hombres.

acuerdo al IMC se puede deber a que fue la licenciatura con mayor cantidad de hombres. La licenciatura en Nutrición presenta los mejores porcentajes de obesidad visceral (CC) y de porcentaje de grasa, así como el mayor porcentaje de alumnos con IMC normal; lo que se puede deber a los conocimientos y perfil del estudiante, además de que el 81.54% fueron mujeres.

Al evaluar el porcentaje de grasa se observa que el 16.4% de la población tiene exceso de grasa, lo cual difiere del 28% de SB u OB obtenido por el IMC y por la CC, lo que muestra una diferencia en la clasificación y en la falta de sensibilidad del IMC

para identificar exceso de masa grasa. Se encontró también que el 2.2% de la población con un porcentaje no saludable de grasa son hombres, por lo que no se considera relevante al ser parte del dimorfismo sexual esperado.

La correlación entre el IMC y el porcentaje de grasa fue baja ($R= 36.8\%$), lo mismo pasó con la CC y el % de grasa ($R= 16\%$). Al añadir la variable género, la correlación aumentó en hombres con 82.8% (IMC vs. %G) y 72.5% (CC vs. %G) y en mujeres con 77.8% (IMC vs. %G) y 66.3% (CC vs. %G); lo cual se parece a lo encontrado por Gerson Pelt (Pelt et al., 2012) al evaluar el IMC vs. %G, ya que obtuvieron 87.7% en

hombres y 96.6% en mujeres, fue en nuestra población un poco menor en el género femenino.

Al valorar solo a los sujetos con un IMC > 25kg/m², se encontró que de los 36 hombres clasificados con SB u OB, solo 7 presentaban un exceso de grasa, por lo que el 32.5% de los hombres están mal clasificados. Lo mismo pasó con las mujeres al obtener que de las 34 encontradas con SB u OB, 8 presentaban un %G normal, lo que indica que 4.9% de las mujeres están clasificadas erróneamente. Al evaluar la CC vs. el %G, de los 22 hombres con una CC elevada solo 7 tenían exceso de grasa, mientras que 24 de las 48 mujeres con CC elevada presentaron exceso de grasa. Es importante considerar lo anterior al momento de utilizar el IMC o CC como índice para clasificar SB u OB, ya que no identifican adecuadamente a la población con exceso de masa grasa.

El cálculo del IMC es la medición más utilizada para el diagnóstico de problemas de peso debido a su facilidad (Qiang, 2012), pero no se correlaciona

fuertemente con el porcentaje de grasa corporal, (Beechy et al., 2012) presenta un relación que no es lineal sino curvilínea (Qiang, 2012).

Se ha demostrado que por cada centímetro de CC por arriba de la normalidad el riesgo de enfermedades cardíacas aumenta 2% y por cada aumento de 4 kg/m² el riesgo de enfermedades cardíacas aumenta 26% (Meeuwssen et al., 2010; Qiang, 2012).

CONCLUSIONES

Se corrobora que el porcentaje de grasa corporal no se correlaciona con el índice de masa corporal y la circunferencia de cintura.

Si se quiere evaluar composición corporal es necesario utilizar %G y dejar el IMC como un índice de tamizaje de peso corporal. Además, deben considerarse las limitaciones de cada marcador antropométrico; ya sea CC, IMC o %G.

LITERATURA CITADA

- ALVERO CRUZ, J. R. et al. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(4): 167-174, 2011.
 - BARQUERA CERVERA, S. et al. Obesidad en México: epidemiología y políticas de salud para su control y prevención. *Gaceta Médica de México*, 2010(146): 397-407, 2010.
 - BARQUERA, S. et al. Prevalencia de obesidad en adultos mexicanos, ENSANUT 2012. *Salud Pública de México*, 55 supl 2: S151-S160, 2013.
 - BEECHY, L. et al. Assessment tools in obesity-Psychological measures, diet, activity, and body composition. *Physiology & Behavior*, 107(1): 154-171, 2012.
 - CHAMPAGNE, C. M. y BRAY, G. A. Nutritional Status: An Overview of methods for Assessment. En T. Wilson, G. A. Bray, N. J. Temple y M. B. Struble (Eds.), *Nutrition and Health: Nutrition Guide for Physicians* (pp. 227-239). USA: Humana Press, 2010.
 - GARCÍA RODRÍGUEZ, J. F. et al. Dimensión económica del sobrepeso y la obesidad como problemas de salud pública. *Salud en Tabasco*, 16(1): 891-896, 2010.
 - MEEUWSEN, S. et al. The relationship between BMI and percent body fat, measured by electrical impedance in a large adult simple is curvilinear and influenced by age and sex. *Clinical Nutrition*, 29(5): 560-566, 2010.
 - PELT, G. et al. The role of fat mass index in determining obesity. *American Journal of Human Biology*, 22(5): 639-647, 2012.
 - QIANG, Z. Percent body fat is a better predictor of cardiovascular risk factors than body mass index. *Brazilian Journal Of Medical and Biological Research*, 45(7): 591-600, 2012.
 - SUVERZA, A. y HAUA, K. *El ABCD de la evaluación del estado de nutrición*. México: McGraw-Hill, 58, 2010.
 - WENGREEN, H. y MONCUR, C. Change in diet, physical activity, and body weight among Young-adults during the transition from high school to college. *Nutrition Journal*, 8(32): 1-7, 2009.
- De páginas electrónicas**
- FERRARA, C. The college experience: Physical activity, nutrition, and implications for intervention and future research. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 12(1): 23-35, 2009. Recuperado de https://www.asep.org/asep/asep/Ferrara12_1_23-35.pdf
 - GROOPER, S. et al. Weight and body composition changes during the first three years of college. *Journal of Obesity*, 2012(2012). doi: 10.1155/2012/634048.
 - SSA (SECRETARÍA DE SALUD). Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación. *Diario Oficial de la Federación*, 22 de enero de 2013. Recuperado el 18 de noviembre de 2013, de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5285372&fecha=22/01/2013

Evaluación de un recubrimiento comestible a base de agar y ácido cítrico

Edible coating evaluation based on agar and citric acid

Jorge Nemesio Mercado Ruiz¹, Tomás Jesús Madera Santana^{2*},
Juan Yocupicio Yevismea³

Mercado Ruiz, J. N., Madera Santana, T. J., Yocupicio Yevismea, J. Evaluación de un recubrimiento comestible a base de agar y ácido cítrico. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 65: 33-39, mayo-agosto 2015.

RESUMEN

Se evaluó el desempeño de un recubrimiento comestible a base de agar y ácido cítrico empleando como modelo de prueba papa fresca (*Solanum tuberosum*). Esta fue tratada por inmersión con soluciones de agar (A), agar-ácido cítrico (AC), agar-glicerol (AG) y la mezcla de los tres (ACG). La película con base AC presentó los valores menores de grosor y velocidad de transmisión al vapor de agua. El recubrimiento del fruto con AC redujo 1.57 veces la pérdida de peso con respecto al testigo. Además, presentó valores mayores de luminosidad, croma, mantuvo las características sensoriales y redujo la presencia de brotes en papa después de 6 días a 20 °C. La microscopía electrónica de barrido no reveló cambios morfológicos substanciales en el producto con los tratamientos aplicados. Los resultados demuestran que la formulación a base de agar y ácido cítrico (AC) presentó las características de una película semipermeable y de recubrimiento comestible.

Palabras clave: papa, recubrimiento comestible, agar, glicerol, ácido cítrico.

Keywords: potato, edible coating, agar, glycerol, citric acid.

Recibido: 17 de febrero de 2014, aceptado: 29 de enero de 2015

¹ Laboratorio de Cereales, Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal, CIAD, A. C.

² Laboratorio de Envases, Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal, CIAD, A. C.

³ Universidad Tecnológica de Etchojoa.

* Autor para correspondencia: madera@ciad.mx

ABSTRACT

The performance of an edible coating based on agar and citric acid over potato (*Solanum tuberosum*) was evaluated. The potatoes were tried by immersion with solutions of Agar (A), Agar-Citric acid (AC), Agar-Glycerol (AG), and a mixture of the three (ACG). AC based film showed the lowest thickness values and rate of water vapor transmission. Coating the fruit with AC reduced 1.57 times weight loss compared to the control. Moreover, AC showed higher brightness values, chrome, kept the sensory characteristics and reduced the presence of potato sprouts after 6 days at 20 °C. In scanning electron microscopy no substantial morphological changes were observed in potatoes with the applied treatments. The results show that the formulation based on agar and citric acid (AC) had the characteristics of semipermeable film and edible coating.

INTRODUCCIÓN

Recientemente se ha reportado el uso de películas o recubrimientos comestibles y biodegradables a partir de polímeros naturales (celulosa, almidón, quitosano y agar), debido a su riqueza natural, biodegradabilidad y fuentes renovables (Nieto, 2009). Estas películas tienen el potencial para reemplazar los envases convencionales en algunas aplicaciones. A pesar de tener una alta permeabilidad al vapor de agua, estos polisacáridos son eficaces como barrera para el transporte de gases. Por esto, se han elaborado películas comestibles de almidón, las cuales se ha reportado que presentan buenas propiedades de barrera y una alta permeabilidad al vapor de agua (Bertuzzi et al., 2007).

Por otro lado, están los ficocoloides como el agar, el cual es extraído de algas rojas, que es un biopolímero biodegradable y comestible (Madera-Santana et al., 2011). Las recientes aplicaciones del agar en la ciencia de materiales permiten entrever su potencial (Madera Santana et al., 2009).

Sin embargo, las películas de biopolímeros (almidón, quitosano, agar, etc.) son rígidas y frágiles, por lo que requieren la incorporación de un plastificante que les imparte flexibilidad, reduce las fuerzas intermoleculares y aumenta la movilidad de la cadena, lo que aumenta la difusión de los gases (Koskinen et al., 1996). Por ello se busca que las películas presenten un equilibrio entre la capacidad de barrera a los gases y sus propiedades mecánicas (Glenn et al., 2007). Entre los plastificantes más comunes se encuentran el glicerol, sorbitol y polietilenglicol (PEG). Se ha reportado que la permeabilidad al vapor de agua es directamente proporcional al contenido de plastificante (Tajja et al., 2007). Bertuzzi et al. (2007) observaron que la permeabilidad al vapor de agua en películas de almidón con 60% de glicerol fue dos veces mayor con respecto a las películas libres de glicerol.

Se ha reportado que en las películas comestibles pueden utilizarse aditivos para potenciar su efecto en las diferentes matrices donde se apliquen. Estos aditivos pueden ser sanitizantes (agentes antimicrobianos) para desinfectar frutas y vegetales, los cuales deben ser eficientes en la inactivación de patógenos y mantener la calidad sensorial del producto (Allende et al., 2008). Los ácidos orgánicos se han utilizado en la industria alimentaria para extender la vida de anaquel de algunos productos, aunque se aplican en altas concentraciones. Estos ácidos pueden inactivar microorganismos debido a la acidificación del citoplasma de la célula bacteriana (Virto et al., 2005). Algunos de ellos son el ácido propiónico, acético, málico, cítrico, láctico y tartárico, entre otros (Huang y Chen, 2011).

El objetivo del presente estudio fue evaluar las características fisicoquímicas de los recubrimientos comestibles hechos a base de agar, ácido cítrico y glicerol; así como su efecto sobre las propiedades físicas y sensoriales en papa fresca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de la película

Se utilizó agua destilada, agar grado alimenticio (Agarmex, S. A., México), glicerol 99.5% y ácido cítrico

99.5% (Sigma-Aldrich, EE UU) en su preparación. Los componentes se colocaron en agua a 80 °C por 1 h. La solución se vació en cajas Petri, por evaporación del solvente se formó la película y se le evaluaron las siguientes características:

Grosor. El espesor de las películas de agar con y sin aditivos se determinó utilizando un medidor de espesores electrónico (Mitutoyo, Japón) con una resolución de 0.001 mm. Cada película se midió en 10 zonas diferentes y se determinaron los valores medios.

Velocidad de transmisión de vapor de agua (VTVA). Se utilizó la norma ASTM E96 para su determinación. La película se fijó a un recipiente plástico que contenía 50 mL de agua destilada y se almacenó en un desecador a 25 °C. Se registró el cambio en peso y los cálculos se realizaron a partir de la pendiente de cada línea por regresión lineal ($r^2 > 0.98$). Ecuación 1:

$$VTVA = \frac{w}{t A}$$

Donde w es la diferencia en peso del recipiente con la película en g, t es el tiempo en h, y A es el área de permeación ($1.257 \times 10^{-3} \text{ m}^2$), los ensayos se realizaron por triplicado.

Preparación del recubrimiento y tratamientos aplicados

Como vegetal de prueba se utilizó papa variedad alpha proveniente de los campos agrícolas El Canario, S.A de C.V. de Huatabampo, Sonora; con un estado de madurez de 100%. La papa fue seleccionada evitando material con daños y se lavó con solución de cloro comercial a 200 ppm. Se dejó secar y posteriormente se recubrió con la película. Se consideraron cuatro tratamientos: fruto sin recubrimiento como testigo (T), con agar (A), agar-ácido cítrico (AC), agar-glicerol (AG) y agar-ácido cítrico-glicerol (ACG). Para ello se utilizaron 200 mL de agua desionizada, 2 g de agar y, según el caso, se agregaron 10 mL de ácido cítrico al 5% y/o 0.2 g de glicerol. La solución de cada tratamiento se calentó a 80 °C durante 1 h con agitación continua. La mezcla se dejó enfriar hasta 50 °C y se aplicó a 6 frutos por inmersión durante 5 s. Las evaluaciones en papa fueron cada 2 días (d) durante 3 semanas.

Pérdida de peso. Esta se registró diariamente a los frutos de cada tratamiento por triplicado durante el almacenamiento, mediante una balanza digital

Ohaus (Voyager, Suiza) y se reportó como porcentaje de pérdida de peso (A.O.A.C., 1984). Ecuación 2:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \left[\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso diario del fruto}}{\text{Peso inicial}} \right] \times 100$$

Color. Para la medición de los parámetros de color se utilizó un colorímetro Minolta Hunter Lab midiendo en una zona circular marcada en la parte ecuatorial del exocarpio de la papa. Se determinaron los valores de L^* , a^* y b^* , así como el croma y el ángulo Hue (Minolta, 1994). Ecuación 3:

$$\text{Croma} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

Ecuación 4:

$$\text{Hue} = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Prueba sensorial. Esta se llevó a cabo en 30 panelistas no entrenados, a los cuales se les aplicó una prueba triangular para evaluar su distinción entre las muestras (Liria, 2007). En los tratamientos se analizaron cinco rebanadas de 3 cm de grosor con una escala hedónica de 15 cm. Las variables fueron: textura firme, semi blanda y blanda; sabor a papa, insípida, ligero o mucho; y color del mesocarpo, amarillo-claro, amarillo-intenso o tendiendo a café. Los datos se evaluaron como frecuencia de observaciones (%) de los panelistas sobre las características de la papa a 13 d de almacenamiento a 20 °C.

Daños visuales. Se evaluó por triplicado la frecuencia, así como el día de aparición de los daños como manchas, manchas acuosas (%) y la presencia de hongos durante el almacenamiento del producto por 24 d a 20 °C.

Morfología de la sección transversal por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Al concluir el tiempo de almacenamiento a 20 °C se obtuvieron muestras de los frutos con y sin tratamiento, para ser analizadas en su sección transversal por MEB. La muestra se extrajo del producto empleando un sacabocado de 5 mm de diámetro. Las muestras fueron microfotografiadas con el fin de describir la textura y características topográficas de la superficie, empleando un microscopio electrónico de barrido FEI-Philips (XL 30 ESEM, Alemania) en modo ambiental, con un voltaje de aceleración de 25 kV. El grosor de los recubrimientos se midió directamente sobre las imágenes de MEB a una magnificación de 500X.

Análisis estadístico. Las mediciones de los ensayos se realizaron por triplicado, utilizando la prueba de Tukey-Kramer para determinar las diferencias entre las medias ($p < 0.05$) por medio del paquete estadístico NCSS V6.0.

RESULTADOS

Grosor y VTVA de la película

En la Tabla 1 se muestra el grosor de las películas. Aquellas que contienen glicerol (AG y ACG) en su formulación presentaron casi el doble de grosor (2 mm) con respecto al recubrimiento AC (1.023 mm) y con A (1.47 mm). Con respecto a la VTVA, las películas con A presentaron mayor permeabilidad al vapor de agua y son significativamente mayores ($p \leq 0.05$) al resto de los tratamientos. Asimismo, las películas de AC presentaron el menor valor de VTVA.

Tabla 1. Grosor y VTVA de las películas de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Grosor (micras)	VTVA (g/m ² /d)
A	1.473 ± 0.144*	1750 ± 81.2**
AC	1.023 ± 0.138	1007 ± 59.1
AG	1.997 ± 0.143	1201 ± 126.6
ACG	2.060 ± 0.161	1204 ± 111.4

*Media de 9 repeticiones, **media de 3 repeticiones, ± desviación estándar.

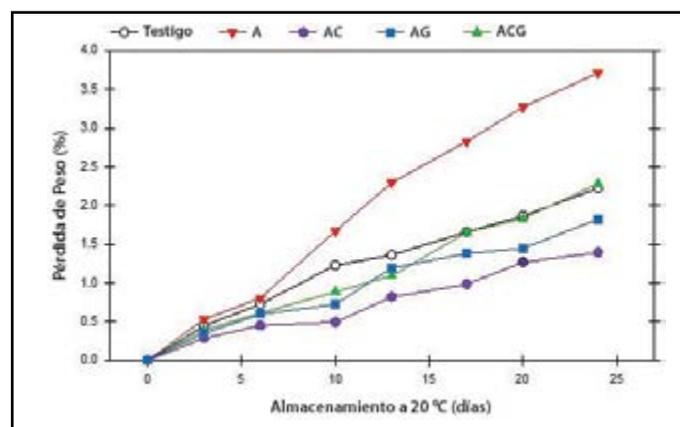


Figura 1. Evolución de la pérdida de agua (%) en papa sin recubrimiento (testigo) y con los diferentes tratamientos durante 25 días a 20 °C.

Pérdida de peso y cambios en color de papa fresca

Con respecto al efecto barrera que se midió como la pérdida de agua, las muestras con recubrimiento A mostraron una pérdida de peso 1.3 veces mayor

que el testigo, después de 10 d a 20 °C (Figura 1). Después de 25 d, las muestras con el recubrimiento A presentaron 1.73 veces más pérdida de peso que las muestras testigo y con el recubrimiento ACG. En contraste, la menor pérdida de peso fueron las muestras recubiertas con AC, que fueron 1.57 veces menor que la testigo.

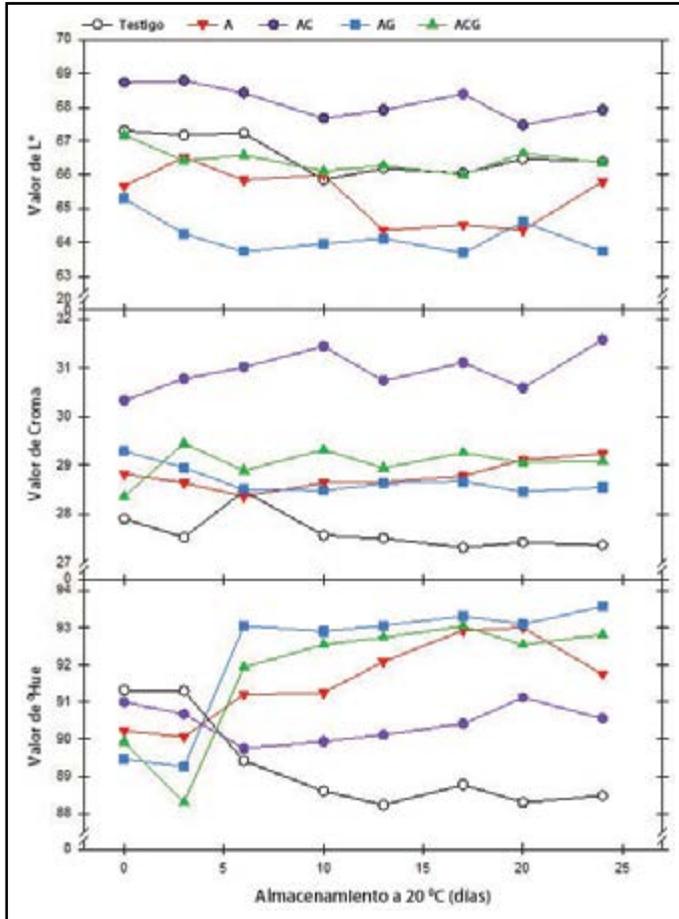


Figura 2. Cambios de color en las variables de L*, Cromo y ángulo Hue en papa sin recubrimiento (testigo) y con los diferentes tratamientos durante 25 días a 20 °C.

Por otra parte, los cambios en color (Figura 2) del mesocarpo de la papa solo resultaron medibles en las variables L*, Cromo y °Hue. Las muestras con el recubrimiento AC presentaron mayor luminosidad y valores de Cromo, en comparación con los otros tratamientos durante el periodo de almacenamiento a 20 °C. Valores de L* por debajo de 65 se observaron en las muestras con los recubrimientos de AG y A, después de 10 d. Esto es 1.02 veces menos que las muestras con los recubrimientos ACG y T, y 1.06 veces menor en comparación con la muestra con recubrimiento AC. Los cambios de °Hue fueron más estables en la muestra con recubrimiento AC. Los

menores valores de °Hue fueron presentados por la muestra testigo, mientras que los más altos fueron observados de las muestras con los otros tratamientos. Los valores de Cromo y °Hue en la esfera de colores para las muestras con recubrimiento AC señalan que la coloración de las muestras con este tratamiento fue de café claro-amarillo.

Evaluación sensorial de los recubrimientos en el fruto de prueba

Los resultados de la evaluación sensorial a 30 panelistas no-entrenados sobre las características de la papa después de 13 días de almacenamiento a 20 °C se presentan en la Figura 3. En textura, la característica firme fue la que mayor porcentaje en la frecuencia de observaciones presentó en las muestras con los recubrimientos AC y AG. La textura semiblanda y blanda fue observada con mayor porcentaje en la muestra testigo y con recubrimiento ACG. La variable

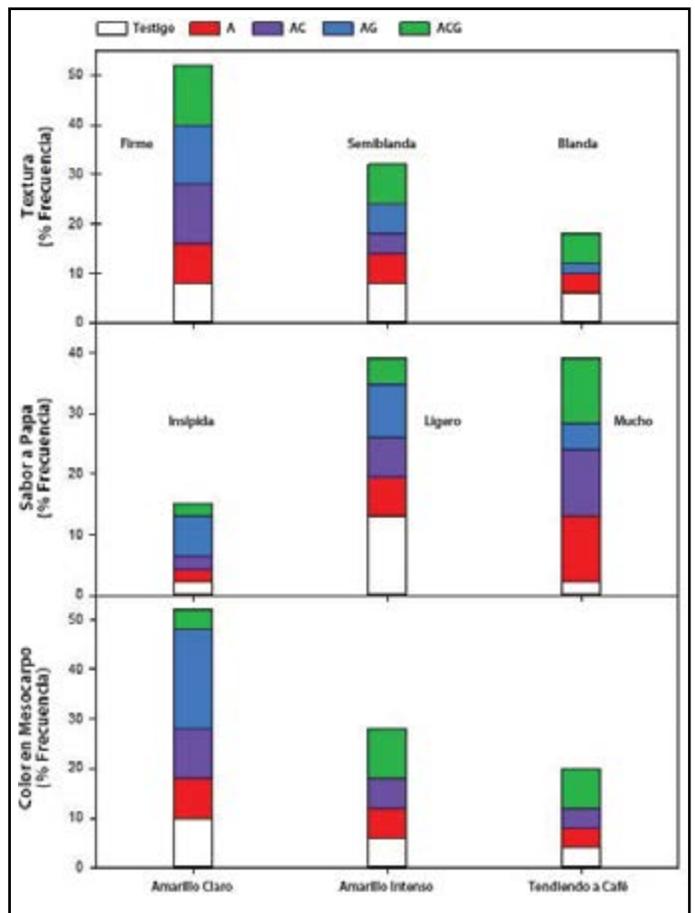


Figura 3. Frecuencia de observaciones (%) de los panelistas en función de la textura, sabor a papa y color en mesocarpo de papa sin recubrimiento (testigo) y con los diferentes tratamientos en la evaluación sensorial.

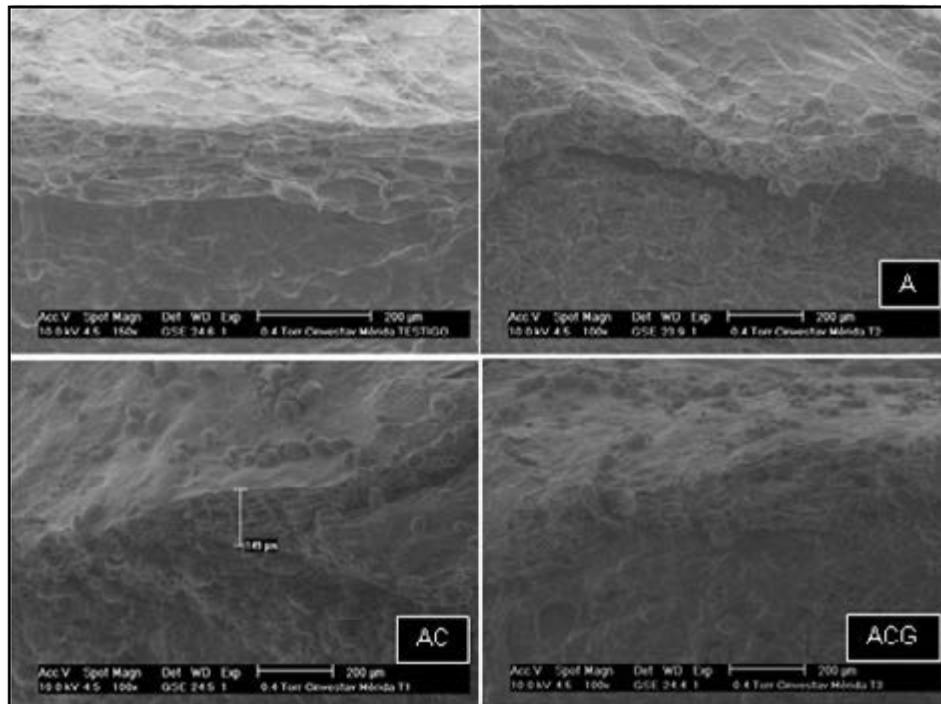


Figura 4. Imágenes de microscopía electrónica de barrido (MEB) de la sección transversal de cilindros de papa sin recubrimiento (testigo) y los diferentes tratamientos.

sabor a papa, la respuesta de *mucho* ha mostrado el mayor porcentaje en las muestras con recubrimientos A, AC y ACG; mientras que la muestra testigo presentó el mayor porcentaje en sabor a papa *ligero* y la muestra con recubrimiento AG fue clasificada como sabor a papa *insípida*. Finalmente, en la evaluación del color del mesocarpo de la capa la característica de color *amarillo-claro* presentó el mayor porcentaje de preferencia de los panelistas y corresponde a las muestras con los recubrimientos AG, AC y testigo. La mayor frecuencia en el color *amarillo intenso* y *tendiendo a café* se observó en la muestra con el recubrimiento ACG, las muestras con los otros recubrimientos tuvieron frecuencias semejantes.

En cuanto a los daños visuales, se observó que después de 6 d a 20 °C hubo presencia de brotes, excepto en las muestras con los recubrimientos AC y ACG. A los 17 d los frutos testigo presentaron manchas acuosas en el peridermo, y después de 20 d se observaron hongos y manchas acuosas. En los otros tratamientos se presentó el manchado, pero este no fue acuoso. Muestras con recubrimiento AC presentaron el manchado después de 17 d, pero no se observó la presencia de hongos en estas muestras. Después de 24 d la mayoría de los frutos presentaron brotación, manchas y presencia de hongos.

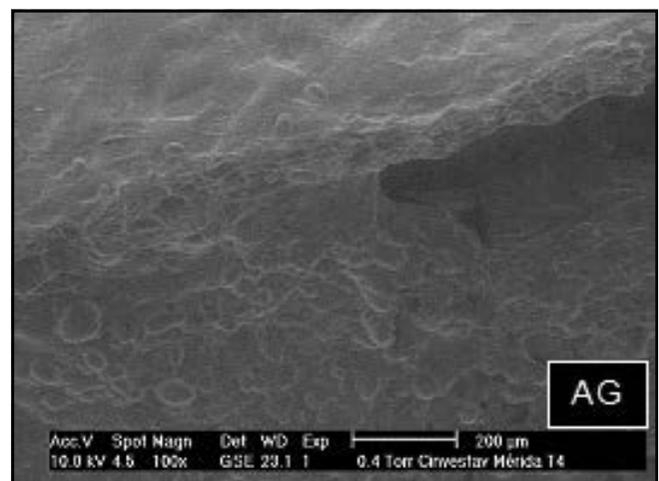


Figura 5. Imágenes MEB de la sección transversal de cilindros de papa con recubrimiento de agar-glicerol (AG).

En las microfotografías de MEB (Figuras 4 y 5), fue posible observar algunas diferencias como la presencia de los gránulos de almidón, mayormente en las muestras con los recubrimientos AC y ACG. Las microfotografías no señalan cambios sobre la superficie del producto recubierto, con excepción de las células de la cáscara. Estas se ven menos aplanadas en estos tratamientos que en el testigo, incluso que las recubiertas solo con agar. En el

recubrimiento se determinó un grosor promedio de 2 mm (10 repeticiones) para todos los tratamientos.

DISCUSIÓN

De los resultados anteriores, el recubrimiento AC, así como ACG en algunas variables presentaron efectos positivos: menor pérdida de peso y VTVA en el producto recubierto, cambios de color más estables y mayor luminosidad (L^*). Estos efectos probablemente estén relacionados con el pH menos alcalino (2.9), ya que los recubrimientos de A y AG tienen un pH promedio de 7.3. Aguilar Méndez (2005) obtuvo películas de almidón-glicerol a concentraciones de plastificante menores al 0.3 % y a pH alcalinos (8.5), lo que disminuyó la resistencia a la ruptura y aumentó la difusión al vapor de agua. Pero al aplicar la película a menor pH (6.0) en aguacate, mantuvo los valores de L^* , disminuyó la pérdida de peso y mejoró la valoración sensorial del producto recubierto con respecto al testigo. Estos resultados son similares a los obtenidos en este estudio, donde el recubrimiento de la papa con AC favoreció a los atributos sensoriales evaluados.

Saavedra y Algecira (2010) obtuvieron resultados favorables en la evaluación sensorial al recubrir fresas "ventana" con 50:50 almidón de yuca y proteína aislada de soya a pH 10. Fazel et al. (2012) observaron que el uso de glicerol en películas a base de almidón de papa reduce la resistencia a la tracción, el módulo de elasticidad y la transparencia UV; asimismo, notaron que se incrementó la opacidad, la solubilidad y la VTVA; igual que en el presente estudio. El grosor del recubrimiento de agar (1-2 micras) que se observó en este trabajo fue mucho menor que el reportado en otros trabajos con 25 micras (Aguilar Méndez, 2005), 50 micras (García et al., 2000) o 200 micras (López de Lacey et al., 2014).

La presencia de ácido cítrico en el recubrimiento de agar pudo tener un efecto sinérgico en su formulación, lo cual se notó con una mejora en las propiedades de la misma. Famá et al. (2003), al utilizar sorbato como agente antimicrobiano en un recubrimiento de almidón de mandioca y glicerol, obser-

varon un aumento de la elongación a la ruptura del polímero, lo que modifica la respuesta del recubrimiento a lo largo del tiempo de almacenamiento. Esta misma sinergia permite mantener los cambios en color de los frutos donde se emplean recubrimientos para mantener su calidad (Ayranci y Tunc, 2003). Finalmente, la morfología de las imágenes en MEB para los tratamientos aplicados, especialmente para AC, podría relacionarse con la disminución en la pérdida de agua, dado que mantienen su estructura. Saavedra y Algecira (2010) relacionaron la pérdida de las estructuras típicas de la materia prima con la formación de un material de menor continuidad y compactación en fresa recubierta con película de almidón de yuca y proteína aislada de soya.

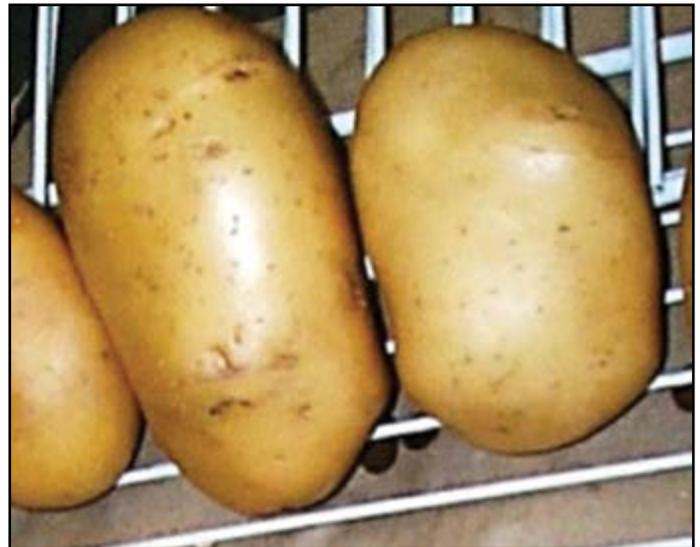


Figura 6. Papa fresca (*Solanum tuberosum*) con recubrimiento comestible a base de agar. Fotografía propiedad de Tomás Jesús Madera Santana.

CONCLUSIONES

Se desarrolló un recubrimiento biopolimérico a base de agar, adicionado con ácido cítrico y glicerol. El recubrimiento comestible a base de agar y ácido cítrico (AC) mantuvo las características sensoriales y de calidad, además redujo la pérdida de agua con respecto al testigo después de 25 días de almacenamiento. Estos resultados demuestran el potencial de utilizar el agar en conjunto con otros aditivos, como recubrimiento comestible en alimentos vegetales.

LITERATURA CITADA

- AGUILAR MÉNDEZ, M. A. *Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate*. Tesis, México, D. F.: CICATA-IPN, 51-96, 2005.
- ALLENDE, A. et al. Role of commercial sanitizers and washing systems on epiphytic microorganisms and sensory quality of fresh-cut escarole and lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, 49(1):155-163, 2008.
- A.O.A.C. *Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists*. Washington, DC, 1984.
- AYRANCI, E. y TUNC, S. A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. *Food Chemistry*, 80: 423-431, 2003.
- BERTUZZI, M. A. et al. Water vapor permeability of edible starch based films. *Journal of Food Engineering*, 80(3): 972-978, 2007.
- FAMÁ, L. et al. Películas comestibles de aplicación industrial. *Jornadas SAM/CONAMET/SIMPOSIO MATERIA*, Centro atómico Bariloche, Río Negro, Argentina, 898-901, 2003.
- FAZEL, M. et al. Effects of salep, glycerol and sunflower oil on potato starch-based edible film. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 6(4): 93-102, 2012.
- GARCÍA, M. A. et al. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. *Journal of Food Science*, 65(6): 941-947, 2000.
- GLENN, G. M. et al. Controlled release of 2-heptanone using starch gel and polycaprolactone matrices and polymeric films. *Polymers for Advanced Technologies*, 18(8): 636-642, 2007.
- HUANG, Y. y CHEN, H. Effect of organic acids, hydrogen peroxide and mild heat on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on baby spinach. *Food Control*, 22(8): 1178-1183, 2011.
- KOSKINEN M. et al. Effect of pretreatment on the film forming properties of potato and barley starch dispersions. *Industrial Crops and Products*, 5(1): 23-34, 1996.
- LIRIA DOMÍNGUEZ, M. A. Pruebas discriminatorias. Cap.4. *Guía para la evaluación sensorial de alimentos* (pp. 12). Lima, Perú: Agrosalud, 2007.
- LÓPEZ DE LACEY, A. M. et al. Agar films containing green tea extract and probiotic bacteria for extending fish shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*, 55(2): 559-564, 2014.
- MADERA SANTANA, T. J. et al. Physicochemical properties of biodegradable polyvinyl alcohol-agar films from red algae *Hydroglossina cornea*. *Marine Biotechnology*, 13(4): 793-800, 2011.
- MADERA SANTANA, T. J. et al. Preparation and characterization of biodegradable Agar/Poly(butylene adipate-co-terephthalate) composites. *Polymer Engineering and Science*, 49(6): 1117-1126, 2009.
- MINOLTA. *Precise Color Communication. Color control for feeling to instrumentation*. [Booklet]. Osaka, Japan: Minolta, 18, 1994.
- NIETO, M. B. Structure and function of polysaccharide gum-based edible films and coatings. En K. C. Huber y M. E. Embuscado (Eds.), *Edible films and coatings for food applications* (pp. 57-112). New York: Springer, 2009.
- SAAVEDRA, H. y ALGECIRA, E. Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *Publicación científica en ciencias biomédicas - NOVA*, 8(14): 171-182, 2010.
- TALJA, R. A. et al. Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch-based films. *Carbohydrate Polymers*, 67(3): 288-295, 2007.
- VIRTO, R. et al. Inactivation kinetics of *Yersinia enterocolitica* by citric and lactic acid at different temperatures. *International Journal of Food Microbiology*, 103(3): 251-257, 2005.

Validez y confiabilidad de un instrumento de medición de la competitividad de las pequeñas y medianas vitivinícolas de la Ruta del Vino del Valle de Guadalupe, Baja California, México

Validity and reliability of an instrument for measuring the competitiveness of small and medium wineries from the Wine Route of Valle de Guadalupe, Baja California, Mexico

Lino Meraz Ruiz¹, Sonia Elizabeth Maldonado Radillo²

Meraz Ruiz, L., Maldonado Radillo, S. E. Validez y confiabilidad de un instrumento de medición de la competitividad de las pequeñas y medianas vitivinícolas de la Ruta del Vino del Valle de Guadalupe, Baja California, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 65: 40-47, mayo-agosto 2015.

RESUMEN

Este trabajo es de tipo descriptivo con diseño no experimental, cuyo objetivo es presentar el análisis de la validez y confiabilidad de un instrumento de medición constituido inicialmente por 77 ítems que evalúan la competitividad de las pequeñas y medianas vitivinícolas. La estrategia metodológica se planeó en cuatro etapas: en la primera se realizó el abordaje teórico del constructo y el diseño del instrumento de medición, en la segunda se llevó a cabo la evaluación del contenido a través de un panel de expertos, en la tercera se realizó la validez de constructo mediante un análisis factorial exploratorio, y en la cuarta, se analizó la consistencia interna a través del alfa de Cronbach. La muestra fue de 17 vitivinícolas y se obtuvo un coeficiente de confiabilidad de 0.914, los resultados precisaron la eliminación de 23 ítems y finalmente el instrumento quedó conformado por 54 ítems, de modo que resultó válido y confiable.

Palabras clave: validez, confiabilidad, instrumento de medición, competitividad, vitivinícolas, Valle de Guadalupe.

Keywords: validity, reliability, measuring instrument, competitiveness, wineries, Valle de Guadalupe.

Recibido: 25 de marzo de 2014, aceptado: 29 de enero de 2015

¹ Escuela de Enología y Gastronomía, Universidad Autónoma de Baja California.

² Facultad de Ciencias Administrativas y Sociales, Universidad Autónoma de Baja California.

* Autor para correspondencia: lino.meraz@uabc.edu.mx

ABSTRACT

This work is a descriptive, with a non-experimental design, which aim is to present and analysis of the validity and reliability of a measuring instrument initially consisting of 77 items that assess the competitiveness of small and medium wineries. The methodological strategy was planned in four stages: The first one was a theoretical approach to the construction and design of the measuring instrument, the second was an evaluation of the content through a panel of experts, in the third a validity construct was conducted by using exploratory factor analysis, and in the fourth, internal consistency was analyzed through Cronbach's alpha. The sample were 17 wineries, yielding a reliability coefficient of 0.914; the results pointed out the elimination of 23 items, and finally the instrument was composed of 54 items resulting valid and reliable.

INTRODUCCIÓN

El tema de la competitividad se ha venido planteando desde hace algunos años; sin embargo, aún no se ha considerado su verdadero nivel de importancia debido a que las condiciones del mercado global siguen siendo incipientes, ya que el mismo demanda a las empresas de nuevas estrategias que les permitan mantener una posición y participación más constante dentro del mismo mercado (López y Marín, 2011).

Ciertamente, el término competitividad está vinculado al concepto de competencia y a su acción

de competir (Morales y Pech, 2000). Estos cambios ocasionados por la acción de competir en el orbe global de empresas intensifican la necesidad de establecer vínculos estratégicos y operativos entre la organización y sus clientes y/o proveedores, con el fin de desempeñar un papel más competitivo (Carlos et al., 2012), lo que también ha llevado a las pequeñas y grandes empresas a reflexionar sobre cuáles son o pudieran ser las estrategias que posibiliten desarrollar mejores condiciones económicas y superar las crisis financieras (López y Marín, 2011; González et al., 2012).

En cuanto a la obtención de una ventaja competitiva, Porter (2008) indica que mediante la elección de su estrategia una empresa puede alcanzar una posición competitiva en la industria, de tal forma que le genere altas tasas de retorno, aun cuando la rentabilidad promedio de la misma industria sea modesta. Para ello, el autor propone que las empresas puedan lograrlo mediante una estrategia basada en el liderazgo de costes y en la diferenciación, con la influencia de cinco factores primordiales: (1) amenaza de nuevos competidores; (2) llegada de productos o servicios sustitutos; (3) poder de negociación de proveedores; (4) poder de negociación de compradores; (5) rivalidad entre competidores, estos son conocidos como las cinco fuerzas de Porter.

Cabe destacar que la formulación de la competitividad de una empresa se fundamenta en la heterogeneidad de sus recursos y capacidades; es decir, de aquellos que son distintos o superiores a los de la rivalidad, al ser estos la base de una ventaja competitiva apropiada para un ambiente de oportunidades. Por tanto, dicha heterogeneidad implica que las empresas varíen en capacidades que les permitirán alcanzar distintos lugares dentro del mercado tan competitivo (Peteraf, 1993).

En México, la situación no es tan distinta a la de otros países en cuestión de competitividad, ya que según López et al. (2012) en *The Global Competitiveness Index*, el territorio mexicano ha experimentado una baja considerable en cuanto a competitividad se refiere, lo que genera una presión hacia el replanteamiento de la búsqueda de estrategias con miras hacia el detonante del crecimiento económico, la mejora en la calidad de vida de la población y la supervivencia de las empresas.

No obstante, en las últimas décadas las pequeñas y medianas empresas (PyME) han tomado una gran importancia en la economía de los países, y su desarrollo ha sido apoyado por la implementación de diferentes estrategias (Araiza et al., 2010), que tomando en cuenta las fortalezas, debilidades y potencialidades preexistentes de la zona, permitan la inserción en los mercados competitivos de forma apropiada y oportuna. Esto, a su vez, ha implicado la adopción de políticas integrales que den mejor respuesta a la modernización dirigidas a aumentar la calidad de vida de la población (Rojas y Sepúlveda, 1999).

Ante tal incertidumbre, se hace necesario llevar a cabo procesos de construcción, validación y estandarización de instrumentos aplicados al sector del vino, que permitan identificar la importancia de los factores que afectan la competitividad y posibiliten la implementación de estrategias que detonen el desarrollo de la región. Por ello se expone la presente investigación, cuyo objetivo fue desarrollar una herramienta que permitiera conocer el nivel de competitividad de las PyME vitivinícolas en tres factores (cooperativismo interempresarial, uso de las tecnologías de la información y comunicación, y oferta de actividades de enoturismo), y que reuniera las características psicométricas requeridas; es decir, que recogiera las variables o dimensiones relevantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio descriptivo con diseño no experimental. Para la selección de la muestra, y por delimitación del presente estudio fue no probabilística, ya que no depende de una probabilidad, sino de las características relacionadas con el estudio y de las decisiones del investigador (Hernández et al., 2003), por lo que se decidió tomar a todas las empresas situadas en la Ruta del Vino del Valle de Guadalupe.

Para la recolección de los datos se diseñó un cuestionario dirigido a medir el nivel de competitividad de las vitivinícolas con ítems distribuidos en tres variables que aseguraran la validez del concepto; para lograrlo se tomó en consideración: la revisión bibliográfica de trabajos relacionados con la competitividad y las variables que la generan; es decir, el Cooperativismo interempresarial, en particular el cuestionario de Araiza et al. (2010); el Uso de las tecnologías de la información y la comunicación (Campo et al., 2008; Velarde et al., 2011), y la Oferta de

Tabla 1. Versión inicial del instrumento

Variables	Ítems	Total de ítems
Cooperativismo interempresarial	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	25
Uso de las tecnologías de la información y la comunicación	26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58	33
Oferta de actividades de enoturismo	59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77	19
	Total	77

Tabla que muestra la distribución total de ítems del instrumento de medición.

actividades de enoturismo (Zamora y Barril, 2007; Ruiz y Pelegrín, 2011).

En su versión inicial se integró por 77 ítems agrupados en tres variables: Cooperativismo interempresarial, con 25 ítems; Uso de las tecnologías de la información y la comunicación, con 33 ítems; y Oferta de actividades de enoturismo, con 19 ítems (Tabla 1).

El escalamiento fue tipo Likert, donde 1) es Nada importante; 2) Poco importante; 3) Importante; 4) Muy importante; 5) Totalmente importante. La puntuación mínima para los ítems fue de 1 y la máxima de 5. Paralelamente se asignó otro escalamiento para tres preguntas referentes al resultado que obtuvo la empresa a partir de llevar a cabo las variables aquí presentadas, en donde 1) es Aumentó; 2) Permaneció estable; 3) Disminuyó, con una puntuación mínima de 3 y máxima de 1.

Una vez construido el instrumento se pasó a la fase de validación de contenido, el propósito de esta acción consiste en obtener evidencia de que la definición semántica está correctamente representada en los ítems formulados, para lo cual se llevó a cabo la especificación del índice cuantitativo de la validez de contenido del instrumento mediante el Modelo de Lawshe (1975) modificado por Tristán (2008), en este modelo se destaca que la razón de validez de contenido debe ser igual o mayor a 0.5823.

Aquí se trabajó con ocho expertos, cuatro en la parte metodológica y cuatro en el sector vitivinícola, a quienes se pidió que evaluaran por separado los ítems de un cuestionario de acuerdo a su relevancia definida como la importancia del ítem para la

determinación de la competitividad de las PYME vitivinícolas ubicadas en la Ruta del Vino del Valle de Guadalupe en Baja California, con base en la siguiente escala: 1) Esencial; 2) Útil pero no esencial; 3) No importante.

La información recabada de los expertos se analizó a través de una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2010 ® y se determinó la razón de validez de contenido (CVR y CVR') para cada uno de los ítems mediante las ecuaciones descritas en el Modelo de Lawshe modificado (Tristán, 2008) y el Índice de Validez de Contenido (CVI) para el instrumento global (Figura 1).

$$CVI = \frac{\sum_{i=1}^M CVR_i}{M}$$

CVR_i = Razón de Validez de Contenido de los ítems aceptables de acuerdo con el criterio de Lawshe
 M = Total de ítems aceptables en la prueba

Figura 1. Cálculo del Índice de Validez de Contenido.

De acuerdo a la opinión de los expertos se eliminaron los ítems con niveles de valores no permisibles de CVR, según los criterios de Lawshe (1975). La nueva versión del instrumento se aplicó a 17 propietarios de empresas vitivinícolas, así como a enólogos e ingenieros, quienes también están vinculados con las funciones administrativas y logísticas de la empresa.

La dimensionalidad del instrumento se determinó a través de un análisis factorial exploratorio (AFE) mediante SPSS, que permite determinar el grado en el que los ítems y componentes del instrumento conforman el constructo que se requiere medir. Para la extracción de factores se empleó el método de

Componentes Principales mediante rotación ortogonal Varimax, el cual posibilita una separación más clara de las variables al maximizar las correlaciones entre los ítems y sus dominios. Para ello se hizo una prueba piloto con la aplicación de 17 cuestionarios, los cuales fueron aplicados de manera aleatoria a distintas vitivinícolas de la Ruta del Vino del Valle de Guadalupe.

Finalmente, con los datos obtenidos del pilotaje se realizó un análisis de consistencia interna a través del alfa de Cronbach, con el propósito de establecer la medida en la cual el concepto de Competitividad está presente en cada uno de los ítems y el grado en que éstos pertenecientes a una escala se correlacionan entre sí (Carretero Dios y Pérez, 2005; Campo Arias y Oviedo, 2008).

RESULTADOS

Como se comentó en la parte metodológica, en la primera etapa el abordaje teórico del constructo dio como resultado un instrumento integrado por 77 ítems distribuidos en tres variables. Después, tomando en cuenta el juicio de los expertos se determinó la razón de validez de contenido (CVR y CVR') teniendo en cuenta el criterio modificado de Lawshe (Tristán, 2008), los ítems aceptables son aquellos cuya CVR' sea mayor a 0.58.

De acuerdo a los resultados los ítems 20, 26, 35, 38, 42, 43, 44, 60 y 61 fueron valorados con el puntaje máximo de validez del cuestionario (1.00); por el contrario los 9, 12, 13, 21, 23, 24, 30, 33, 36, 45, 55, 56, 58 y 75 calificaron por debajo del valor aceptable (0.58) y, por tanto, fueron eliminados del cuestionario.

Tras la depuración quedó compuesto con un total de 63 ítems, eliminando 14 de los 77 que se tenían en su versión inicial; y correspondieron 19 ítems a la primera variable (Cooperativismo interempresarial), a la segunda variable (Uso de las tecnologías de la información y la comunicación) 26 ítems, y 18 ítems a la tercera variable (Oferta de actividades de enoturismo).

De esta manera, la validez global del instrumento con el modelo Lawshe calculado con la Ecuación (Figura 1) fue de 0.78 o 78%, lo que puede considerarse un resultado satisfactorio. Desde este punto de vista, el instrumento que se elaboró fue exitoso, ya



Figura 2. Viñedos de la Ruta del Vino del Valle de Guadalupe. Fotografía propiedad del autor.

que después de haber sido valorado por los ocho expertos, tanto prácticos como metodológicos, logró obtener una puntuación por encima de 0.58 (Tristán, 2008).

Después de la exclusión de los ítems se validó el constructo del instrumento mediante un análisis factorial exploratorio de primer grado, mediante el método de análisis de componentes principales con rotación tipo Varimax, previa verificación de que los datos fueran adecuados para este tipo de análisis. Dicho análisis arrojó una variación explicada de 70.174% (Tabla 2) y determinó que los ítems peor representados (carga factorial <0.50) corresponden a los enunciados 25, 29, 46, 54, 57, 73, 74, 76 y 77 (sombreados en la Tabla 3), en cuanto a las aportaciones de cada elemento a la estructura dimensional; por tanto, se tomó la decisión de excluirlos del cuestionario.

Tabla 2. Varianza explicada

Factores	Eigenvalores			Extracción (Suma de las saturaciones al cuadrado)			Rotación (Sumas de las saturaciones al cuadrado)		
	Total	% Varianza explicada	% Acumulado	Total	% de la Varianza	Cumulative %	Total	% de la varianza	% Acumulado
1	23.172	37.374	37.374	23.172	37.374	37.374	16.564	26.716	26.716
2	11.977	19.318	56.692	11.977	19.318	56.692	15.521	25.033	51.749
3	8.359	13.482	70.174	8.359	13.482	70.174	11.424	18.425	70.174

Elaboración con datos del trabajo de campo.

Tabla 3. Matriz Rotada

#	Í t e m	Carga Factorial		
18.	Resultados obtenidos de CI. La calidad en sus productos y servicios	.932		
20.	Resultados obtenidos de CI. La reducción de costes	.925		
4.	Necesidades de cooperación de CI. Mejorar la calidad de sus productos	.923		
19.	Resultados obtenidos de CI. La utilidad sobre las ventas	.917		
22.	Resultados obtenidos de CI. La expansión del mercado	.917		
3.	Necesidades de cooperación de CI. Disminuir costos de producción	.917		
2.	Necesidades de cooperación de CI. Reducir costos de distribución de productos	.912		
6.	Necesidades de cooperación de CI. Incrementar oferta de producto	.881		
5.	Necesidades de cooperación de CI. Acceder a nuevos mercados	.866		
17.	Resultados obtenidos de CI. La cantidad de producción	.832		
1.	Necesidades de cooperación de CI. Completar parte de sus procesos	.823		
14.	Tipo de actividad desarrollada de CI. Comparten el transporte para la distribución de sus productos	.813		
11.	Tipo de actividad desarrollada de CI. Realizan venta conjunta de productos	.789		
16.	Tipo de actividad desarrollada de CI. Realizan eventos (ferias, exposiciones, seminarios, etc.) de forma conjunta	.769		
10.	Tipo de actividad desarrollada de CI. Comparten asesoría técnica	.652		
15.	Tipo de actividad desarrollada de CI. Comparten información para exportar	.652		
7.	Tipo de actividad desarrollada de CI. Comparten maquinaria	.595		
8.	Tipo de actividad desarrollada de CI. Complementan procesos	.595		
29.	Infraestructura TIC. Tecnología móvil empresarial	-.504		
54.	Barreras de TIC. Ausencia del servicio de Internet	-.477		
57.	Barreras de TIC. Inseguridad en la realización de transacciones electrónicas	-.442		
77.	Barreras de ENO. Ausencia de una estrategia orientada a la oferta de actividades al aire libre	-.420		
76.	Barreras de ENO. Poco interés en la vinoterapia	-.417		
49.	Resultados obtenidos de TIC. La relación directa con el cliente		.941	
35.	Usos de Internet de TIC. Relación con clientes y proveedores		.941	
42.	Tipo de actividad desarrollada de TIC. Disposición de correo electrónico (e-mail)		.935	
50.	Resultados obtenidos de TIC. La expansión del mercado		.931	
48.	Resultados obtenidos de TIC. La calidad en sus servicios		.889	
44.	Tipo de actividad desarrollada de TIC. Uso de Internet para relacionarse con clientes y proveedores		.886	
32.	Infraestructura TIC. Escáner		.873	

Cotinuación de la tabla 3.

#	Í t e m	Carga Factorial	
34.	Usos de Internet de TIC. Búsqueda de información	.853	
26.	Infraestructura TIC. PC	.840	
38.	Usos de Internet de TIC. Transacciones relacionadas con negocio (compras)	.830	
27.	Infraestructura TIC. Red Wifi	.821	
43.	Tipo de actividad desarrollada de TIC. Utilización de página web corporativa	.819	
37.	Usos de Internet de TIC. Actividades logísticas	.756	
52.	Resultados obtenidos de TIC. La utilidad sobre las ventas	.710	
51.	Resultados obtenidos de TIC. La reducción de costes	.666	
41.	Usos de Internet de TIC. Comunicación en Redes Sociales (Facebook, Twitter, etc.)	.661	
47.	Tipo de actividad desarrollada de TIC. Utilización de Redes Sociales (Facebook, Twitter, etc.)	.661	
39.	Usos de Internet de TIC. Facturación electrónica	.646	
28.	Infraestructura TIC. Red Local	.630	
40.	Usos de Internet de TIC. Gestiones bancarias	.618	
31.	Infraestructura TIC. Teléfono / Fax	.617	
53.	Resultados obtenidos de TIC. El catálogo de productos y servicios	.578	
46.	Tipo de actividad desarrollada de TIC. Comercio electrónico	.367	
25.	Barreras de CI. Falta de compromiso por parte de alguna de las empresas para acceder a nuevos mercados	.255	
59.	Tipo de actividad desarrollada de ENO. Visitas guiadas a las instalaciones de la bodega		.909
71.	Resultados obtenidos de ENO. La relación directa con el cliente		.892
69.	Resultados obtenidos de ENO. La calidad en sus servicios		.880
61.	Tipo de actividad desarrollada de ENO. Degustación en la tienda de la bodega		.853
72.	Resultados obtenidos de ENO. El catálogo de productos y servicios		.849
60.	Tipo de actividad desarrollada de ENO. Catas dirigidas y/o concursos del vino		.838
66.	Tipo de actividad desarrollada de ENO. Actividades al aire libre (visitas a sitios naturales, sitios para acampar, etc.)		.829
67.	Tipo de actividad desarrollada de ENO. Actividades relacionadas al arte y la cultura (festividades, folklor, conciertos musicales, etc.)		.821
68.	Resultados obtenidos de ENO. Las ventas in situ		.820
62.	Tipo de actividad desarrollada de ENO. Hospedaje en la hostelería del vino		.769
65.	Tipo de actividad desarrollada de ENO. Oferta de otros productos comestibles (aceite de olivo, mermeladas, pan, etc.)		.765
63.	Tipo de actividad desarrollada de ENO. Actividades de relajación como vinoterapia y enomasaje		.747
64.	Tipo de actividad desarrollada de ENO. Venta de platillos gastronómicos		.731
70.	Resultados obtenidos de ENO. La expansión del mercado		.663
73.	Barreras de ENO. Falta de personal capacitado para ofrecer visitas guiadas		.469
74.	Barreras de ENO. Ausencia de espacio para las catas		.243

Elaboración con datos del trabajo de campo.

En un primer factor se detecta que los ítems relacionados a las actitudes de cooperación entre los actores (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 19, 18, 20, 22) presentan cargas factoriales altas (>0.5), y explican el 25.03% de la variabilidad; por tanto, estos 18 ítems conforman este segundo factor (Tabla 3).

En el segundo factor se explica el mayor porcentaje de la variabilidad de los datos (26.71%) y se observa que todos los ítems (26, 27, 28, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53) hacen referencia al Uso de las tecnologías de la información y la comunicación; por tanto, estos 22 ítems integran este primer factor (Tabla 3).

En el tercer factor se comprueba que los ítems de mayor ponderación son 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71 y 72, ya que tienen que ver con la oferta de actividades de enoturismo y que explican el 11.424% de la variabilidad de los datos; por tanto, estos 14 ítems constituyen el tercer factor (Tabla 3).

Por último, se determinó la fiabilidad del instrumento a través del análisis de consistencia interna, alfa de Cronbach, que se utiliza para evaluar la homogeneidad de los distintos ítems de una misma variable y del cuestionario global; este análisis reveló que la fiabilidad global fue de 0.914.

También se analizó la fiabilidad de cada una de las subescalas (variables) del instrumento, y la variable Cooperativismo interempresarial es la que presenta

la fiabilidad más alta de $\alpha = 0.984$ con respecto a las otras variables; en seguida se encuentra la variable Tecnologías de la información y la comunicación con el índice de consistencia interna de $\alpha = 0.966$; y finalmente, la variable de Oferta de actividades de enoturismo con la fiabilidad más baja de $\alpha = 0.960$ (Tabla 4).

Al final el instrumento de medición quedó integrado por 54 ítems distribuidos en las tres variables aquí propuestas, al Cooperativismo le correspondieron interempresarial 18 ítems, a la variable Uso de las tecnologías de la información y la comunicación 22 ítems, y finalmente, 14 ítems para la Oferta de actividades de enoturismo (Tabla 5).

DISCUSIÓN

Las tres variables propuestas para el presente estudio en su mayoría presentaron cargas factoriales satisfactorias, las cuales son aptas para ser incluidas como factores integrantes del instrumento; así el modelo que contaba inicialmente con 77 ítems se redujo a 54 durante todo el proceso de validación. Con ello se justifica que el modelo final se obtuvo a través de la validación de contenido y de constructo, así como la fiabilidad determinada por el alfa de Cronbach.

En este sentido, la determinación de la validez de contenido del instrumento mediante el método de Lawshe modificado por Tristán indica que en su

Tabla 4. Consistencia interna de la escala

Variables de la Competitividad	Alfa de Cronbach	Número de ítems
Uso de las tecnologías de la información y la comunicación	0.966	22
Cooperativismo interempresarial	0.984	18
Oferta de actividades de enoturismo	0.960	14
Total:	0.914	55

Tabla que describe los índices de confiabilidad de las variables.

Tabla 5. Versión final del instrumento

Variables	Ítems	Total
Cooperativismo interempresarial	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22	18 ítems
Uso de las tecnologías de la información y la comunicación	26, 27, 28, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53	22 ítems
Oferta de actividades de enoturismo	59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72	14 ítems
	Total:	54 ítems

Tabla que muestra la distribución total de ítems que integran el instrumento.

conjunto, los ítems muestran buena claridad en relación con la especificidad del concepto, al alcanzar un Índice de Validez global (CVI) de 0.78 (78%). Por lo que se refiere a la validez de constructo, esta se determinó mediante el análisis factorial exploratorio mediante el método de análisis de componentes principales con rotación tipo Varimax; se encontró una matriz rotada que permitió identificar algunos ítems con cargas factoriales bajas, por lo cual fueron excluidos para dar mayor calidad al instrumento.

Al analizar las características psicométricas de las variables se comprobó la consistencia interna a través del alfa de Cronbach en la versión final del instrumento de 54 ítems con un índice de fiabilidad global de 0.914, lo que se considera un puntaje aceptable. Los índices de consistencia interna de cada una de las variables oscilaron entre 0.96 y 0.98, buenos en su totalidad.

CONCLUSIONES

En conclusión, el análisis de evaluación constató que el instrumento desarrollado posee características psicométricas adecuadas, por lo que unido a su brevedad y fácil aplicación puede servir como base para la realización de futuras investigaciones empíricas y convertirse en una herramienta importante para asegurar la competitividad de las PYME vitivinícolas; en este caso, las que se encuentran ubicadas geográficamente en la Ruta del Vino del Valle de Guadalupe.

El aporte del presente estudio fue entonces la validación de un instrumento en el área de competitividad, sustentado en dos razones importantes: por considerar esta área como fundamental para el desarrollo económico de la entidad y por ende, del país; y pretender servir de modelo metodológico en investigaciones similares del sector vitivinícola.

LITERATURA CITADA

- ARAIZA, Z. et al. Tipología de la cooperación interempresarial: Caso de la industria metalmeccánica de Coahuila. *Revista Internacional Administración & Finanzas*, 3(3): 91-104, 2010.
- CAMPO, S. et al. Beneficios y costes del uso de las TIC para las empresas minoristas de distribución de electrodomésticos. *Distribución y Consumo*, 11: 94-101, 2008.
- CAMPO-ARIAS, A. y OVIEDO, H. Propiedades Psicométricas de una Escala: la Consistencia Interna. *Salud Pública*, 10(5): 831-839, 2008.
- CARLOS, C. E. et al. El desempeño competitivo de las empresas manufactureras de Aguascalientes, desde la perspectiva de la gestión de la calidad de la cadena de suministros. En Z. Araiza y E. Velarde (Coords.), *Estrategias Administrativas en las Pymes* (pp. 31-34). México: Universidad Autónoma de Coahuila, 2012.
- CARRETERO DIOS, H. y PÉREZ, C. Normas para el desarrollo y revisión de estudios instrumentales. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 35(3): 521-551, 2005.
- GONZÁLEZ, M. et al. Las TIC como estrategia para la competitividad de las Pymes familiares del Estado de Aguascalientes. En Z. Araiza y E. Velarde (Coords.), *Estrategias Administrativas en las Pymes* (pp. 85-103). México: Universidad Autónoma de Coahuila, 2012.
- HERNÁNDEZ, R. et al. *Metodología de la investigación*. México: Interamericana Ediciones, S.A. de C.V., 2003.
- LAWSHE, C. H. A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(12): 563-575, 1975.
- LÓPEZ, V. G. y MARÍN, M. E. La competitividad y el factor humano en las organizaciones. En N. Herrera (Eds.), *Redes de Innovación, Energías Renovables y Competitividad* (pp. 15-35). Ensenada: Editorial Fundación Teledes, 2011.
- LÓPEZ, V. G. et al. La innovación en México, el reto para incrementar su competitividad: Diagnostico reflexivo situacional. En E. A. Carmona y V. G. López (Coords.), *Administración de la Educación* (pp. 141-162). Zapopan, Jalisco, 2012.
- MORALES, M. A. y PECH, J. L. Competitividad y estrategia: el enfoque de las competencias esenciales y el enfoque basado en los recursos. *Revista Contaduría y Administración*, 197, 47-63, 2000.
- PETERAF, M. A. The cornerstones of competitive advantage: A resource-based view. *Strategic Management Journal*, 14: 179-191, 1993.
- PORTER, M. E. The five competitive forces that shape strategy. *Harvard Business Review*, 1, 79-93, 2008.
- ROJAS, P. y SEPÚLVEDA, S. ¿Qué es la competitividad? *Serie de Cuadernos Técnicos / IICA*, 9, 1-26, 1999.
- RUIZ, A. V. y PELEGRÍN, J. Estrategias empresariales seguidas en turismo enológico: Análisis de casos prácticos españoles. En C. Flavián y C. Fandos (Eds.), *Turismo gastronómico: estrategias de marketing y experiencias de éxito* (pp. 119-190). Zaragoza: Una Norma Española, 2011.
- TRISTÁN, A. Modificación al modelo de Lawshe para el dictamen cuantitativo de la validez de contenido de un instrumento objetivo. *Avances en medición*, 6(1): 37-48, 2008.
- VELARDE, E. et al. Estrategias de dirección y tecnologías de información en pequeñas y medianas empresas de Coahuila. *Revista Internacional Administración & Finanzas*, 4(1): 19-30, 2011.
- ZAMORA, J. y BARRIL, M. E. Turismo y vino. Un estudio formativo sobre la evolución de las rutas del vino en Chile. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 16(2): 173-191, 2007.

Identificación de los sectores clave de la economía mexicana

Identifying key sectors in Mexican economy



Carlos Obed Figueroa Ortiz^{1*}

Figueroa Ortiz, C. O. Identificación de los sectores clave de la economía mexicana. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 65: 48-58, mayo-agosto 2015.

RESUMEN

Mediante las metodologías de Chenery-Watanabe y Rasmussen para estimar los encadenamientos directos totales, respectivamente, dentro del Análisis Insumo-Producto se identifican los sectores clave de la economía mexicana durante el periodo comprendido entre 1995 y 2009. Para tal efecto se hace uso de las Matrices de Insumo-Producto con un nivel de desagregación de 35 sectores económicos. De este modo, a través de las metodologías aplicadas, es posible detectar cambios en la estructura productiva, tanto excluyendo el sector externo, como realizando distintas ponderaciones a los encadenamientos. La conclusión general es que la estructura productiva mexicana experimentó cambios que llevan una sustitución de productos nacionales por los extranjeros.

Clasificación JEL: C67, D57, R15, O51, O54, F15.

Palabras clave: análisis insumo-producto, encadenamientos, método de Rasmussen, método de Chenery-Watanabe, comercio bilateral México-EE UU, integración económica.

Keywords: input-output analysis, linkages, Rasmussen method, Chenery-Watanabe method, US-Mexico bilateral trade, economic integration.

Recibido: 15 de enero de 2015, aceptado: 22 de mayo de 2015

¹ Escuela de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Panamericana campus Bonaterra.

* Autor para correspondencia: cfigueroa@up.edu.mx

ABSTRACT

By using Input-Output Analysis methodologies developed by Chenery-Watanabe and Rasmussen, it is possible to estimate the direct and total linkages respectively. This is done in order to identify key sectors in Mexican economy for the period from 1995 to 2009, with a level of disaggregation of 35 sectors. Thus, through the applied Methodologies one can detect changes in the production structure, both excluding the external sector, as well as performing different weights to the linkage coefficients. The overall conclusion is that the Mexican productive structure underwent changes that lead to the substitution of domestic products for foreign products. JEL Classification: C67, D57, R15, O51, O54, F15.

INTRODUCCIÓN

En términos generales, como herramienta para el análisis económico de un país, la matriz de insumo-producto (MIP) proporciona información acerca de la estructura de costos. Esto significa que para cada sector, así como para toda la economía, los datos registrados verticalmente muestran el número de compras o insumos que cada sector requiere para producir lo que se convertirá en su oferta parcial o total. Además, la MIP nos permite observar la estructura de la demanda; es decir, la parte de la producción que es vendida tanto como insumos como para consumo final y a los mercados extranjeros, estos son los datos que figuran de forma horizontal.

Así, al cuantificar las relaciones entre las distintas industrias como proveedoras o compradoras

de insumos intermedios, la MIP permite detectar las industrias clave con base en la importancia de los encadenamientos interindustriales. La idea central de este tipo de estudio es que no todas las actividades económicas son igualmente capaces de inducir efectos de "arrastre" o "empuje" sobre el resto de la economía (Hirschman, 1958).

La clasificación sectorial propuesta por Chenery y Watanabe indica que los sectores clave (KEY) son aquellos con fuertes vínculos hacia atrás y hacia adelante; es decir, son aquellos sectores que demandan y producen grandes cantidades de insumos intermedios para y hacia los sectores con los cuales se interrelacionan; los sectores básicos (BL) serán aquellos con un alto encadenamiento hacia atrás, lo cual indica que son fuertes demandantes de insumos intermedios y; sin embargo, que dedican su producción a la demanda final; los sectores estratégicos (FL) tendrán un alto encadenamiento hacia adelante debido a su capacidad para proveer una fuerte cantidad de insumos intermedios, lo cual conlleva el hecho de que estos sectores tienen un alto valor añadido.

Finalmente, los sectores independientes (LOW) serán aquellos cuyos encadenamientos en ambos sentidos son bajos, estos sectores se comportan como una "isla" en el sentido de que su impacto en el desarrollo del resto de los sectores es mínimo. Como puede observarse, esta clasificación se basa en el impulso que puede ofrecer cada sector en cuanto a su demanda y/u oferta de insumos intermedios para el resto de la economía en su conjunto.

Con el fin de establecer los sectores clave de la economía mexicana se utiliza la *World Input Output Database* (WIOD) (Timmer, 2012) que contiene las observaciones de MIP para el periodo 1995-2009, y así realizar un análisis de la evolución de la economía con un nivel de desagregación de 35 sectores productivos. Dicho nivel de desagregación es el que permite la base de datos, y se opta por no realizar agregación alguna con el objetivo de permitir una mayor capacidad de análisis en las interrelaciones de cada uno de los sectores económicos.

La utilización del análisis insumo-producto dentro de la economía mexicana ha sido ampliamente documentada (Aroche, 2013); sin embargo, dada la falta de continuidad en la elaboración de la MIP por parte de las instituciones encargadas, las investigaciones se han enfocado en la elaboración de MIP

regionales (Fuentes et al., 2013) o en la construcción de matrices de contabilidad social con el objetivo de utilizarlas dentro de modelos de equilibrio general (Núñez, 2014; 2015).

Con respecto a la utilización de la MIP para determinar los sectores clave en la economía —al tomar en cuenta el sector externo—, el trabajo de Bouchain y Bravo (2011) proporciona información de los encadenamientos para la MIP del 2003, si se considera tanto la economía interna como el total de la producción, solo mediante la metodología propuesta por Rasmussen; si bien dicho trabajo utiliza una MIP desagregada en 19 sectores para el 2003, lo cual es distinto a la base de datos que presenta esta investigación. De esta forma, en vista de revisión de la literatura sobre el tema para México, se considera que este trabajo, al tomar en cuenta los encadenamientos parciales y totales, así como el impacto únicamente del comercio bilateral con Estados Unidos, podría llevar a conclusiones importantes dentro de esta línea de investigación.

Existen distintas técnicas que podrían ayudar a conocer las relaciones intersectoriales e inclusive espaciales dentro de la economía: los encadenamientos directos de Chenery-Watanabe (1958), encadenamientos totales de Rasmussen (1956), coeficientes simétricos de Streit (1969) o el método de extracción hipotética de Dietzenbacher y Van der Linden (1997), dado el monto de información contenida tanto en las MIP que se utilizaran como en la extensión de la serie de tiempo de estas, se considera que como una primera aproximación a dicho análisis de las relaciones comerciales bilaterales, la utilización de las dos primeras técnicas (Chenery-Watanabe y Rasmussen) pueden proporcionar los resultados necesarios para definir los sectores clave de la economía mexicana.

El objetivo del trabajo fue mostrar los cambios que se presentan en la estructura productiva de México tomando en cuenta la economía interna y la que incluye al sector externo, si se tiene en cuenta únicamente el comercio con los Estados Unidos. Lo anterior se hace al considerar el horizonte temporal de la base de datos, la cual coincide con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TL-CAN). Así, por un lado será posible probar si los coeficientes técnicos son estables a lo largo del tiempo tal y como lo propone Leontief (1936) o bien, los sectores clave cambian dada la influencia del sector externo (en este caso la relación comercial con los Estados Unidos) en la economía.

A continuación se describe la metodología utilizada para determinar los encadenamientos directos entre sectores, de acuerdo con el método de Chenery-Watanabe, así como el enfoque de Rasmussen para medir los encadenamientos totales de la economía.

MATERIALES Y MÉTODOS

La matriz de coeficientes de requerimientos directos o coeficientes técnicos es el núcleo para el estudio de los efectos directos y multiplicadores de un sector específico sobre el resto de la economía. Dicha matriz expresa la relación intersectorial inmediata y se obtiene dividiendo los componentes del consumo intermedio de cada sector por su valor de producción correspondiente. Por tanto, expresa los requerimientos de insumos directos o de valor agregado de la industria contenida en la columna:

$$a_{i,j} = \frac{x_{ij}}{X_j} \quad \forall i, j \quad (1)$$

donde $a_{i,j}$ son los coeficientes técnicos que describen los insumos que van del sector i al sector j ; x_{ij} es el insumo del sector i al sector j ; y X_j son los insumos totales del sector j .

Dado que para cada sector i el valor de la producción total X_i es la suma de la demanda intermedia x_{ij} y su demanda final Y_i , esta relación se puede representar como:

$$X_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + Y_i \quad \forall i, \quad (2)$$

Alternativamente, usando los mismos datos, Ghosh (1958) propone un modelo de IP basado en la oferta. Este enfoque se refiere a la suma de filas de la MIP; es decir, las ventas totales entregadas por cada sector. Estos son los llamados coeficientes de distribución o de oferta, que dan como resultado la matriz de oferta directa:

$$b_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_i} \quad \forall i, j \quad (3)$$

donde b_{ij} es el coeficiente de oferta. En el modelo de Ghosh la producción total del sector i es definida como:

$$X_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + V_i \quad \forall i, j \quad (4)$$

donde $\sum_i x_{ij}$ es el monto que el sector i suministra como insumos para todos los sectores, y V_i son los insumos primarios; es decir, valor agregado más las importaciones.

El siguiente paso es estimar los multiplicadores de demanda y oferta mediante el uso de las matrices inversas de Leontief y de Ghosh, respectivamente, con el fin de calcular los encadenamientos totales. El multiplicador de la demanda cuantifica los efectos totales "hacia atrás" de cada sector en el conjunto de la economía, ya que mide el efecto que tendrá sobre todos los sectores una variación de una unidad de la demanda final en un determinado sector. Por otra parte, a través del multiplicador de la oferta, es posible calcular los efectos totales "hacia adelante" de alterar el suministro de insumos en un sector en particular.

La inversa de Leontief (1937) se puede calcular con relativa facilidad. Mediante la sustitución de la ecuación 1 en 2, se obtiene la siguiente ecuación:

$$X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + Y_i \quad \forall i, j \quad (5)$$

lo cual puede expresarse en forma de matriz

$$X = AX + Y$$

y acomodando términos

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (6)$$

donde I es la matriz identidad y $(I - A)^{-1}Y$ es la inversa de Leontief. La suma de los elementos de la columna de la matriz inversa de Leontief contiene el llamado multiplicador de la demanda.

Es posible derivar la inversa Ghosh de una manera similar. Al sustituir la ecuación 3 en 4, se obtiene la siguiente ecuación:

$$X_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} X_i + V_j \quad \forall i, j \quad (7)$$

lo cual puede expresarse en forma de matriz

$$X = XB + V \quad \text{o} \quad X = (I - B)^{-1}V \quad (8)$$

donde $(I - B)^{-1}$ es la inversa de Ghosh, en la cual la suma de los elementos de los renglones contienen los encadenamientos hacia adelante (FL) de un sector.

Encadenamientos directos basados en el método de Chenery-Watanabe

Tras calcular las matrices de coeficientes técnicos y de distribución se construye una tabla, con las sumas de columna y fila, respectivamente, de cada uno de los 35 sectores económicos. La intensidad de los efectos de "arrastre" o encadenamientos hacia atrás (BL) que un sector j ha se calcula de la siguiente manera:

$$BL_j^{CW} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{x_j} \quad (9)$$

donde el superíndice CW significa la versión Chenery-Watanabe de los encadenamientos. Del mismo modo, los encadenamientos hacia adelante (FL) o efectos de "empuje" pueden ser definidos como:

$$FL_i^{CW} = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{x_i} \quad (10)$$

Encadenamientos totales basados en el método de Rasmussen

Rasmussen (1956) utiliza los coeficientes inversos de Leontief para calcular los efectos totales (directos e indirectos) de un sector sobre el resto de la economía. Esto es debido a la interdependencia del sistema productivo, lo que significa que cada sector se relaciona con los otros no sólo directamente, sino también indirectamente. Por tanto, un sector j puede no utilizar los insumos de otro sector i directamente, sino mediante el uso de los insumos de un tercer sector k , en cuya producción se utilizan insumos del sector i ; así el sector j utiliza indirectamente aportes de sector i . La suma de las columnas de la matriz inversa de Leontief cuantifica el aumento total de la producción necesaria para hacer frente a un aumento de la demanda final de los productos del sector j . Estos son los multiplicadores de la demanda que miden los efectos de arrastre totales o encadenamientos hacia atrás (BL), que identifican a los principales compradores intersectoriales.

Los multiplicadores de la demanda son estimados con la siguiente ecuación:

$$BL_j^R = \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad (11)$$

donde el superíndice R indica la versión de Rasmussen de encadenamientos.

La suma de las filas de la matriz inversa de Leontief cuantifica aumentos en la producción del sector i derivado de un aumento de una unidad en la demanda final de todos los sectores. En este caso, los multiplicadores de oferta cuantifican el efecto de empuje o encadenamientos hacia adelante (FL), lo que ayuda a detectar a los principales proveedores del sistema de producción, y su cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$FL_i^R = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (12)$$

Sin embargo, los encadenamientos hacia adelante enfrentaron las críticas de Jones (1976), que argumentó que mide solo los efectos sobre el lado de la oferta, y no del lado de la demanda. Para hacer frente a este problema, Jones se aplica el concepto de encadenamiento hacia adelante basado en la inversa de Ghosh, que se puede escribir como:

$$FL_i^{Rg} = \sum_{j=1}^n b_{ij} \quad (13)$$

Se puede interpretar como la respuesta en términos de la producción del sector i a una unidad de cambio en el valor agregado en la economía.

Índices de Dispersión de Rasmussen

Los encadenamientos totales proporcionan información en valores absolutos; sin embargo, son incapaces de actuar como una herramienta para clasificar los sectores por su importancia relativa y así permitir comparaciones posteriores. Para llenar este vacío, Rasmussen desarrolló los índices de dispersión. En primer lugar, se puede detectar el aumento necesario de la producción en cualquier industria dado el aumento de una unidad en la demanda final de productos de una industria j en particular. Este es el Índice del Poder de Dispersión (PDI) y se define de la siguiente manera:

$$PDI_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (14)$$

En segundo lugar, el índice de sensibilidad de dispersión (SDI) mide el grado en que la i industria se

ve afectada por la expansión de la economía, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$SDI_i = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (15)$$

El valor resultante del cálculo de estos índices nos permite apreciar la importancia relativa de cada sector de la economía. Los índices de dispersión clasifican la relevancia de acuerdo con las categorías anteriormente utilizadas.

Ponderaciones

Hasta ahora hemos calculado los coeficientes técnicos que reflejan los encadenamientos directos sin importar el peso que cada sector ocupa en la producción total de la economía. Lo anterior es una crítica presente en la literatura sobre el tema, lo cual indica que al ser estos resultados no ponderados se asume que todas las industrias tienen la misma importancia en la MIP (Laumas, 1976). Por tanto, es necesario introducir un factor de ponderación a fin de analizar la realidad económica de una mejor manera. En primer lugar, tenemos los encadenamientos directos y totales ponderados por la participación en la producción total, de la siguiente forma:

$$WOUTBL_j = BL_j \frac{x_j}{\sum_j x_j} \quad WOUTFL_j = FL_i \frac{x_i}{\sum_j x_j} \quad (16)$$

En segundo lugar, los encadenamientos hacia atrás son ponderados por la participación en la demanda final total, mientras que los encadenamientos hacia adelante son ponderados por la participación en el valor agregado:

$$WDFBL_j = BL_j \frac{y_j}{\sum_j y_j} \quad WVAFL_i = FL_i \frac{v_i}{\sum_i v_i} \quad (17)$$

Lo anterior se realizó siguiendo lo propuesto por Schultz (1977), con el objetivo de reflejar de mejor manera la realidad de las diferentes industrias y sus diferentes grados de importancia en la estructura económica.

RESULTADOS

Mediante el uso de las metodologías de Chenery-Watanabe y Rasmussen, así como la extensión propuesta por Jones se han estimado los encadenamientos directos y totales, además de los índices

de dispersión para la economía mexicana. Esto se realiza para encontrar sectores cuyos valores de encadenamientos en ambos sentidos sea mayor que el promedio. Es importante destacar que la base de datos contiene una serie de información de 1995 a 2009, por lo que algunos sectores no presentan el mismo comportamiento a lo largo del periodo. Por esta razón se clasifican como inestables (UNS) y sus resultados no fueron significativos durante todo el periodo de estudio.

Encadenamientos directos no ponderados

La Tabla 1 muestra los valores de los encadenamientos no ponderados, en donde la primera columna de cada variable indica las estimaciones sin considerar el sector externo; mientras que la columna adyacente tiene en cuenta el comercio con los Estados Unidos. En el análisis de los datos se puede observar el promedio de los coeficientes de producción y distribución de cada uno de los sectores y el impacto del sector exterior sobre ellos. En cuestión de relevancia para la economía mexicana destacan los casos de los sectores de Maquinaria (13), Equipo Eléctrico (14) y de Transporte (15) en las que se ve la fuerte relación que se tiene en términos de insumos y destino de la producción dado el incremento del comercio bilateral.

Para facilitar la interpretación de estos resultados y determinar la categoría en la que cada sector se puede clasificar mediante el método de Chenery-Watanabe, se presentan los resultados en la Tabla 2, con 11 posibles sectores clave. En el caso de los sectores 13 y 14, tras recibir el impulso del sector exterior, pasan de ser básicos y estratégicos, respectivamente, a ser clasificados como clave. Los sectores en rojo indican aquellos sectores con impacto negativo del sector exterior, mientras que aquellos en azul tienen un impacto positivo.

Encadenamientos directos ponderados

Los resultados de los encadenamientos directos ponderados por producción se presentan en la Tabla 3.

Con estos nuevos datos la clasificación de los sectores cambia con respecto a los resultados anteriores, de manera más notable: textiles (4); cuero y calzado (5); madera (6); pulpa y papel (7); caucho y plástico (10); otros minerales no metálicos (11); transporte por agua (24) y correos y telecomunicaciones (27), que han pasado de ser sectores estratégicos para ser colocados en la categoría de los sectores con encadenamientos bajos. Por el contrario, dada

Tabla 1. Encadenamientos directos no ponderados

Sector	Código	Coeficientes Técnicos Promedio				Encad. hacia atrás		Encad. hacia adelante		Resultado	
		Producción	Distribución	>prom BL	>prom FL	Y	N	Y	N	FL	BL
Agricultura, Caza, Silvicultura y Pesca	c1	0.3104	0.3511	0.4929	0.5261	UNS-Y	UNS-Y	Y	Y	KEY	KEY
Minería y Extracción	c2	0.1375	0.1554	0.5724	0.5746	N	N	Y	Y	FL	FL
Alimentos, Bebidas y Tabaco	c3	0.5223	0.5807	0.1512	0.1636	Y	Y	N	N	BL	BL
Textiles y productos textiles	c4	0.4455	0.5570	0.3307	0.4245	Y	Y	UNS-Y	Y	KEY	KEY
Piel, Cuero y Calzado	c5	0.4785	0.5545	0.3288	0.3369	Y	Y	UNS-Y	UNS-Y	KEY	KEY
Madera y Productos de Madera	c6	0.4988	0.5382	0.6752	0.7112	Y	Y	Y	Y	KEY	KEY
Pulpa, Papel, Prensa y editorial	c7	0.3983	0.4934	0.6834	0.7407	Y	Y	Y	Y	KEY	KEY
Coque, petróleo refinado y comb.nuclear	c8	0.7760	0.7983	0.4669	0.5030	Y	Y	Y	Y	KEY	KEY
Químicos y Productos Químicos	c9	0.5713	0.6381	0.4212	0.5271	Y	Y	UNS-Y	Y	KEY	KEY
Caucho y Plásticos	c10	0.4469	0.5764	0.5001	0.6583	Y	Y	Y	Y	KEY	KEY
Otros minerales no metálicos	c11	0.3832	0.4232	0.5727	0.6000	Y	Y	Y	Y	KEY	KEY
Metales básicos y fabricados	c12	0.4527	0.5398	0.5561	0.6471	Y	Y	Y	Y	KEY	KEY
Maquinaria	c13	0.3471	0.4872	0.1321	0.3805	Y	Y	N	UNS-Y	BL	KEY
Equipos eléctricos y ópticos	c14	0.2848	0.5341	0.1380	0.3150	UNS-N	Y	N	UNS-Y	LOW	KEY
Equipo de transporte	c15	0.3476	0.5318	0.1139	0.2257	Y	Y	N	N	BL	BL
Manufacturas y reciclaje	c16	0.3757	0.5272	0.1505	0.1727	Y	Y	N	N	BL	BL
Electricidad, gas y agua	c17	0.4443	0.5031	0.6605	0.6605	Y	Y	Y	Y	KEY	KEY
Construcción	c18	0.3970	0.4586	0.0781	0.0781	Y	Y	N	N	BL	BL
Venta de vehículos automotores	c19	0.2187	0.2944	0.5453	0.5453	N	N	Y	Y	FL	FL
Comercio mayorista y comisionista	c20	0.2070	0.2371	0.3680	0.3680	N	N	Y	Y	FL	FL
Comercio al por menor	c21	0.1938	0.2219	0.3680	0.3680	N	N	Y	Y	FL	FL
Hoteles y Restaurantes	c22	0.2461	0.2639	0.1244	0.1252	N	N	N	N	LOW	LOW
Transporte Terrestre	c23	0.2708	0.3028	0.2556	0.2556	N	N	N	N	LOW	LOW
Transporte por agua	c24	0.5296	0.5750	0.4696	0.4696	Y	Y	Y	Y	KEY	KEY
Transporte aéreo	c25	0.5699	0.6357	0.1856	0.2559	Y	Y	N	N	BL	BL
Otros servicios auxiliares del transporte	c26	0.2250	0.2494	0.4445	0.4488	N	N	Y	Y	FL	FL
Correos y Telecomunicaciones	c27	0.3190	0.3482	0.3568	0.3578	UNS-Y	Y	Y	Y	KEY	KEY
Intermediación Financiera	c28	0.3087	0.3213	0.6665	0.6690	UNS-N	UNS-N	Y	Y	FL	FL
Actividades Inmobiliarias	c29	0.0791	0.0841	0.1904	0.1904	N	N	N	N	LOW	LOW
Alquiler de Maquinaria y Equipo	c30	0.2316	0.2655	0.7552	0.7570	N	N	Y	Y	FL	FL
Admon. Pública, Defensa y Seg. Social	c31	0.2519	0.2687	0.0148	0.0334	N	N	N	N	LOW	LOW
Educación	c32	0.1082	0.1144	0.0183	0.0183	N	N	N	N	LOW	LOW
Salud y Trabajo Social	c33	0.1876	0.2273	0.0016	0.0016	N	N	N	N	LOW	LOW
Otros Servicios Personales	c34	0.2412	0.2694	0.0861	0.1007	N	N	N	N	LOW	LOW
Hogares emplean personal doméstico	c35	0.0156	0.0157	0.0000	0.0000	N	N	N	N	LOW	LOW

Fuente: Cálculos del autor con datos de la WOD.

Tabla 2. Clasificación CW no ponderada

Sectores clave: 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 24, 27	Sectores básicos: 3, 13, 15, 16, 18, 25
Sectores estratégicos: 2, 19, 20, 21, 26, 28, 30	Sectores independientes: 14, 22, 23, 29, 31, 32, 33, 34, 35

Fuente: Cálculos del autor con datos de la WOD.

Tabla 3. Clasificación CW con ponderación por producción

Sectores clave: 1, 3, 8, 9, 12, 20, 21, 23, 28, 30	Sectores básicos: 14, 15, 18
Sectores estratégicos: 2, 7, 17, 29	Sectores independientes: 4, 5, 6, 10, 11, 13, 16, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 35

Fuente: Cálculos del autor con datos de la WOD.

su participación en la producción total, los sectores de transportes terrestre (24) y alimentos, bebidas y tabaco (3) están clasificados como sectores clave.

Los sectores 14 y 15 dedicados a la fabricación de maquinaria y equipos de transporte, respectivamente, muestran la importancia relativa del sector externo en la producción de estas industrias, que en la actualidad están clasificadas en el rubro de sectores clave. Por el contrario, la intermediación financiera (28) se reclasifica como un sector con fuertes encadenamientos hacia adelante.

Una vez más, algunos cambios en la clasificación de las actividades industriales cuando los encadenamientos directos se ponderan de forma diferente. Ahora, la ponderación tendrá en cuenta las características de los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante. Para los encadenamientos hacia atrás, estos son ponderados por su participación en la demanda final, ya que esta es una variable exógena en el modelo de demanda, mientras que en el caso de los encadenamientos hacia adelante se utiliza el valor agregado como factor de ponderación, al ser esta la variable exógena en el modelo de oferta. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Clasificación CW con ponderación por Valor Agregado y Demanda Final

Sectores clave: 1, 12, 20, 21, 23	Sectores básicos: 3, 8, 9, 14, 15, 18, 31
Sectores estratégicos: 2, 28, 29, 30	Sectores independientes: 4, 5, 6, 7, 10, 11, 13, 16, 17, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 32, 33, 34, 35

Fuente: Cálculos del autor con datos de la WCO.

Al revisar los resultados de la tabla anterior se puede observar que los sectores previamente clasificados como estratégicos, como coque y petróleo (8) y Productos químicos (9) ahora son sectores básicos. Por otra parte, el sector de electricidad, gas y agua (17) se reclasifica como de bajo encadenamiento. Al incluir las importaciones estadounidenses, la única discrepancia es en el sector 9 que ahora es clave por su valor agregado.

Los multiplicadores de la oferta y la demanda

La Tabla 5 muestra los resultados para los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante sobre la base

del método de Rasmussen, también incluyendo los resultados para el multiplicador de Jones. Nuevamente, la primera columna de cada variable indica las estimaciones sin considerar el sector externo, mientras que la columna adyacente tiene en cuenta el comercio con Estados Unidos.

Es importante destacar el efecto de “arrastre” del sector 8, dado que con un aumento de una unidad de su demanda final la economía debe aumentar su producción total en casi dos unidades. Del mismo modo, analizando los multiplicadores de oferta de Rasmussen, para generar un aumento de la demanda final de los productos de cada sector, la industria extractiva (2) y el alquiler de maquinaria y equipo (30) debería aumentar su producción en 3,15 y 2,86 unidades, respectivamente. En general, los resultados difieren de los obtenidos por el método de Rasmussen en sólo nueve casos, y dos de ellos [transporte terrestre (23) y actividades inmobiliarias (29)] se subestiman.

Tabla 5. Multiplicadores no ponderados con y sin importaciones

Sectores		Rasmussen		Multiplicadores de Jones de la Oferta			
		Multiplicadores de la Demanda	Multiplicadores de la Oferta				
Agricultura, Caza, Silvicultura y Pesca	c1	1.4796	1.5934	1.8068	1.9608	1.6652	1.7305
Minería y Extracción	c2	1.2024	1.2527	2.8554	3.2306	1.9600	2.0435
Alimentos, Bebidas y Tabaco	c3	1.7894	1.9598	1.4094	1.4787	1.2003	1.2230
Textiles y productos textiles	c4	1.6946	2.0070	1.4258	1.7632	1.4797	1.6794
Piel, Cuero y Calzado	c5	1.7782	2.0131	1.2775	1.2966	1.4558	1.4978
Madera y Productos de Madera	c6	1.7534	1.8829	1.2108	1.2639	1.9675	2.0658
Pulpa, Papel, Prensa y editorial	c7	1.5948	1.8390	1.6503	1.9984	2.0729	2.2472
Coque, petróleo refinado y comb.nuclear	c8	1.9718	2.0612	1.6299	1.7935	1.6974	1.7842
Químicos y Productos Químicos	c9	1.7895	1.9736	1.9731	2.7484	1.6648	1.9011
Caucho y Plásticos	c10	1.6885	2.0111	1.2307	1.5234	1.6521	1.9449
Otros minerales no metálicos	c11	1.5532	1.6702	1.2241	1.2732	1.6973	1.7562
Metales básicos y fabricados	c12	1.6892	1.9315	1.8173	2.5010	1.7895	2.0119
Maquinaria	c13	1.5186	1.8576	1.0583	1.2517	1.1806	1.5719
Equipos eléctricos y ópticos	c14	1.4270	2.0212	1.2468	1.9745	1.1721	1.4660
Equipo de transporte	c15	1.5143	1.9588	1.2558	1.6725	1.1468	1.3215
Manufacturas y reciclaje	c16	1.5822	1.9436	1.0975	1.1240	1.2036	1.2514
Electricidad, gas y agua	c17	1.7110	1.8862	1.7377	1.8102	2.0235	2.0752
Construcción	c18	1.5959	1.7720	1.1524	1.1586	1.0906	1.0919
Venta de vehículos automotores	c19	1.3152	1.4972	1.2575	1.2859	1.7881	1.8292
Comercio mayorista y comisionista	c20	1.2877	1.3715	2.1933	2.3536	1.5244	1.5594
Comercio al por menor	c21	1.2694	1.3476	2.0498	2.1909	1.5244	1.5594
Hoteles y Restaurantes	c22	1.3607	1.4233	1.1638	1.1835	1.1761	1.1890
Transporte Terrestre	c23	1.4151	1.5081	1.7409	1.8322	1.3678	1.3895
Transporte por agua	c24	1.7587	1.9098	1.0274	1.0302	1.6861	1.7230
Transporte aéreo	c25	1.8433	2.0368	1.0542	1.0868	1.2725	1.4092
Otros servicios auxiliares del transporte	c26	1.3164	1.3896	1.2837	1.3087	1.6230	1.6776
Correos y Telecomunicaciones	c27	1.4509	1.5412	1.4198	1.4484	1.5408	1.5587
Intermediación Financiera	c28	1.4194	1.4677	2.1774	2.3062	2.0135	2.0644
Actividades Inmobiliarias	c29	1.1129	1.1316	1.6717	1.7241	1.2885	1.2989
Alquiler de Maquinaria y Equipo	c30	1.3271	1.4215	3.1472	3.3431	2.1504	2.2007
Admon. Pública, Defensa y Seg. Social	c31	1.3604	1.4206	1.0240	1.0721	1.0245	1.0521
Educación	c32	1.1519	1.1761	1.0242	1.0256	1.0232	1.0239
Salud y Trabajo Social	c33	1.2736	1.3745	1.0018	1.0020	1.0024	1.0025
Otros Servicios Personales	c34	1.3484	1.4330	1.0706	1.0913	1.1284	1.1531
Hogares emplean personal doméstico	c35	1.0222	1.0230	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Fuente: Cálculos del autor con datos de la WCO.

Como se ha realizado en la sección anterior, las importaciones procedentes de EE UU a México se incluyen en el análisis, en el cual el impacto del sector externo en los multiplicadores ponderados difiere entre los distintos sectores. En el caso de los multiplicadores hacia atrás, los sectores 4, 10, 13, 14, 15 y 16 tienen un incremento entre el 20 y el 40%. Para los multiplicadores hacia adelante, con el método de Jones se tienden a subestimar los resultados en relación con el método de Rasmussen: los sectores 9, 12 y 15 muestran un aumento por encima del 30%, hasta llegar a 60% para equipos eléctricos y ópticos (14), mientras que solo los sectores 13 y 14 aumentan por más de 20% cuando se usa la inversa de Ghosh.

La Tabla 6 muestra la clasificación de los sectores de acuerdo a los índices de dispersión de Rasmussen. Al analizar los resultados para el caso no ponderado para la inversa de Leontief, celulosa y papel (7), petróleo y coque (8), productos químicos (9), metales básicos y fabricados (12) y electricidad, gas y agua (17) destacan como sectores clave.

Tabla 6. Clasificación índices de dispersión no ponderados

Sectores clave: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 24	Sectores básicos: 3, 4, 5, 6, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 24, 25
Sectores estratégicos: 1, 2, 19, 20, 21, 23, 26, 27, 28, 29, 30	Sectores independientes: 14, 19, 22, 23, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 35

Fuente: Cálculos del autor con datos de la WIOD.

En el caso del SDI basado en la inversa de Ghosh, además de los sectores clave previamente detectados, madera (6), caucho y plástico (10), otros minerales no metálicos (11), y el transporte por agua (24), son también incluidos entre los sectores estratégicos. Por tanto, sin importar el impacto absoluto y solo teniendo en cuenta el aspecto de detección de sectores clave, ambos enfoques muestran buena concordancia. Los sectores en verde indican a aquellos cuya clasificación difiere entre el enfoque de Rasmussen y Jones.

En cuanto al sector externo tres sectores muestran resultados totalmente diferentes: textiles (4), aparatos eléctricos y ópticos (14) y el material de transporte (15) son los sectores clave cuando se incluyen los insumos externos.

Tal como se hizo antes, se incorporan elementos de ponderación. La Tabla 7 muestra los resultados para la estimación de los índices de dispersión ponderados por la producción incluyendo de las importaciones y sin ellas.

Tabla 7. Clasificación índices de dispersión ponderados por producción

Sectores clave: 1, 2, 3, 9, 12, 14, 15, 18, 20, 21, 23, 28, 29, 30	Sectores básicos
Sectores estratégicos	Sectores independientes: 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 16, 17, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 35

Fuente: Cálculos del autor con datos de la WIOD.

Estos resultados no presentan una diferencia relevante en la detección de sectores clave entre los dos métodos (Rasmussen y Jones) cuando se introduce la producción como factor de ponderación. Sin embargo, la relevancia de los sectores cambia porque ahora se tiene en cuenta la importancia relativa de cada sector en la producción total. Únicamente el sector de intermediación financiera (28) se ve por el sector externo al pasar de ser estratégico a clave.

Además, la Tabla 8 muestra los resultados utilizando la demanda final y el valor agregado como factores de ponderación. Al comparar estos resultados con los índices no ponderados (Tabla 7), los cambios en las posiciones de algunos sectores llaman la atención. Pulpa y papel (7), petróleo y coque (8) y electricidad, gas y agua (17) se mueven de ser sectores estratégicos a ser sectores con baja capacidad de inducir efectos multiplicadores en la economía.

Tabla 8. Clasificación índices de dispersión ponderados por valor agregado y demanda final

Sectores clave: 3, 9, 14, 15, 18, 20, 21, 23, 29, 32	Sectores básicos: 9, 14, 15, 31
Sectores estratégicos: 1, 2, 12, 28, 30	Sectores independientes: 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 33, 34, 35

Fuente: Cálculos del autor con datos de la WIOD.

La única discrepancia al incluir el sector externo se encuentra en el de equipos eléctricos y ópticos (14), que ahora se clasifica como clave. Otro aspecto

importante son los sectores de metales básicos y fabricados (12) y de intermediación financiera (28) cuyo tamaño de producción les hace estratégicos, a pesar de que presentan un bajo nivel de influencia en la demanda final. Este caso es opuesto a lo encontrado en los sectores Administración pública y defensa (30) y educación (31), cuya participación en la producción es baja; sin embargo, tienen un enorme impacto en la demanda final de la economía.

DISCUSIÓN

Este trabajo contribuye empíricamente mediante la presentación de dos enfoques que nos ofrecen la posibilidad de analizar la estructura de la producción, así como saber acerca de la evolución en el tiempo de las relaciones intersectoriales y su intensidad, esto con el propósito de servir como base para la estrategia de desarrollo económico. Por tanto, la estrategia óptima debe ser otorgar mayores incentivos a los sectores con encadenamientos hacia atrás para maximizar la tasa de crecimiento de la economía. Los resultados obtenidos en el presente estudio son importantes, ya que es posible detectar los cambios en la estructura económica de México que tuvo lugar entre 1995 y 2009.

Los resultados obtenidos a partir de los encadenamientos directos siguiendo la metodología de Chenery-Watanabe indican que para el caso de los resultados sin ponderar el impacto global del sector exterior es más alto en los coeficientes técnicos, mientras que los coeficientes de distribución muestran cambios significativos únicamente en sectores muy específicos. Lo anterior muestra que mientras que las importaciones de insumos juegan un papel importante en el proceso de producción, el mayor impacto se registra en términos del destino de la producción; en donde los casos más importantes son maquinaria y equipos eléctricos y ópticos. Estos sectores se clasifican como clave dado el impacto que el comercio bilateral tiene sobre ellos, mientras que para la economía nacional son sectores con eslabonamientos hacia atrás y bajos, respectivamente.

Cuando se ponderan los resultados anteriores, con base en su participación sectorial en la producción total, el impacto positivo de las importaciones se centra una vez más en los sectores de equipos eléctricos y ópticos y equipo de transporte que se clasifican como claves en lugar de encadenamientos hacia atrás. Por el contrario, el sector de intermediación financiera registró una variación negativa de ser un

sector clave para ser reclasificado como un sector con encadenamientos hacia adelante.

De la misma manera se procedió a ponderar los resultados iniciales por su participación en la demanda final en el caso de los encadenamientos hacia atrás y por participación en el valor agregado de los encadenamientos hacia adelante. Esta ponderación diferente se hace dado que los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante se calculan a partir de las matrices de Leontief y Ghosh, respectivamente. A partir de estos resultados, sólo el sector químico muestra un cambio en la clasificación al pasar de ser clasificado como clave en lugar de bajos encadenamientos cuando se introduce sector externo. Así, en términos generales, tanto en la matriz de transacciones interindustriales como en clasificación sectorial, el impacto del comercio bilateral se concentra en determinados sectores. También hay que señalar la relativa estabilidad de los resultados durante el periodo de estudio para la mayoría de los sectores de la economía mexicana.

Tras el análisis de los encadenamientos directos, el método de Rasmussen se utiliza para estimar los multiplicadores de oferta y demanda. Esto tiene como objetivo determinar la capacidad que tiene un sector para inducir la expansión en el resto de la economía, es decir los encadenamientos totales. Es de destacar que para los encadenamientos hacia adelante se incluye el multiplicador de Jones. El análisis de los multiplicadores se complementa con los índices de dispersión, lo que permite clasificar los sectores para realizar una mejor comparación. Este análisis comienza con las estimaciones no ponderadas, que muestran que en el caso del multiplicador de la demanda el sector químico es el único con un valor cercano a dos cuando no se toma en cuenta el sector externo; mientras que cuando se incorporan las importaciones diversos sectores llegan a este valor, y son los sectores de equipos eléctricos y ópticos y equipo de transporte los que presentan el crecimiento más alto.

En el caso de los multiplicadores de la oferta, mediante el análisis de los resultados de la inversa de Leontief, destacan minería y renta de maquinaria y equipo como sectores con valores en torno a tres. Para los multiplicadores de Jones, los resultados no muestran una tendencia clara con respecto a los multiplicadores de Rasmussen para subestimar o sobrestimar los coeficientes. Con el fin de obtener una mejor comparación, los índices de dispersión se utilizan para clasificar los sectores de acuerdo con su capacidad para influir en la

economía. Al observar los resultados de los índices no ponderados se puede notar que en los resultados sin y con las importaciones estadounidenses, el nivel de coincidencia en las estimaciones de los métodos de Rasmussen y Jones es muy alta, tiende esta última a sobreestimar la clasificación de los sectores.

A partir de dichos resultados destaca el cambio de clasificación sectorial de textiles, equipos eléctricos y ópticos y equipo de transporte, sectores clave que reflejan la importancia del sector externo en sus actividades. Mención especial merece el cambio en los dos últimos sectores mencionados, ya que según el multiplicador de Jones estos se clasifican como encadenamientos hacia atrás.

Cuando los resultados son ponderados por su contribución sectorial a la producción solo se presenta un cambio negativo en la clasificación sectorial que corresponde a la intermediación financiera, lo que es similar a lo observado con encadenamientos directos. Los resultados ponderados por su participación en la demanda final y el valor añadido no reflejan un impacto significativo del sector externo sobre la estructura productiva.

Para resumir la información presentada anteriormente y si se consideran todos los encadenamientos directos calculados (sin ponderar y ponderado), podemos dividir los sectores económicos basados en el hecho de que mantengan su posición en al menos dos de las clasificaciones anteriores, lo cual se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Clasificación CW General

Sectores clave: 1, 8, 9, 12, 20, 21, 23	Sectores básicos: 3, 15, 18
Sectores estratégicos: 2, 28, 29, 30	Sectores independientes: 4, 5, 6, 10, 11, 13, 16, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 35

Fuente: Cálculos del autor con datos de la WIOD.

En dichos resultados cabe destacar el caso de los sectores de pulpa y madera (7), equipos eléctricos y ópticos (14) y electricidad, gas y agua (17), que al mostrar comportamientos diferentes en cuanto a su clasificación cuando están no ponderados y con las distintas ponderaciones no es posible determinar exactamente a qué categoría final pertenecen. Por tanto, en términos de la clasificación sectorial, se

muestra un alto nivel de acuerdo entre los cálculos realizados, si se tienen en cuenta solo las transacciones interindustriales nacionales y aquellas en las que las aportaciones de Estados Unidos están incluidas.

Tabla 10. Clasificación índices de dispersión general

Sectores clave: 3, 9, 12, 14, 15, 18, 20, 21, 23, 29	Sectores básicos
Sectores estratégicos: 1, 2, 28, 30	Sectores independientes: 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 16, 17, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 35

Fuente: Cálculos del autor con datos de la WIOD.

En el caso de la metodología de Rasmussen, la Tabla 10 muestra una clasificación por sectores basada en la estimación de los índices de dispersión, tanto no ponderados como ponderados.

Equipos eléctricos y ópticos (14) y el material de transporte (15) son los sectores en los que la inclusión de las importaciones de Estados Unidos tiene más efecto, clasificados como sectores clave de sus insumos importados acciones. Aquí vale la pena señalar el caso del sector 15 (industria automotriz), ya que es la base para la formación de importantes clústeres para la economía mexicana durante el periodo de estudio.

CONCLUSIONES

El presente trabajo muestra, por un lado, que si bien los coeficientes técnicos y de distribución permanecen relativamente estables a lo largo del periodo de estudio cuando se utiliza el método de Chenery-Watanabe (aun tomando en cuenta la influencia del sector externo); en el caso del método de los Índices de Dispersión de Rasmussen y Jones la inestabilidad se encuentra principalmente cuando no se ponderan dichos resultados; mientras que al introducirse alguna variable de ponderación los resultados muestran una mayor consistencia. En ambos métodos el sector externo tiene una influencia positiva, con algunas excepciones muy puntuales, como se ha mencionado anteriormente.

Por tanto, los resultados indican que la estructura productiva de México ha experimentado un profundo cambio debido a la sustitución de productos nacionales por productos extranjeros y también se observa una especialización para exportar inducida por el impulso de la industria maquiladora.

Los resultados descritos previamente pueden ser utilizados para analizar el impacto de las políticas industriales y comerciales llevadas a cabo por el gobierno mexicano buscando el crecimiento económico. Si bien proyectar el impacto de una nueva política utilizando una MIP tiene un alcance limitado debido al desfase temporal de los datos, es posible detectar qué sectores deben ser impulsados y buscar una asignación más eficiente de los apoyos a la producción con base en la clasificación sectorial que se obtuvo en este trabajo.

De acuerdo con lo anterior, los sectores clave y básicos deberían ser estimulados, ya que las actividades clasificadas en estos grupos tendrían una mayor capacidad de inducir efectos multiplicadores a otros sectores de la economía, dados los requerimientos de insumos intermedios que tienen. Además, los sectores clave contribuyen con su producción para satisfacer la demanda intermedia, lo que es relevante debido a

que el aumento en la disponibilidad de insumos intermedios es la condición necesaria para el crecimiento de los sectores que los utilizan.

Finalmente, dentro de las perspectivas de estudio dentro de esta investigación, el siguiente paso para el análisis de la estructura de producción será la aplicación de las metodologías que buscan las relaciones espaciales siguiendo a Streit o analizando la importancia de cada sector en caso de la falla de este, tal y como lo proponen Dietzenbacher y Van der Linden. Adicionalmente, si bien el nivel de desagregación es apropiado para llevar a cabo un análisis exhaustivo de la economía mexicana, el uso de matrices regionales añadiría un aspecto espacial importante. En la actualidad es posible encontrar los esfuerzos de investigación aislados que construyen este tipo de matrices; sin embargo, estos no son uniformes en el año base que deja un tema de investigación abierto para el futuro.

LITERATURA CITADA

- AROCHE, F. La investigación sobre el modelo insumo-Producto en México, orígenes y tendencias. *Estudios Económicos*, 28(2): 249-264, 2013.
- BOUCHAIN, R. C. y BRAVO, E. Una estrategia de industrialización basada en las necesidades. *Seminario internacional de Teoría del Desarrollo*. UNAM, 2011.
- CHENERY, H. B. y WATANABE, T. International Comparisons of the Structure of Production. *Econometrica*, 26(4): 487-521, 1958.
- DIETZENBACHER, E. y VAN DER LINDEN, J. A. Sectoral and Spatial Linkages in the EC Production Structure. *Journal of Regional Science*, 37(2): 235-257, 1997.
- FUENTES, N. A. et al *Modelo de Insumo-Producto Regional en México: Una Aproximación Bibliométrica*. Taller de Análisis de Insumo-Producto (mimeo). UNAM-INEGI, 2013.
- GHOSH, A. Input-Output Approach in an Allocation System. *Economica*, 25(94): 58-64, 1958.
- HIRSCHMAN, A.O. *The Strategy of Economic Development*. Estados Unidos: Yale University Press, 217, 1958.
- JONES, L. P. The Measurement of Hirschmanian Linkages. *Quarterly Journal of Economics*, 90(2): 323-333, 1976.
- LAUMAS, P. S. The Weighting Problem in Testing the Linkage Hypothesis. *Quarterly Journal of Economics*, 90(2): 308-312, 1976.
- LEONTIEF, W. Interrelation of prices, output, savings, and investment. *The Review of Economics and Statistics*, 19(3): 109-132, 1937.
- LEONTIEF, W. Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States. *The Review of Economics and Statistics*, 18(3): 105-125, 1936.
- NÚÑEZ, G. Macro Matriz de Contabilidad Social de México para el año 2003. *Econoquantum*, 11(2): 75-99, 2014.
- NÚÑEZ, G. *MCS y MEGA de México para 2008 y el caso de los impuestos sobre la extracción de hidrocarburos*. Documento de trabajo. El Colegio de México, 2015.
- RASMUSSEN, P. N. *Studies in Intersectoral Relations*. Holanda: North-Holland Publishing Co., 217, 1956.
- SCHULTZ, S. Approaches to identifying key sectors empirically by means of input-output analysis. *The Journal of Development Studies*, 14(1): 77-96, 1977.
- STREIT, M. E. Spatial Associations and Economic Linkages between industries. *Journal of Regional Science*, 9(2): 177-188, 1969.

De páginas electrónicas

- TIMMER, M. P. (Ed.) *The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods*. WIOD Working Paper Number 10, 2012. Recuperado el 15 de enero del 2013 de <<http://www.wiod.org/publications/papers/wiod10.pdf>>

Tipología de usuarios de redes sociales en México: ¿creadores o espectadores?

Typology of social network users in Mexico: creators or spectators?

José Ignacio Azuela Flores^{1*}, Isabel Baltazar Romero¹, Karla Paola Jiménez Almaguer¹, Magda Lizet Ochoa Hernández¹, Nadia Huitzilín Jiménez Torres²

Azuela Flores, J. I., Baltazar Romero, I., Jiménez Almaguer, K. P., Ochoa Hernández, M. L., Jiménez Torres, N. H. Tipología de usuarios de redes sociales en México: ¿creadores o espectadores? *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 65: 59-65, mayo-agosto 2015.

RESUMEN

Son diversas las aplicaciones comerciales que ofrecen las redes sociales (RR.SS.). En ellas, además de la comunicación que fluye entre los consumidores, se pueden anunciar e incluso vender productos. Sin embargo, para poder hacer uso eficiente de ellas es necesario saber quiénes y cómo son los usuarios. El presente estudio trata de responder a estas preguntas y propone una clasificación de los usuarios de las RR.SS. en México de acuerdo con la frecuencia y horas de uso. Para lograrlo, se ha realizado un análisis Cluster con los datos de la Encuesta Sobre el Uso de Redes Sociales (ESURS). Los resultados de este trabajo permiten identificar dos tipologías de usuarios de RR.SS. en México; quienes generan y consumen contenidos (creadores), y quienes solo consumen contenidos en las redes sociales (espectadores).

ABSTRACT

Several are the business applications offered by Social Networks Sites (SNS). In them, people can interchange information, but also firms can advertise and even sell

Palabras clave: redes sociales, tipología de usuarios, análisis cluster, RR.SS., creadores, espectadores.

Keywords: social networks, users typology, cluster analysis, SNS, creators, spectators.

Recibido: 7 de noviembre de 2013, **aceptado:** 22 de enero de 2015

¹ Facultad de Comercio y Administración de Tampico, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

² Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Burgos.

* Autor para correspondencia: iazuelaf@uat.edu.mx

their products. However, in order to make efficient use of them, it is necessary to know who and how are the users. This study tries to answer these questions and proposes a classification of users of SNS in Mexico according to their frequency and hours of use. To achieve this, we conducted a cluster analysis with data from the Survey on the Use of Social Networks (SUSNS). Our results show that in Mexico, the SNS users can be classified into two types; those who generate and consume content (creators), and those who only consume content on social networks (spectators).

INTRODUCCIÓN

La magnitud que han alcanzado las redes sociales ha despertado el interés tanto de académicos como de profesionales del *marketing*. Analizar e identificar quiénes y cómo son los usuarios ha sido una constante y han sido diversos los intentos por trazar su perfil. Investigaciones previas han explicado diferencias sociodemográficas entre los usuarios de distintas RR.SS. (Magnuson y Dundes, 2008; Peluchette y Karl, 2008). Se ha encontrado que, en algunos casos, existen diferencias de género entre los usuarios.

En el caso de MySpace se advierte que, frente a los hombres, las mujeres son más propensas a revelar intereses y aspectos de su vida personal (Magnuson y Dundes, 2008), mientras que en Facebook, las investigaciones muestran conductas estereotipadas entre hombres y mujeres. Por un lado, los hombres no solo manifestaban ser más propensos a publicar contenidos obscenos sino que, aparentemente, no les preocupaban las repercusiones que estos

podieran tener en su futuro³. Las mujeres tendían a compartir fotos y contenidos tiernos o románticos (Peluchette y Karl, 2008).

El surgimiento de nuevas y, en algunos casos, especializadas RR.SS., no se hizo esperar. Esto permitió que los individuos pudieran ser usuarios de más de una red social de manera simultánea. Con lo cual, eran necesarios nuevos perfiles que no se concentraran en una red en específico, sino que trataran de explicar al usuario de RR.SS. en general.

Alarcón del Amo et al. (2011) trazaron el perfil del usuario de las redes sociales que, a diferencia de anteriores, no se concentra en una única red social y que, además de incluir características sociodemográficas, incluyen características psicográficas y de conducta. En concreto presentan una tipología de usuarios con base en la frecuencia de uso e identificaron hasta cuatro tipos: 1) *introvertidos*; 2) *nóveles*; 3) *versátiles* y 4) *experto-comunicadores*. Los usuarios introvertidos se caracterizan por ser el grupo menos activo, se podría decir que para estos, el uso de las redes sociales se limita a enviar mensajes privados a su red de amigos. Por su parte, los nóveles son usuarios más ocasionales que utilizan las redes sociales principalmente para comunicarse con sus amigos aunque también comparten contenidos. Mientras que los versátiles, son aquellos que prácticamente realizan todo tipo de actividades dentro de las redes sociales aunque todas ellas con diferente intensidad. Finalmente, los experto-comunicadores son aquellos que no solo realizan una gran variedad de actividades, sino que lo hacen con mucha frecuencia.

En una aproximación muy similar a la de la anterior investigación, y con resultados semejantes, Constantinides et al. (2010), emplearon datos del mercado holandés e identificaron cuatro segmentos, aunque las denominaciones que emplean para llamar a los segmentos son ligeramente diferentes: 1) *principiantes*; 2) *usuarios habituales*; 3) *usuarios destacados* y 4) *expertos*. En términos generales, los resultados son parecidos. En la categoría de los principiantes se encuentran

aquellos cuya frecuencia y uso de redes sociales es muy baja. Tanto la frecuencia como el uso de las RR.SS. van aumentando dentro de los segmentos a medida que estos se aproximan al usuario experto.

Finalmente, se encuentra la tipología propuesta por OFCOM (2008) que, mediante datos del Reino Unido, clasifica a los usuarios de las RR.SS. en cinco grandes grupos: 1) *socializadores alfa*; 2) *buscadores de atención*; 3) *seguidores*; 4) *fieles* y 5) *funcionales*. Los primeros (socializadores alfa) se distinguen por utilizar las redes sociales durante cortos periodos de tiempo, principalmente para conocer gente nueva y entretenerse. Por su parte, los buscadores de atención, como su nombre lo indica, se identifican por buscar la atención y comentarios de los demás, a menudo mediante la publicación de fotos llamativas en su red social.

Los seguidores se caracterizan por no ser de los primeros en adoptar las redes sociales virtuales, sino que se unieron a estos sitios web para estar al día con lo que sus compañeros están haciendo. Por su parte, los fieles son aquellos para los que los sitios de redes sociales son una herramienta útil para fortalecer las redes existentes en lugar de crear nuevas amistades virtuales. Finalmente, los funcionales se caracterizan por emplear las RR.SS. para un propósito en particular como buscar música, por ejemplo; por lo que se trata de usuarios ocasionales, con visitas muy cortas.

En el caso concreto de México se advierte que aún no se cuenta con un perfil sociopsicográfico del usuario, al menos no como los antes presentados. Más bien, los perfiles existentes se concentran en analizar las diferencias sociodemográficas entre los usuarios de las RR.SS. Ejemplo de ello es el análisis realizado por Consulta Mitofsky (2011), en el que se destaca que el usuario de redes sociales es, principalmente, un joven con estudios medios y de nivel económico medio.

Aunque la Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI, 2011) ofrece una clasificación más completa de los usuarios, donde señala no solo las diferencias sociodemográficas sino que incluye variables del comportamiento de los mismos. No obstante, sus resultados no ofrecen tipologías de usuarios sino que se centran en explicar al usuario promedio de RR.SS. en México⁴.

El presente trabajo tuvo como objetivo identificar una tipología de usuarios de redes sociales en México de acuerdo a su frecuencia y horas de uso. Una aproximación hasta ahora no realizada.

³ Los autores se concentraban específicamente en la posibilidad de que los futuros empleadores pudieran acceder a los perfiles de Facebook de los encuestados.

⁴ Advierten que las mujeres son quienes acceden a las redes sociales con mayor proporción. El uso que ellas le dan es principalmente para comunicarse con amigos y/o familiares, aunque también las usan para consumir contenidos sobre cultura, deportes y entretenimiento, de la misma manera que para consumir noticias tanto nacionales como internacionales. Facebook, Youtube y Twitter son las redes sociales más conocidas y utilizadas en México.

Luego de presentar una breve descripción del tema en estudio, se detallará la metodología empleada para lograr la clasificación de los usuarios de las RR.SS. en México. Posteriormente se ofrecen los principales resultados alcanzados y el trabajo cierra ofreciendo algunas conclusiones e implicaciones de gestión.



Figura 1. La búsqueda de seguidores en las redes sociales.
Imagen tomada de
<http://www.blog.lmlizabethdelrio.com/>

MATERIALES Y MÉTODOS

La información estadística necesaria para identificar el perfil de los usuarios de redes sociales se ha obtenido de la Encuesta sobre el Uso de Redes Sociales (ESURS). La encuesta constó de 21 preguntas cerradas (preguntas de tipo dicotómica, discreta y discreta ordenada). El objetivo de esta encuesta ha sido obtener información referente al nivel de uso de redes sociales, frecuencia, motivos y datos sociodemográficos.

El tipo de aplicación de encuesta fue personal debido a que este método de recolección de datos primarios permite obtener un mayor matiz y veracidad en las respuestas del individuo en comparación con las encuestas realizadas en línea, empleadas habitualmente en los estudios previos similares [véase por ejemplo Alarcón del Amo et al. (2011)]. La encuesta se aplicó a una muestra de 384 individuos de entre 18 y 30 años⁵ interceptados en diferentes puntos de convergencia entre los miembros de este segmento. El método de selección de los encuestados fue el muestreo por cuotas (no

probabilístico) de tal modo que se asegurase la misma proporción de hombres que de mujeres.

Para evaluar la fiabilidad de la encuesta se utilizó el alfa de Cronbach, los resultados obtenidos superan los niveles sugeridos ($\alpha = .861$), lo que indica una buena fiabilidad de la encuesta (véase Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de fiabilidad de la encuesta

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados
.861	.862

El método empleado para realizar el trabajo se dividió en dos etapas. En la primera etapa se realizó un análisis factorial exploratorio, cuyo resultado fue empleado para validar la variable de indicador del *cluster* y realizar la segunda etapa (análisis *cluster*).

En atención a investigaciones previas se consideró la frecuencia de uso de las RR.SS. como uno de los indicadores para el análisis *cluster*, como se puede ver por ejemplo, en Constantinides et al. (2010) y Alarcón del Amo et al. (2011). La frecuencia de uso es sin duda una variable idónea para clasificar a los usuarios de las redes sociales. Sin embargo, es posible que el uso de esta única variable pueda conducir a sesgos en la clasificación. Puede ocurrir que algunos individuos accedan frecuentemente a las redes sociales pero que inviertan poco tiempo cada vez que entren y viceversa (individuos que accedan con poca frecuencia pero que inviertan considerable tiempo). Para evitar estos sesgos en el presente trabajo se empleó como indicador del *cluster* tanto la frecuencia de uso como las horas de uso. Para lograr esto se llevó a cabo un análisis factorial que permitió reflejar estas dos variables (frecuencia de uso y horas de uso) en un factor.

Posteriormente se realizó un análisis *cluster* con el fin de agrupar a los individuos encuestados con base en el factor obtenido en el apartado anterior. El análisis de *cluster* es una clasificación o agrupamiento de una población de n individuos en g grupos de acuerdo a un unas características determinadas (Sánchez Cuenca, 1990; San Martín et al., 2006). Para crear tipologías de consumidores, recurrimos al análisis *cluster* no jerárquico de aglomeración *K-means*.

La solución definitiva elegida para este estudio es de dos conglomerados atendiendo al tamaño de

⁵ La unidad a investigar es un usuario de internet de entre 18 y 30 años, con estas edades como rango, debido a que según datos de Consulta Mitofsky (2011) los usuarios de redes sociales (Facebook, Twitter) se encuentran dentro del mismo.

Tabla 2. Análisis *cluster* no jerárquico

Gpo.	Denominación	Tamaño		Distancia entre los centros de gravedad	
		Nº	%	Centros iniciales de los conglomerados	Media cuadrática
1	Espectadores	83	22%	-3.91093	249.24
2	Creadores	301	78 %	1.11249	

Tabla 3. Análisis ANOVA y centros de los conglomerados finales

Factores	Estadístico F	Sig. (95%)	Centros finales	
			Grupo 1	Grupo 2
Frecuencia de uso y horas en RR.SS.	711.774	0,000	-1.534210	.42305

los grupos, a la posibilidad de interpretación de los resultados, al grado de significación de cada factor en cada uno de los análisis (ANOVA) y a la posición de centroides finales⁶. El grado de significación de las variables y factores (análisis ANOVA) corrobora que son suficientemente representativos a un nivel de 95%. Los valores del estadístico *F* indican que las mayores variaciones entre los grupos vienen producidas por el factor de frecuencia y horas de uso de las RR.SS. (véanse Tablas 2 y 3). Gracias al análisis *cluster* fue posible identificar dos grupos homogéneos de usuarios de redes sociales.

RESULTADOS

Los resultados del análisis *cluster* sugieren dos clasificaciones de usuarios de redes sociales en función de su frecuencia y tiempo de uso (grupo 1 y grupo 2). El primero de ellos (grupo 1) es el grupo con menos individuos (83 individuos) que además, y de acuerdo con la variable de identificación (frecuencia y horas de uso), tienden a usar en menor medida las RR.SS. Por su parte, el segundo (grupo 2) es el que, además de ser el más numeroso (301 individuos), se compone de aquellos con acceso intensivo a las RR.SS. (ver tablas 2 y 3).

Al tener en cuenta estos dos grupos de usuarios fue posible definir cada uno de ellos con base en las características sociodemográficas y conductuales de

sus miembros. Así pues, a continuación se presenta el perfil de cada uno de ellos⁷:

Usuario Espectador (grupo 1)

Supone el grupo más pequeño, representan al 22% de los usuarios. Conformado tanto por hombres como mujeres jóvenes (de entre 18 y 22 años). Los usuarios espectadores se caracterizan por tener una escasa vida en las RR.SS. Estos usuarios muy pocas veces comparten fotos (40% rara vez lo hace), aunque suelen comentar las fotos de otros (31% comenta a menudo las fotos). Para este grupo, las RR.SS. son, principalmente, un medio para comunicarse con su red de amistades, comunicación que mantienen a través de mensajes privados (31%). También suelen utilizarlas para mantenerse informados de lo que acontece y en ocasiones incluso llegan a compartir links. En resumen, los usuarios espectadores se caracterizan por no generar contenidos dentro de las RR.SS., se limitan a observar lo que ocurre.

Usuario Creador (grupo 2)

Es el grupo mayoritario, sus miembros suponen el 78% de los usuarios. Se conforma por hombres y mujeres jóvenes de entre 22 y 25 años. Se trata de individuos cuya vida social en las redes es bastante activa compartiendo y comentando fotos constantemente (40% y 35%, respectivamente), y comentando lo que dicen o hacen las personas a las que siguen. Los creadores son unos auténticos desinhibidos, que además de compartir fotos hacen pública su vida. Actualizan constantemente su perfil (29%), comparten su estado de ánimo (24%) e incluso envían mensajes públicos a los miembros de su red. Evidentemente, a quie-

6 Previamente fue realizado un análisis *cluster* jerárquico para conocer las posibles agrupaciones de conglomerados. Así el número de grupos más adecuado está comprendido entre 2 y 4.

7 El lector podrá encontrar en la Tabla 4 la distribución porcentual de cada una de las actividades realizadas por ambos grupos.

nes conforman este grupo no solo les gusta exhibirse, también curiosear en la vida de los demás (42%). Por lo demás, los creadores también envían mensajes privados (42%), se informan de lo que acontece

(30%) y en ocasiones comparten *links* (45%). En resumen, los usuarios creadores se caracterizan por ser asiduos consumidores y generadores de contenidos dentro de las RR.SS.

Tabla 4. Perfiles de cluster obtenidos (indicadores)

	Grupo 1	Grupo 2
Tamaño de los cluster	22%	78%
Género		
Mujer	50%	50%
Hombre	50%	50%
Compartir o subir fotos		
Nunca	2%	3%
Rara vez	40%	10%
De vez en cuando	40%	48%
A menudo	18%	39%
Comentar fotos de amigos		
Nunca	5%	10%
Rara vez	41%	27%
De vez en cuando	23%	28%
A menudo	31%	35%
Comentar lo que dicen/hacen personas a las que sigue		
Nunca	17%	5%
Rara vez	48%	38%
De vez en cuando	13%	31%
A menudo	22%	26%
Curiosear		
Nunca	1%	5%
Rara vez	73%	19%
De vez en cuando	13%	34%
A menudo	13%	42%
Actualizar perfil		
Nunca	6%	12%
Rara vez	74%	21%
De vez en cuando	13%	38%
A menudo	7%	29%
Mandar mensajes privados		
Nunca	8%	12%
Rara vez	22%	11%
De vez en cuando	39%	35%
A menudo	31%	42%
Mandar mensajes públicos		
Nunca	5%	6%
Rara vez	65%	17%
De vez en cuando	17%	49%

	Grupo 1	Grupo 2
A menudo	13%	28%
Informarse sobre cosas que le interesan		
Nunca	6%	14%
Rara vez	27%	26%
De vez en cuando	35%	30%
A menudo	32%	30%
Descargar aplicaciones		
Nunca	23%	14%
Rara vez	67%	54%
De vez en cuando	4%	20%
A menudo	6%	12%
Descargar juegos		
Nunca	53%	41%
Rara vez	34%	29%
De vez en cuando	7%	17%
A menudo	6%	13%
Buscar amigos		
Nunca	34%	29%
Rara vez	53%	39%
De vez en cuando	10%	19%
A menudo	3%	13%
Buscar empleo		
Nunca	65%	55%
Rara vez	13%	34%
De vez en cuando	18%	10%
A menudo	4%	1%
Comunicar noticias o temas que cree que pueden ser de interés a todos		
Nunca	22%	14%
Rara vez	65%	48%
De vez en cuando	10%	33%
A menudo	3%	5%
Compartir estado de animo		
Nunca	51%	30%
Rara vez	36%	32%
De vez en cuando	9%	14%
A menudo	4%	24%

Continuación de la Tabla 4

	Grupo 1	Grupo 2
Compartir links de webs interesantes		
Nunca	15%	23%
Rara vez	42%	26%
De vez en cuando	31%	45%
A menudo	12%	6%
Comunicar ideas/reflexiones		
Nunca	16%	31%
Rara vez	65%	40%
De vez en cuando	13%	20%
A menudo	6%	9%
Informar sobre marcas o productos que utiliza		
Nunca	80%	63%
Rara vez	18%	31%
De vez en cuando	2%	4%
A menudo	0%	2%
Informar de anuncios de publicidad		
Nunca	87%	50%
Rara vez	11%	42%
De vez en cuando	2%	5%
A menudo	0%	3%

DISCUSIÓN

Nuestros resultados confirman lo encontrado en investigaciones previas (véase OFCOM, 2008; Alarcón del Amo et al., 2011). Al parecer las características socio-demográficas no definen, o al menos no en su totalidad, a los usuarios de RR.SS. Por tanto, para poder diferenciar entre tipos de usuarios, es necesario incluir variables relativas a los modos de uso.

Como en la literatura previa, en el contexto mexicano se observa que la densidad de los segmentos va incrementando a medida que aumenta la frecuencia de uso de las RR.SS. En México los espectadores —quienes manifiestan una baja intensidad de uso de las RR.SS.—, suponen el grupo minoritario (22%). Al igual que en el caso de Europa (Alarcón del Amo et al., 2011), los usuarios introvertidos, además de suponer el segmento más pequeño (18%), se caracterizaba por su baja frecuencia de uso de las RR.SS.

En contraste con anteriores trabajos, en donde se advierten entre cuatro (Constantinides et al., 2010;

⁸ De acuerdo a los datos de INEGI (2015) sólo el 43.5% de la población es usuario de internet. Mientras que en países como EE.UU. la cifra asciende al 84% (Banco Mundial, 2014).

Alarcón del Amo et al., 2011) y cinco tipos de usuario (Ofcom, 2008), los resultados alcanzados en esta investigación ofrecen una estructura subyacente más compacta de dos tipos de usuario de RR.SS. (creadores y espectadores). La presencia de menos segmentos naturales en el contexto mexicano y, por consiguiente, una menor diferenciación entre los usuarios de internet, puede ser atribuible a que el uso y acceso a las nuevas tecnologías aún se encuentra en desarrollo⁸ en comparación con países desarrollados donde las TIC tienen mayor grado de adopción.

Finalmente, un hallazgo de esta investigación se encuentra en los modos de uso de las RR.SS. entre ambos tipos de usuarios. Por un lado, los espectadores manifiestan un uso utilitarista de las RR.SS. al considerarlas como herramienta de comunicación a través de la cual establecen contacto con miembros de su red (envían mensajes privados) o consumen información (se informan); mientras que los creadores muestran un uso hedonista de las RR.SS., en donde el componente lúdico destaca.

CONCLUSIONES

Con la velocidad a la que avanza el desarrollo y la adopción tecnológica, a estas alturas hablar de tipologías de usuarios de RR.SS. no resulta novedoso. Al momento se han analizado tanto diferencias sociodemográficas (edad, género, entre otras), como conductuales o psicográficas (principalmente aquellas relacionadas con el uso de las RR.SS.) entre los usuarios de las redes sociales. Sin embargo, en México, los esfuerzos por clasificar a estos usuarios se han centrado en explicar sus diferencias sociodemográficas [véase por ejemplo, Consulta Mitofsky (2011)].

Si bien es posible encontrar perfiles generales que incluyen características conductuales entre los usuarios de las redes sociales, estas no diferencian ni proponen tipos de usuarios [véase por ejemplo, AMIPCI (2011)]. En el presente trabajo se ofrece una tipología de usuarios de redes sociales que a diferencia de investigaciones previas, no solo caracteriza a los usuarios de RR.SS. en función de sus características socio-demográficas, también pone atención a criterios conductuales relativos al uso de las redes sociales (por ejemplo, compartir y/o comentar contenidos, entre otros).

Los resultados de este trabajo permiten identificar que, dentro de los usuarios de RR.SS. en México, hay quienes generan y consumen contenidos (creadores), y quienes solo consumen contenidos (espectadores). Estos resultados ofrecen algunas implicaciones útiles

para la gestión empresarial o social de relaciones interpersonales; gracias a la clasificación propuesta, las empresas pueden advertir quiénes y cómo son aquellos usuarios propensos a distribuir información. De esta forma, las empresas podrían utilizar una estrategia de descremación para introducirse en las RR.SS. mediante una comunicación diseñada y dirigida especialmente a los usuarios creadores, para que estos desempeñen un papel de líderes al propagar los contenidos en las redes sociales, y así llegar de una forma más efectiva como prescriptores hacia los usuarios espectadores.

Otra contribución de este trabajo se sitúa en torno al mercado analizado. Las tipologías de usuarios de RR.SS. realizadas hasta el momento corresponden a mercados con amplio acceso a internet entre sus ciudadanos (es el caso de España, Holanda y el Reino Unido). Sin embargo, creadores y espectadores es una tipología que corresponde a un mercado en donde menos de la mitad de la población tiene acceso a internet (tan sólo el 40% de los residentes en México tiene acceso) y en donde la proporción es aún menor si se considera solo a aquellos que acceden desde el hogar, el 20% de la población (COFETEL, 2013). Hasta donde los autores tienen conocimiento, esta es la primera tipología de usuarios de RR.SS. realizada en un mercado con estas características.

Como toda investigación, esta presenta algunas limitaciones y es susceptible de mejora. Partiendo de la población objeto de estudio, aquí se consideró a los principales usuarios de RR.SS. en México: personas de entre 18 y 30 años y, a partir de ahí, se desarrollaron los segmentos. Futuras investigaciones podrían ampliar la población a una que abarque un mayor rango de edades.

Estos resultados sugieren dos tipos de usuarios de RR.SS. Sin embargo, la evidencia internacional ha reflejado tipologías más amplias que incluyen cuatro o cinco grupos. La presunción es que estas variaciones son producto del grado de adopción de las TIC. No obstante, también puede ser que la población mexicana persiga patrones de comportamiento muy similares. Futuras investigaciones podrían concentrarse en la anterior hipótesis.

Finalmente, la presente investigación, en lo que se refiere al perfil sociodemográfico, contó con información relativa al género y la edad de los encuestados. Sería interesante que futuras investigaciones consideren más variables sociodemográficas, que ofrezcan una aproximación más detallada del usuario de RR.SS.

LITERATURA CITADA

- CONSTANTINIDES, E. et al. Profiles of social networkings sites users in the Netherlands. *18th Annual High Technology Small Firms Conference (HTSF)*, 25-28 de mayo 2010, Enschede: Holanda, 2010.
- SÁNCHEZ CUENCA, J. La tipología. En E. Ortega Martínez (Ed.), *Manual de Investigación Comercial* (pp. 524-539). Pirámide: Madrid, 1990.
- SAN MARTÍN, S. et al. El papel moderador del tipo de consumidor en el proceso de generación de compromiso. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 2006(28): 113-138, 2006.
- ALARCÓN DEL AMO, M.C. et al. Classifying and profiling social networking site users: A latent segmentation approach. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14(9): 547-553, 2011. doi: 10.1089/cyber.2010.0346.
- AMIPCI (ASOCIACIÓN MEXICANA DE INTERNET) *Redes sociales México y Latinoamérica 2011*. 2011. Recuperado el 20 de enero de 2015, de <http://octavioislas.files.wordpress.com/2013/04/estudio-amipci-redes-sociales.pdf>
- BANCO MUNDIAL. *Usuarios de internet como porcentaje de la población*. [Gráfica de 1990 a 2012; Estados Unidos, Italia y México]. Google Public Data, 2014. Recuperado de <https://www.google.com.mx/publicdata/>
- explore?ds=d5bncppjof8f9_&met_y=it_net_user_p2&idim=country:MEX:USA:ITA&hl=es&dl=es
- COFETEL (COMISIÓN FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES). *Usuarios de Internet por lugar de acceso y disponibilidad de computadora en su hogar*. 2013. Recuperado de <http://siemt.iff.org.mx/>
- CONSULTA MITOFSKY. Perfil de usuario de redes sociales en internet. 2011. Recuperado el 15 de julio de 2012, de [consultamx.com/web/images/.../20111231_NA_Perfil_twitter_facebook_15/07/12](http://www.consulta.mx/web/images/.../20111231_NA_Perfil_twitter_facebook_15/07/12)
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). *Estadísticas a propósito del día mundial de Internet (17 de mayo)*. [Documento pdf]. 2015. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2015/internet0.pdf>
- MAGNUSON, M. J. y DUNDES, L. Gender Differences in "Social Portraits" Reflected in MySpace Profiles. *Cyberpsychology & Behavior*, 11(2): 239-241, 2008. doi: 10.1089/cpb.2007.0089.
- OFCOM (FEDERAL OFFICE OF COMMUNICATIONS). *Social networking: A quantitative and qualitative research report into attitudes, behaviours, and use*. Research Document. April 2008. Recuperado de <http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/research/media-literacy/report1.pdf>
- PELUCHETTE, J. y KARL, K. Social Networking Profiles: An Examination of Student Attitudes Regarding Use and Appropriateness of Content. *Cyberpsychology & Behavior*, 11(1): 95-97, 2008. doi: 10.1089/cpb.2007.9927.

Asma alérgica: mecanismos inmunológicos, fisiopatología y tratamientos actuales

Allergic asthma: immunological mechanisms, pathophysiology and current treatments

Nuria Renata Roldán Bretón¹, Mariela Jiménez Vargas¹, Eva Salinas Miralles¹

Roldán Bretón, N. R., Jiménez Vargas, M., Salinas Miralles, E. Asma alérgica: mecanismos inmunológicos, fisiopatología y tratamientos actuales. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 65: 66-72, mayo-agosto 2015.

RESUMEN

El asma es una enfermedad crónica de las vías aéreas que afecta a más de 300 millones de personas en todo el mundo, generando aproximadamente 250,000 muertes anuales. El asma alérgica es el fenotipo clínico más común de la enfermedad. En su etiología influyen múltiples factores genéticos y medioambientales y en su desarrollo participan muchas células inflamatorias como mastocitos, eosinófilos, neutrófilos, linfocitos T y células epiteliales. Los mediadores inflamatorios liberados por estas células generan y mantienen un estado de inflamación crónica que induce broncoconstricción, hiperreactividad bronquial y cambios estructurales en las vías aéreas. Descifrar y entender los mecanismos inmunológicos exactos involucrados en el desarrollo de asma alérgica es de crucial importancia para el desarrollo de nuevos tratamientos. El propósito de este trabajo es revisar la información más reciente sobre los elementos moleculares y celulares relacionados con el asma alérgica, así como su fisiopatología y los tratamientos actuales.

Palabras clave: incidencia de asma, fenotipos de asma, asma alérgica, citocinas TH2, remodelación de las vías aéreas, tratamientos.

Keywords: asthma prevalence, asthma phenotypes, allergic asthma, TH2-cytokines, airway remodeling, treatments.

Recibido: 3 de julio de 2014, aceptado: 7 de abril de 2015

¹ Departamento de Microbiología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

* Autor para correspondencia: emsalin@correo.uaa.mx

ABSTRACT

Asthma is a chronic inflammatory lung disease that affects more than 300 million persons all over the world, resulting in approximately 250,000 annual deaths. Allergic asthma is the most common clinical phenotype of the disease. Its etiology involves multiple genetic and environmental factors. Many inflammatory cells, including mast cells, eosinophils, neutrophils, T lymphocytes and epithelial cells, play crucial roles in its development. Inflammatory mediators released by these cells cause sustained chronic inflammation, triggering bronchoconstriction and structural changes in the airways. Understanding the exact immunological mechanisms involved in the development of allergic asthma is crucial to generate new treatments. The aim of this work is to review the most recent information on molecular and cellular elements associated with allergic asthma, its pathophysiology and current treatments.

INTRODUCCIÓN

El asma es una enfermedad compleja que involucra diferentes factores genéticos y medioambientales. Sus tres características cardinales son inflamación crónica, obstrucción variable del flujo de aire e hiperreactividad de las vías aéreas. Sus manifestaciones clínicas varían en nivel de gravedad, pero comúnmente incluyen sibilancias, dificultad respiratoria y tos. Pese a su alta prevalencia y la enorme carga económica que genera en el sector salud, las características fisiopatológicas exactas que conducen a la expresión de un fenotipo clínico u otro no son comprendidas en su totalidad.

Sin embargo, estudios estadísticos sugieren que en la mayoría de los casos, el asma está fuertemente vinculada a atopia y alergia, con predominio de perfil TH2 e inflamación eosinofílica (Kim et al., 2010). El objetivo de este artículo es analizar los datos epidemiológicos y las clasificaciones fenotípicas más recientes del asma, además de revisar los mecanismos inmunológicos, las características fisiopatológicas y los tratamientos manejados en su fenotipo clínico más representativo: el asma alérgica.

Epidemiología

El asma afecta del 5%-10% de la población en los países desarrollados (Wenzel, 2012). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), hasta 2011 el asma afectó a 235 millones de personas a nivel mundial y aunque la tasa de letalidad es baja comparada con otras enfermedades crónicas, se prevé que en 10 años aumente 20% si no se realizan el diagnóstico y seguimiento adecuados. Además, más de 80% de las muertes por asma tienen lugar en países con ingresos de nivel bajo a medio. También es importante considerar que el asma genera un alto ausentismo laboral y sobretodo escolar (OMS, 2014). El 95% de los pacientes con asma tiene su primer episodio antes de los 6 años de edad (de Nijs et al., 2013) y al tratarse de una enfermedad crónica genera un elevado costo económico al sector salud.

En México, la prevalencia de asma es de 5% a 10% (INER, 2014), llegando a 4,000 muertes al año por esta causa (GINA, 2014). Según datos de la Secretaría de Salud (2014) los niños conforman 58% de los casos reportados entre 2003 y 2013 (Figura 1) y de ellos 22% están en edad escolar (5 a 14 años).

Fenotipos de asma

Los fenotipos describen características clínicas de la enfermedad junto con respuestas específicas a los tratamientos (Agache et al., 2012). Sin embargo, por la gran heterogeneidad del asma y la falta de marcadores específicos y validados, se han ido generando diferentes clasificaciones fenotípicas a lo largo del tiempo. Desde 1940, Rackemann distinguió dos tipos de asma, extrínseca e intrínseca, denominados más tarde por la Academia Europea de Alergia e Inmunología Clínica como asma alérgica y no alérgica. Las personas con asma extrínseca desarrollan la enfermedad a edad temprana a partir de desencadenantes alérgicos, producen inmunoglobulinas (Ig) E específicas, manifiestan normalmente otras

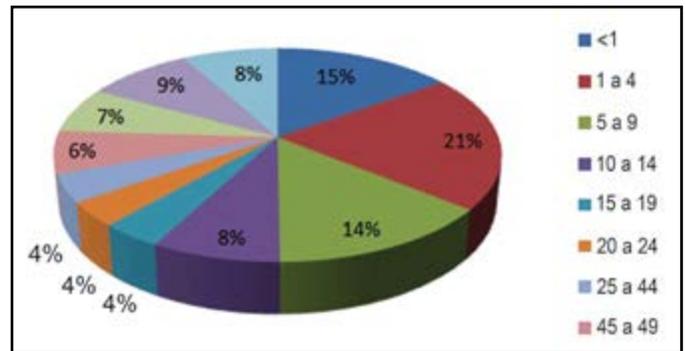


Figura 1. Incidencia (%) de casos de asma por grupos de edad en México de 2003 a 2013.

enfermedades alérgicas y presentan historial familiar alérgico (atopia). En el asma intrínseca el primer episodio se presenta en edad adulta y se asocia con la enfermedad respiratoria exacerbada por aspirina (de Nijs et al., 2013).

Estudios estadísticos posteriores en los que se analizó una gama más amplia de variables vinculadas al asma, mostraron la edad de inicio de la enfermedad como un factor clave de diferenciación. El asma de inicio temprano está fuertemente asociada con una condición alérgica y el de inicio tardío con inflamación eosinofílica y obesidad, siendo menos alérgica y más común en mujeres (Miranda et al., 2004). Recientemente, con base en el análisis de la enfermedad a través de un enfoque tanto clínico como molecular (Wenzel, 2012), el asma se ha clasificado en fenotipo TH2-alto, que engloba al de inicio temprano, al eosinofílico persistente tardío y al inducido por ejercicio; o en fenotipo TH2-bajo, como el asociado a obesidad y el neutrofílico (Tabla 1).

El asma alérgica

Constituye la forma más común de la enfermedad y se presenta principalmente en la infancia, con episodios de leves a graves y se asocia con otras enfermedades atópicas, incluyendo la rinitis y la dermatitis (Kim et al., 2010). Estudios del historial familiar, así como de casos de asma entre gemelos, han permitido establecer una relación entre los factores genéticos y el asma. Se estima que la tasa de heredabilidad del asma es de 70%. Un estudio realizado con 21,135 pares de gemelos ha demostrado que el riesgo de padecer asma en gemelos monocigóticos o dicigóticos aumenta seis o tres veces más que el de la población general si su hermano gemelo la padece (Thomsen et al., 2010).

Tabla 1. Fenotipos de asma

	Historia natural	Características clínicas y fisiológicas	Biomarcadores y fisiopatología	Respuesta a terapia
Fenotipo TH2-alto				
Asma alérgica de inicio temprano	Inicia en infancia, leve a grave	Síntomas alérgicos y presenta otras enfermedades alérgicas	Engrosamiento de la membrana basamental subepitelial, IgE específica, citocinas TH2	Corticosteroides
Asma eosinofílica persistente de inicio tardío	Inicia en edad adulta, frecuentemente grave	Síntomas menos alérgicos, asociado con sinusitis	Eosinofilia, IL-5	Ac anti IL-5 y antagonistas de los receptores de los cis-L. No responde a corticosteroides
Asma inducida por ejercicio	Leve y posterior al ejercicio		Activación de mastocitos, citocinas TH2 y cis-L	Antagonistas de los receptores de los cis-L, beta-agonistas y Ac anti IL-9
Fenotipo TH2-bajo				
Asma asociada a obesidad	Inicia en edad adulta y adolescencia	Principalmente afecta mujeres, muy sintomático hiperrespuesta aérea menos clara	Pérdida de marcadores TH2, estrés oxidativo	Pérdida de peso, antioxidantes, y posiblemente a terapia hormonal
Asma neutrofílica	Inicia en edad adulta	Bajo FEV ₁	Neutrofilia en esputo, marcadores TH17, IL-8	Posiblemente a antibióticos macrólidos

Abreviaturas. Ac, anticuerpos; cis-L, cisteinil-leucotrienos; FEV₁, volumen espiratorio forzado en 1s; Ig, inmunoglobulinas, IL, interleucina; TH, linfocitos T cooperadores.

Por otro lado, polimorfismos en determinados cromosomas se asocian con el fenotipo alérgico. Entre ellos, C-589 en el promotor del gen de la interleucina (IL)-4 (cromosoma 5q31) (Burchard et al., 1999); I75V/Q576R en la cadena α del receptor de IL-4 (cromosoma 16p12.1) (Risma et al., 2002); así como distintos polimorfismos de la quimasa de mastocitos (cromosoma 14q11.2) (Sharma et al., 2005).

Además, existen diferentes factores medioambientales que pueden ser importantes detonadores de la manifestación del asma. Entre ellos: las infecciones respiratorias virales, como la del virus sincitial respiratorio en la infancia que incrementa la relación IL-4/INF- γ en los lavados nasales de los infantes induciendo una respuesta inmunológica del perfil TH2 (Legg et al., 2003); la sensibilización alérgica, como exposiciones a ambientes con niveles elevados de pólenes en la infancia (Erbas et al., 2012); contaminantes ambientales como el humo de tabaco; y la presencia de determinadas bacterias en las vías aéreas de los neonatos (de Nijs et al., 2013). Por último, es importante resaltar la importancia que los factores epigenéticos están adquiriendo en la inducción del asma alérgica (Bégin y Nadeau, 2014).

Mecanismos inmunológicos en el asma alérgica

En individuos susceptibles, tal y como se muestra en la Figura 2, el inicio de la sensibilización al alérgeno se produce en las superficies de las mucosas de las vías aéreas. Las peptidasas liberadas por diferentes tipos de pólenes generan daño en los epitelios, aumentando su permeabilidad y permitiendo el acceso de los alérgenos y su captura por las células dendríticas (CD). Señales químicas generadas por las células epiteliales de las vías respiratorias en respuesta a los estímulos alérgicos, como la linfopoyetina estromal tímica, IL-25 e IL-33, influyen en el estado de activación/maduración de las CD, que tras alcanzar los tejidos linfáticos de drenaje activan y diferencian a los linfocitos T en células TH2 secretoras de IL-4, IL-5 e IL-13 (Lambrecht y Hammad, 2013).

Recientemente se ha demostrado que en respuesta a IL-25 e IL-33 células linfoides innatas de tipo 2 producen grandes cantidades de IL-5 e IL-13 en el tracto respiratorio de animales asmáticos (Klein Wolterink et al., 2012). Este microambiente de citocinas favorece la producción de IgEs alérgeno-específicas por los linfocitos B, mismas que se adhieren a los receptores de alta afinidad (Fc ϵ R1) de mastocitos y

basófilos, sensibilizando al paciente frente al alérgeno pero sin desarrollo de sintomatología (Figura 2A) (Galli y Tsai, 2012). Las células plasmáticas productoras de IgE también pueden generarse en la mucosa respiratoria (Takhar et al., 2007).

Es hasta una segunda exposición al alérgeno en vías aéreas (Figura 2B), en donde su unión al complejo IgE-FcεRI de los mastocitos induce la activación de estas células y la secreción de mediadores preformados (histamina, proteasas) y lipídicos de nueva síntesis (leucotrienos y prostaglandinas) que conjuntamente conducen al aumento de la permeabilidad vascular, contracción del músculo liso de las vías aéreas y a la secreción exacerbada de moco. Esto provoca que el flujo de aire disminuya y los pacientes presenten tos, disnea, sibilancias y opresión torácica, manifestaciones de la respuesta asmática temprana (Galli y Tsai, 2012).

Mientras que en algunos pacientes esta respuesta temprana puede resolverse en unas horas, en otros puede desarrollarse una segunda fase denominada tardía (Figura 2C). Las citocinas, quimiocinas y

factores de crecimiento liberados por el mastocito estimulan el reclutamiento de células inflamatorias como eosinófilos, macrófagos, neutrófilos y linfocitos T. Los productos liberados por estos leucocitos activos asientan las bases de la hiperreactividad y remodelación de las vías aéreas al causar daño en las capas epiteliales, favorecer la broncoconstricción y la deposición de matriz extracelular. Así, niveles elevados de IL-5 en tejido bronquial causan eosinofilia en las vías aéreas, mientras que un aumento de IL-4 e IL-13 inducen metaplasia de células calciformes e hiperreactividad (Ishmael, 2011).

La persistencia del proceso inflamatorio y la continua estimulación con el alérgeno generan cambios persistentes en la estructura de las vías aéreas, como hiperplasia de células calciformes, fibrosis subepitelial y deposición de colágeno en el músculo liso, lo que lleva al paciente a la fase crónica del asma (Figura 2D) (Grainge et al., 2011; Ishmael, 2011). Además, células TH1, TH17 y T citotóxicas también contribuyen a la inflamación pulmonar al liberar diversas citocinas como INF-γ, IL-17 e IL-22 e inducir la apoptosis de células del epitelio aéreo, aunque se ha demostra-

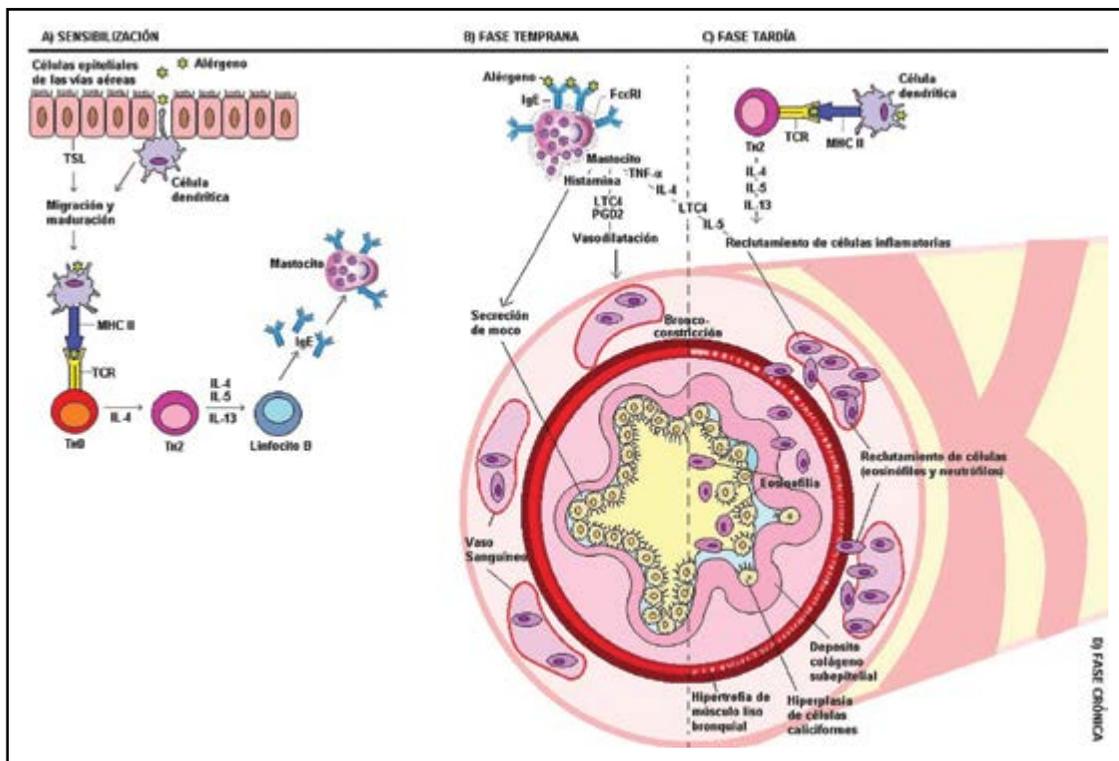


Figura 2. Esquema de los mecanismos inmunológicos involucrados en las diferentes fases del asma alérgica. Abreviaturas. FcεRI, receptor de alta afinidad para la IgE; IgE, inmunoglobulina E; LT, leucotrienos; MHC II, complejo principal de histocompatibilidad clase II; PG, prostaglandinas; TH, Linfocito cooperador; TNF-α, factor de necrosis tumoral-α; TCR, receptor de linfocito T; TSL, Linfopoyetina estromal tímica.

do que IL-22 puede proteger al epitelio pulmonar, ya que antagoniza las funciones del INF- γ (Pennino et al., 2013).

Fisiopatología en el asma alérgica

La obstrucción reversible del flujo aéreo, la hiperreactividad bronquial y la inflamación crónica de las vías aéreas se acompañan de cambios estructurales en el tejido pulmonar o remodelación tisular que contribuyen a una disfunción respiratoria o disminución de la función pulmonar en los pacientes asmáticos (Kudo et al., 2013). La remodelación de las vías aéreas incluye:

- **Alteración de la integridad del epitelio**, debido a la descamación de las células epiteliales dañadas, destrucción de células ciliadas e hiperplasia de células caliciformes (Ordoñez et al., 2000; Bergeron et al., 2010). Cambios que parecen ser causados por la atracción de células inflamatorias al tejido intersticial y por la congestión y el exudado vascular (Kudo et al., 2013).
- **Fibrosis subepitelial en la lámina reticularis** justo debajo de la membrana basal, lo que resulta en el engrosamiento de la membrana basal por debajo del epitelio (Roche et al., 1989; Karjalainen, 2003). La fibrosis se desencadena por un desequilibrio entre la producción y degradación de proteínas de matriz extracelular por los fibroblastos en el que predomina la fibrosis. Además, el nivel de proteasas y antiproteasas (producidas por células intersticiales, macrófagos y neutrófilos) puede favorecer el equilibrio profibrótico (Bergeron et al., 2010).
- **Hiperplasia de las células caliciformes y de las glándulas de la submucosa** responsables de un aumento en la producción de moco y esputo, y un estrechamiento de las vías aéreas por la generación en algunas ocasiones de un tapón de moco en los pacientes asmáticos (Aikawa et al., 1992; Carroll et al., 1993).
- **Aumento de la masa del músculo liso**, el cual rodea circunferencialmente la vía respiratoria provocando la reducción del diámetro luminal durante su contracción. Esto causa obstrucción aguda del flujo de aire, falta de aliento y respiración sibilante (Bergeron et al., 2010; Doeing y Solway, 2013).
- **Pérdida de la integridad del cartílago**, por disminución en su volumen y aumento en la degradación

de proteoglicanos (Haraguchi et al., 1999), lo que resulta en una broncoconstricción más intensa (Noble et al., 2002).

- **Aumento de la vascularización de las vías respiratorias**, conocido como angiogénesis. Este proceso se ha observado por debajo de la lámina basal en el espacio entre la capa muscular y el parénquima circundante de las vías respiratorias de pacientes asmáticos (Tanaka et al., 2003). Este cambio se traduce en una mayor área vascular, aumento del flujo sanguíneo y de permeabilidad microvascular, lo cual predispone a la formación de edema (Bergeron et al., 2010).

Tratamientos en el asma alérgica

Los tratamientos más empleados en el asma alérgica siguen siendo los corticosteroides y los broncodilatadores inhalados. Los corticosteroides inhalados son los antiinflamatorios más efectivos empleados en la actualidad para el tratamiento del asma crónica. Se ha demostrado que reducen los síntomas y exacerbaciones del asma alérgica, aunque no modifican el curso normal de la enfermedad (Bisgaard et al., 2006). Debido a que los pacientes con asma grave necesitan altas dosis de corticoides inhalados, se están desarrollando nuevas moléculas que posean menos efectos secundarios, como la ciclesonida, un esteroide de reciente autorización (Nave, 2009). Además, se están buscando ligandos de receptores de glucocorticoides (como ZX 216348) que preferentemente inducen transrepresión génica mediante su unión a factores reguladores de la transcripción, pero con poca o ninguna actividad de unión al DNA o transactivación, lo que mantiene los efectos antiinflamatorios del corticoide disminuyendo sus efectos adversos (Schäcke et al., 2004).

Otros antiinflamatorios, como los antagonistas de los receptores de cisteinil leucotrienos (montelukast entre ellos) pueden ser empleados como monoterapia en el tratamiento del asma moderado a leve, sobretodo en niños; sin embargo, su uso principal es como terapia suplementaria a los corticosteroides inhalados (Polosa, 2007). Por otro lado, los broncodilatadores disponibles en la actualidad más efectivos para el alivio de los síntomas alérgicos son los agonistas de los β_2 -adrenoreceptores inhalados de corta y larga duración, como el salbutamol o la turbutalina entre los primeros y el formoterol o el salmeterol entre los segundos. Mientras que los de corta duración producen un alivio rápido de los síntomas

asmáticos, los de larga duración generan broncodilatación por al menos 12 horas (Palmqvist et al., 1997) y se utilizan como terapia suplementaria en el asma no controlada por corticosteroides inhalados (Greening et al., 1994).

Las terapias biológicas permiten modificar específicamente aquellas rutas moleculares directamente implicadas en el avance natural de la enfermedad. La única aprobada hasta ahora en el asma es el omalizumab, un anticuerpo anti-IgE monoclonal que se empezó a utilizar en USA y Europa desde 2003 y 2005, respectivamente. Este anticuerpo se une a la IgE libre previniendo su unión a receptores de mastocitos, basófilos y CD4 y, por tanto, la activación de estas células por el alérgeno y la liberación de mediadores vinculados a las reacciones alérgicas (Bice et al., 2014). Ensayos clínicos han confirmado la eficacia de omalizumab en la reducción de las dosis de esteroides orales o inhalados, así como de las exacerbaciones clínicas en pacientes tanto adultos como pediátricos con asma grave (Soler, 2001).

Las reacciones adversas del omalizumab pueden ir desde dolor, hinchamiento, picor o enrojecimiento en el sitio de la inyección hasta dolor de cabeza y fiebre. De forma menos frecuente se pueden generar reacciones alérgicas graves y llegar a la anafilaxia. Otras terapias biológicas, como anticuerpos frente a IL-4, IL-5, IL-13, TNF- α o antagonistas de receptores de prostaglandinas, así como agonistas de los receptores

tipo toll 7 y 9, están siendo investigadas para su posible uso en el asma alérgica (Bice et al., 2014).

Finalmente, la inmunoterapia alérgeno-específica o administración subcutánea o sublingual repetida de extractos de alérgenos particulares a pacientes con enfermedad de etiología alérgica ha mostrado ser efectiva en algunos tipos de asma alérgica (Yukselen y Kendirli, 2014). La inmunoterapia induce tolerancia inmunológica y es la única capaz de modificar el curso de la enfermedad, aunque puede presentar como efecto secundario el desarrollo de anafilaxia de diferente gravedad (Larché, 2007).

CONCLUSIONES

El asma alérgica es una enfermedad crónica que se desarrolla principalmente en edades tempranas. Su alta prevalencia, el aumento vertiginoso de su incidencia y el gran costo económico que supone para el sector salud han llevado a buscar tratamientos que no solo controlen la enfermedad, sino que impacten en su curso natural. El conocimiento de los elementos moleculares y celulares involucrados en el desarrollo de la enfermedad y su participación en la remodelación de las vías aéreas constituye un área crucial de investigación que permitirá abrir nuevas puertas para el desarrollo de tratamientos alternativos a los ya existentes.

LITERATURA CITADA

- AGACHE, I. et al. Untangling asthma phenotypes and endotypes. *Allergy*, 67(7): 835-846, 2012.
- AIKAWA, T. et al. Marked goblet cell hyperplasia with mucus accumulation in the airways of patients who died of severe acute asthma attack. *Chest*, 101(4): 916-921, 1992.
- BÉGIN, P. y NADEAU, K. C. Epigenetic regulation of asthma and allergic disease. *Allergy, Asthma & Clinical Immunology*, 10(1): 27-39, 2014.
- BERGERON, C. et al. Airway remodelling in asthma: from benchside to clinical practice. *Canadian Respiratory Journal*, 17(4): 85-94, 2010.
- BICE, J. B. et al. Biologic targeted therapy in allergic asthma. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 112(2): 108-115, 2014.
- BISGAARD, H. et al. Intermittent inhaled corticosteroids in infants with episodic wheezing. *The New England Journal of Medicine*, 354(19): 1998-2005, 2006.
- BURCHARD, E. G. et al. Association between a sequence variant in the IL-4 gene promoter and FEV1 in asthma. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 160(3): 919-922, 1999.
- CARROLL, N. et al. The structure of large and small airways in nonfatal and fatal asthma. *American Review of Respiratory Disease*, 147(2): 405-410, 1993.
- DE NIJS, S. B. et al. Adult-onset asthma: is it really different? *European Respiratory Review*, 22(127): 44-52, 2013.
- DOEING, D. C. y SOLWAY, J. Airway smooth muscle in the pathophysiology and treatment of asthma. *Journal of Applied Physiology*, 114(7): 834-843, 2013.
- ERBAS, B. et al. Persistent pollen exposure during infancy is associated with increased risk of subsequent childhood asthma and hayfever. *Clinical Et Experimental Allergy*, 43(3): 337-343, 2012.

- GALLI, S. J. y TSAI, M. IgE and mast cells in allergic disease. *Nature Medicine*, 18(5): 693-704, 2012.
 - GRAINGE, C. L. et al. Effect of bronchoconstriction on airway remodeling in asthma. *The New England Journal of Medicine*, 2011(364): 2006-2015, 2011.
 - GREENING, A. P. et al. Added salmeterol versus higher-dose corticosteroid in asthma patients with symptoms on existing inhaled corticosteroid. *Lancet*, 344(8917): 219-224, 1994.
 - HARAGUCHI, M. et al. Morphometric analysis of bronchial cartilage in chronic obstructive pulmonary disease and bronchial asthma. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 159(3): 1005-1013, 1999.
 - ISHMAEL, F. T. The inflammatory response in the pathogenesis of asthma. *The Journal of the American Osteopathic Association*, 111(11): 11-17, 2011.
 - KARJALAINEN, E. M. et al. Airway inflammation and basement membrane tenascin in newly diagnosed atopic and nonatopic asthma. *Respiratory Medicine*, 97(9): 1045-1051, 2003.
 - KIM, H. Y. et al. The many paths to asthma: phenotype shaped by innate and adaptive immunity. *Nature Immunology*, 11, 577-584, 2010.
 - KLEIN WOLTERINK, R. G. J. et al. Pulmonary innate lymphoid cells are major producers of IL-5 and IL-13 in murine models of allergic asthma. *European Journal of Immunology*, 42(5): 1106-1116, 2012.
 - KUDO, M. et al. Pathology of asthma. *Frontiers in Microbiology*, 2013(4): 1-16, 2013.
 - LAMBRECHT, B. N. y HAMMAD, H. Asthma: the importance of dysregulated barrier immunity. *European Journal of Immunology*, 43(12): 3125-3137, 2013.
 - LARCHÉ, M. Update on the current status of peptide immunotherapy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 119(4): 906-909, 2007.
 - LEGG, J. P. et al. Type 1 and type 2 cytokine imbalance in acute respiratory syncytial virus bronchiolitis. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 168(6): 633-639, 2003.
 - MIRANDA, C. et al. Distinguishing severe asthma phenotypes: role of age at onset and eosinophilic inflammation. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 113(1): 101-108, 2004.
 - NAVE, R. Clinical pharmacokinetic and pharmacodynamic profile of inhaled ciclesonide. *Clinical Pharmacokinetics*, 48(4): 243-252, 2009.
 - NOBLE, P. B. et al. Relationship of airway narrowing, compliance, and cartilage in isolated bronchial segments. *Journal of Applied Physiology*, 92(3): 1119-1124, 2002.
 - ORDOÑEZ, C. et al. Epithelial desquamation in asthma: artifact or pathology? *American Journal Respiratory and Critical Care Medicine*, 162(6): 2324-2329, 2000.
 - PALMQVIST, M. et al. Inhaled dry-powder formoterol and salmeterol in asthmatic patients: onset of action, duration of effect and potency. *European Respiratory Journal*, 10(11): 2484-2489, 1997.
 - PENNINO, D. et al. IL-22 suppresses IFN- γ -mediated lung inflammation in asthmatic patients. *Journal of Allergy Clinical and Immunology*, 131(2): 562-570, 2013.
 - POLOSA, R. Critical appraisal of antileukotriene use in asthma management. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 13(1): 24-30, 2007.
 - RISMA, K. A. et al. V75R576 IL-4 Receptor α is associated with allergic asthma and enhanced IL-4 receptor function. *The Journal of Immunology*, 169(3): 1604-1610, 2002.
 - ROCHE, W. et al. Subepithelial fibrosis in the bronchi of asthmatics. *The Lancet*, 333(8637): 520-524, 1989.
 - SCHÄCKE, H. et al. Dissociation of transactivation from transrepression by a selective glucocorticoid receptor agonist leads to separation of therapeutic effects from side effects. *Proceedings of the National Academy of Science of USA*, 101(1): 227-232, 2004.
 - SHARMA, S. et al. A novel (TG) n (GA) m repeat polymorphism 254 bp downstream of the mast cell chymase (CMA1) gene is associated with atopic asthma and total serum IgE levels. *Journal of Human Genetics*, 50(2005): 276-282, 2005.
 - SOLER, M. et al. The anti-IgE antibody omalizumab reduces exacerbations and steroid requirement in allergic asthmatics. *European Respiratory Journal*, 18(2): 254-261, 2001.
 - TAKHAR, P. et al. Class switch recombination to IgE in the bronchial mucosa of atopic and nonatopic patients with asthma. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 119(1): 213-218, 2007.
 - TANAKA, H. et al. Increased airway vascularity in newly diagnosed asthma using a high-magnification bronchovideoscope. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 168(12): 1495-1499, 2003.
 - THOMSEN, S. F. et al. Estimates of asthma heritability in a large twin sample. *Clinical and Experimental Allergy*, 40(7): 1054-1061, 2010.
 - WENZEL, S. E. Asthma phenotypes: the evolution from clinical to molecular approaches. *Nature Medicine*, 18(5): 716-725, 2012.
 - YUKSELEN, A. y KENDIRLI, S. G. Role of immunotherapy in the treatment of allergic asthma. *World Journal of Clinical Cases*, 2(12): 859-865, 2014.
- De páginas electrónicas**
- GINA (GLOBAL INICIATIVE FOR ASTHMA). Recuperado el 5 de mayo de 2014, de <http://www.ginasthma.org/>
 - INER (INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS). Recuperado el 2 de abril de 2014, de <http://www.iner.salud.gob.mx/>
 - OMS (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD). Recuperado el 1 de mayo de 2014, de <http://www.who.int/es/>
 - SSA (SECRETARÍA DE SALUD) DIRECCIÓN GENERAL DE EPIDEMIOLOGÍA. Recuperado el 9 de junio de 2014, de <http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/>

Importancia de las levaduras no-*Saccharomyces* durante la fermentación de bebidas alcohólicas

Non-*Saccharomyces* yeast importance during fermentation of alcoholic beverages

Aarón Casas Acevedo¹, Cristóbal Noé Aguilar González¹, Heliodoro De la Garza Toledo², Jesús Antonio Morlett Chávez³, Didier Montet⁴, Raúl Rodríguez Herrera^{1*}

Casas Acevedo, A., Aguilar González, C. N., De la Garza Toledo, H., Morlett Chávez, J. A., Montet, D., Rodríguez Herrera, R. Importancia de las levaduras no-*Saccharomyces* durante la fermentación de bebidas alcohólicas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 65: 73-79, mayo-agosto 2015.

RESUMEN

Durante la fermentación de bebidas alcohólicas intervienen principalmente levaduras del género *Saccharomyces*. Sin embargo, existen otros géneros de levaduras que también participan en los procesos fermentativos, y rara vez son tomados en cuenta, estas son las levaduras denominadas no-*Saccharomyces*, entre las que destacan: *Kloeckera apiculata*, *Hanseniaspora uvarum*, *Rhodotorula glutinis*, *Rhodotorula mucilaginosa*, entre otras; las cuales mediante la producción de congénicos, enzimas y proteínas pueden enriquecer organoléptica y nutricionalmente las bebidas alcohólicas, lo que ayudaría a satisfacer el paladar de los consumidores más exigentes.

ABSTRACT

Saccharomyces are the main yeasts involved during alcoholic beverages fermentation. However, there are other yeasts known as non-*Saccharomyces*, which

Palabras clave: etanol, glicerol, fermento, congénicos, carbohidratos.

Keywords: ethanol, glycerol, ferment, congeners, carbohydrates.

Recibido: 3 de marzo de 2014, aceptado: 22 de agosto de 2014

¹ Departamento de Investigación en Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila.

² Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

³ Laboratorio de Análisis Clínicos y Diagnóstico Molecular, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila.

⁴ Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.

* Autor para correspondencia: rrh961@hotmail.com

also participate during the fermentation, but they are rarely considered as active participants in these processes. The most important non-*Saccharomyces* yeasts are *Kloeckera apiculata*, *Hanseniaspora uvarum*, *Rhodotorula glutinis*, *Rhodotorula mucilaginosa* among others. Non-*Saccharomyces* yeasts may enrich organoleptic and nutritionally alcoholic beverages through production of congeneric metabolites, enzymes and proteins, which could increase the acceptance level of the most demanding consumers.

INTRODUCCIÓN

Para que las bebidas y alimentos sean fermentados debe haber una proliferación de microorganismos que consuman los carbohidratos presentes en la materia prima, y utilicen esos carbohidratos como fuente de energía, para generar diferentes metabolitos como: etanol, metanol, glicerol, entre otros; aunque hay que mencionar que también existe otro tipo de fermentación menos empleada, la cual es denominada maceración carbónica, que consiste en madurar el fruto, principalmente uva, en una atmósfera de CO₂, de esta manera el fruto inicia el proceso fermentativo desde su interior (Flanzy, 2003).

Existen bebidas fermentadas como la cerveza, la sidra y el vino, entre otras; y bebidas que además de ser fermentadas son destiladas; dentro de las cuales destacan tequila, ron y whisky. La fermentación no es exclusiva de bebidas alcohólicas, en la elaboración de muchos alimentos se usa este proceso con el fin de transformar alguna característica poco agradable o incrementar alguna con mayor grado de aceptación para el consumidor (Vicent Vela et al.,

2006). El objetivo de la presente revisión es describir la participación de levaduras no-*Saccharomyces*, así como algunos de sus metabolitos producidos durante la elaboración de bebidas alcohólicas fermentadas.

Principales tipos de bebidas fermentadas

La bebida alcohólica fermentada más importante a nivel mundial es la cerveza, obtenida de la fermentación de cebada y malta, que puede alcanzar un grado alcohólico de 3° a 7°. Dicha fermentación es llevada a cabo por levaduras del género *Saccharomyces*. El vino resulta del proceso de fermentación de la uva y se lleva a cabo en dos etapas: la primera consiste en la obtención del mosto —resultante de la maceración de uvas—, este después se fermenta por *Saccharomyces cerevisiae* y levaduras nativas, que se encuentran presentes en la superficie de la uva que fue macerada, así se obtiene un grado alcohólico que oscila entre 7° y 20° (Vicent Vela et al., 2006).

La sidra se obtiene a partir de manzanas trituradas, las cuales son fermentadas por *S. cerevisiae*, producto de esta fermentación se puede alcanzar un grado alcohólico de 9° en esta bebida. Pueden obtenerse sidras dulces si el proceso fermentativo se interrumpe, lo que evita la fermentación de los azúcares en su totalidad y sidras gaseosas, en donde el dióxido de carbono puede ser natural o inyectado. Esta bebida es embotellada y sometida a pasteurización, lo que garantiza un periodo de vida más largo, permite su comercialización y exportación (García et al., 2004).

Las principales bebidas alcohólicas fermentadas y destiladas a nivel mundial son el ron, el whisky, el tequila, el sotol, entre otros. El ron es generado por la fermentación alcohólica de los residuos de caña, que quedan después de la cristalización del azúcar. Esta fermentación se realiza por *S. cerevisiae* en un tiempo aproximado de 5 días, y posteriormente en la destilación se pueden alcanzar temperaturas entre 55° y 65 °C (Vicent Vela et al., 2006). El whisky es obtenido a partir de la fermentación de la cebada realizada por *S. cerevisiae*, es madurado en barricas de roble y puede alcanzar concentraciones de alcohol que van de 40° a 43°. El tequila se obtiene de la fermentación y destilación de mostos de *Agave tequilana*, y puede alcanzar un grado alcohólico entre 35° y 55°. Para la elaboración del tequila, los carbohidratos de las piñas de agave son previamente hidrolizados o cocidos, y posteriormente fermentados por *S. cerevisiae* (De León et al., 2006).

El sotol es una bebida destilada con un consumo regional en el norte de México, es obtenida de la cocción y fermentación del pseudotallo de la planta *Dasyliirion* spp., estudios recientes demostraron que la fermentación es realizada por levaduras no-*Saccharomyces*. El sotol ya fermentado puede dividirse en sotol blanco, el cual es diluido con agua de dilución; sotol joven, mezcla de sotol blanco; sotol reposado, que es dejado dos meses en recipientes de madera, y sotol añejo, que madura durante unos años en barricas de roble. El sotol alcanza grados alcohólicos de 35° a 55° (Enríquez y Acevedo, 2012).

Para la elaboración de bebidas artesanales como sotol, pulque y algunos tipos de tequila (Tabla 1) se utilizan materias primas que son de fácil acceso para los productores, de esta manera se invierte lo menos posible con el fin de obtener el máximo de ganancias, ya que los precios de las bebidas autóctonas son sumamente bajos. En general, las bebidas fermentadas pueden alcanzar en promedio una concentración de alcohol que oscila entre 3.5° y 14° (v/v), mientras que las destiladas alcanzan una concentración de 35% a 55% (v/v) (Garza et al., 2008). En ambos tipos de bebidas pueden intervenir diferentes géneros de levaduras.

Características generales de *S. cerevisiae*

S. cerevisiae es la levadura más empleada en pro-

Tabla 1. Microorganismos presentes en los procesos de fermentación de algunas bebidas alcohólicas

Bebida fermentada	Microorganismo	Referencia
Cerveza (no destilado)	<i>S. cerevisiae</i>	(Vicent Vela et al., 2006)
Tequila (destilado)	<i>S. cerevisiae</i>	(Bautista et al., 2001)
Vino (no destilado)	<i>S. cerevisiae</i> , <i>K. apiculata</i> , <i>Hanseniaspora</i> , <i>T. delbruekii</i> , <i>T. stellata</i> , <i>M. pulcherrima</i> , <i>C. famata</i> , <i>K. corticis</i> , <i>Z. bailii</i> , <i>Z. rouxii</i>	(García et al., 2004)
Sotol (destilado)	<i>C. albidus</i> , <i>R. mucilaginoso</i> , <i>C. lusitaniae</i> , <i>Pichia</i> sp.	(Garza et al., 2008)
Pulque (no destilado)	<i>T. aquamellis</i> , <i>A. acetii</i> , <i>B. terres</i> , <i>M. luteus</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>Sarcina</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Streptococcus</i>	(Lappe et al., 2008)

cesos industriales donde se requiere tener control de la fermentación, aunque también tiene importancia en diversas fermentaciones espontáneas, en donde aproximadamente después de 4 días es la especie predominante (Flanzy, 2003). Esta levadura se caracteriza por tener alto poder fermentativo, aunque posee baja capacidad de producir compuestos secundarios, que son los que brindan características organolépticas a las bebidas y alimentos fermentados. Las condiciones de cultivo afectan la producción de compuestos secundarios en *S. cerevisiae* (Rojas et al., 2001), la cual produce bajos niveles de ésteres de acetato en condiciones aeróbicas, mientras que otras levaduras no-*Saccharomyces*, como por ejemplo, *Hanseniaspora guilliermondii* y *Pichia anomala* producen altas cantidades de acetato de 2-feniletilo y acetatoisoamilico, respectivamente. Las modificaciones por el humano de las condiciones de cultivo de *S. cerevisiae* han hecho que esta levadura se adapte haciendo cambios en su genoma. Se ha detectado diferente número de copias de genes entre especies de *Saccharomyces*, estas variaciones en el número de copias fueron observadas en familias de genes subteloméricos que están relacionadas con funciones metabólicas como homeostasis celular, interacciones célula a célula y transporte de solutos (Ibáñez et al., 2014).

S. cerevisiae fermenta los carbohidratos de seis carbonos y posee un alto grado de tolerancia al etanol, ya que cuenta con una pared celular rígida que oscila entre 100-200 nm de grosor constituida mayormente por mánanos y glucanos (Figura 1) (Hidalgo, 2003). Además de la pared celular, la membrana plasmática le ayuda a tolerar concentraciones altas de etanol. La membrana plasmática está constituida mayormente por fosfolípidos tales como: fosfatidil-etanolamina, fatidil-colina, cardiolipina y fosfatidil-serian, y su permeabilidad está directamente relacionada a la composición y al acomodo fosfolipídico que posee (Vaughan y Martini, 1995).

Existen otros factores que también influyen en la tolerancia alcohólica de la levadura, como la temperatura y el oxígeno; si la temperatura aumenta, la tolerancia alcohólica de la levadura disminuirá, debido a la perturbación que sufren los fosfolípidos que conforman la membrana; por otra parte, si existe un déficit de oxígeno disponible en el mosto, la levadura no producirá suficientes esteroides y ácidos grasos de cadena insaturada que forman parte de la pared celular y como resultado el microorganismo

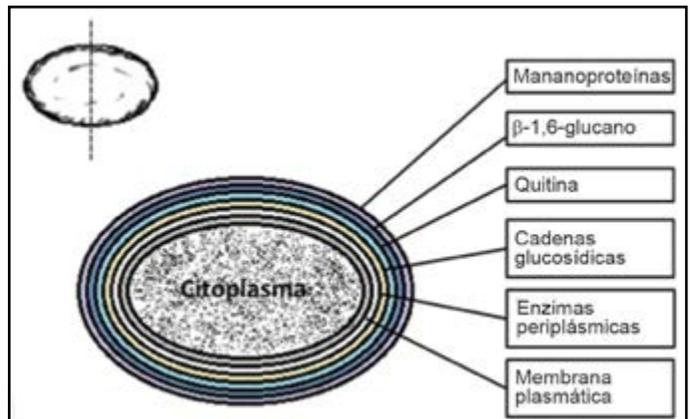


Figura 1. Características morfológicas y bioquímicas que ayudan a *S. cerevisiae* a tolerar altas concentraciones de etanol. Imagen de Aarón Casas Acevedo.

tendrá una pared celular débil, incapaz de tolerar cambios osmóticos y concentraciones elevadas de etanol (Déak y Beuchat, 1996).

Otra característica importante de *Saccharomyces* es la tolerancia a SO_2 , que se emplea como inhibidor de otras levaduras y bacterias en los procesos de fermentación controlada durante la elaboración de bebidas alcohólicas, debido a que el crecimiento de una microbiota no deseada puede interferir en las características organolépticas de las bebidas (Nally et al., 2005).

Principales características que aportan las levaduras no-*Saccharomyces* a las bebidas alcohólicas fermentadas

Algunas de las características de mayor relevancia en cualquier tipo de fermentación son el aroma y sabor, que estarán estrictamente relacionados con la materia prima a fermentar, y las especies de levaduras que realizan la fermentación. Los aromas y sabores son el resultado de los diferentes metabolitos de desecho que produce cada cepa; dentro de estos metabolitos se encuentran compuestos azufrados, ésteres (acetato de etilo, acetato de isoamilo y acetato de metilo), ácidos orgánicos (butírico, fórmico, propiónico), carbonilos (acetona, acetaldehído), alcoholes (butanol, sec-butanol, iso-butanol), entre otros (Enríquez y Acevedo, 2012).

Las levaduras producen los alcoholes superiores a través del catabolismo de aminoácidos usando la vía Ehrlich que requiere de tres actividades enzimáticas para convertir aminoácidos aromáticos, aminoácidos de cadena ramificada y metionina en

alcoholes superiores. Esta vía depende al menos en parte del factor de transcripción *aro80* que regula a los genes *aro9* y *aro10* (Ravasio et al., 2014).

A los compuestos químicos relacionados con el sabor y aroma de la bebida se les denomina congenéricos y tienen la peculiaridad de encontrarse en muy bajas concentraciones, comparados con el etanol producido. Debido a que los congenéricos se encuentran en muy bajas cantidades, el aroma y sabor de la bebida no son percibidos por el consumidor común. Sin embargo, existen bebidas alcohólicas que son apreciadas por la presencia de algunos congenéricos en particular. La calidad de la bebida alcohólica *yakjun* de Corea está relacionada con la presencia de etil-capronato y alcohol isoamílico (Choi et al., 2013).

Los factores que pueden afectar la producción de congenéricos son la temperatura, fermentaciones intermedias, tipo de carbohidratos y materia vegetal a fermentar (García et al., 2004). Investigaciones recientes se han enfocado en la producción de aromas y sabores naturales utilizando levaduras, dado que hay reportes que indican que un incremento en la actividad de la enzima β -galactosidasa en la levadura se correlaciona con la formación de un olor a rosas, y que los sabores a plátano y a flores se han correlacionado con la formación de alcohol isoamil y amino-feniletanol (respectivamente) (Ravasio et al., 2014). Otra característica importante es que la respiración de azúcares por levaduras no-*Saccharomyces* podría bajar los niveles de alcohol en bebidas, dentro de las que destacan *Metschnikowia pulcherrima* y dos especies de *Kluyveromyces* (Quirós et al., 2014).

Principales levaduras no-*Saccharomyces* y metabolitos secundarios que aportan a las bebidas

Los procesos de fermentación espontánea están mediados principalmente por levaduras no-*Saccharomyces*, y la especie de levadura que interviene en este proceso depende de la concentración etanólica del fermento y de la composición del sustrato. Por ejemplo, al inicio de la fermentación espontánea de la uva predominan especies como *K. apiculata*, *Candida stellata*, *Candida pulcherrima* y *Candida colliculosa* (Jolly et al., 2003), mientras que como avanza la fermentación espontánea son varias las especies de levadura involucradas. En la producción de bebidas fermentadas en Nigeria se aislaron las levaduras *S. cerevisiae*, *C. colliculosa*, *Candida utilis*, *Candida magnolia*, *R. mucilaginoso*, *Trichosporon asahii*, *Candida pelliculosa* y *Cryptococcus albidus* (Jimoh et al., 2012). Una perspectiva de cómo van interviniendo las levaduras en una fermentación y los metabolitos que producen se presenta en la Tabla 2.

Al inicio del proceso de fermentación se detectan levaduras con baja resistencia etanólica, una de ellas es *K. apiculata*, que crece principalmente en fermentos con alta concentración de glucosa, produce elevadas concentraciones de glicerol pero bajas concentraciones de acetato de amilo y etanol, debido a un déficit de la enzima acetil-CoA sintetasa (Vicent Vela et al., 2006). La producción de glicerol se debe a un proceso de amortiguación de las reacciones redox intracelulares, convirtiendo el excedente de NADH₂ producido durante la glucólisis en NAD⁺. En condiciones de estrés (baja concentración de oxígeno) es llevada a cabo la fermentación alcohólica, lo que genera etanol y otros compuestos de importancia sensorial en la bebida como: glicerol, ácido acé-

Tabla 2. Presencia de levaduras no-*Saccharomyces* durante la fermentación espontánea de bebidas alcohólicas y metabolitos que aportan a las bebidas

Día de fermentación	No- <i>Saccharomyces</i>	Metabolito	Referencia
2	<i>K. apiculata</i> , <i>C. stellata</i> , <i>C. famata</i>	Glicerol (cuerpo a la bebida), acetato de amilo (olor a plátano)	(Jimoh et al., 2012)
4	<i>H. uvarum</i>	2-feniletanol , 3-metil-butanol (aroma a rosas)	(Escalante et al., 2012)
6	<i>R. glutinis</i>	Monoterpenos (aroma a flores)	(Martínez et al., 2006)
8	<i>Clavispora lusitaniae</i>	Ésteres (olor a fruta), Glicerol (cuerpo a la bebida)	(Garza et al., 2008)
10	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	Proteínas , endopoligalacturonasa , inulinásas (aporte nutricional)	(Jeng et al., 2011)

tico, ésteres, acetoínas, 1-propanol e isopropanol. Los principales factores que afectan el desarrollo de *K. apiculata* son: el pH, temperatura y la concentración de etanol, la cual no debe exceder el 6% v/v (Waldir et al., 2012).

H. uvarum es capaz de tolerar altas concentraciones de azúcares, se puede encontrar durante los primeros 5 días de la fermentación espontánea de bebidas alcohólicas. Posee un rendimiento fermentativo bajo debido a que presenta altos niveles de enzimas que intervienen en la respiración, pero bajos niveles de enzimas fermentativas; es sensible a la variación de oxígeno, en condiciones aerobias el piruvato es metabolizado por la vía piruvato deshidrogenasa hasta acetil-CoA, que lo oxida y produce pequeñas cantidades de etanol, y algunos compuestos relacionados al sabor como: 2-metil-propanol, 3-metil-butanol, 2-metil-butanol, 2-feniletanol y glicerol, este último compuesto brinda un sabor dulce y da cuerpo a la bebida fermentada (Escalante et al., 2012).

R. glutinis es muy utilizada en biotecnología, estudios recientes han empleado esta levadura para la obtención de monoterpenos, que provienen de los frutos usados como sustratos para la fermentación alcohólica; de esta manera, las bebidas alcohólicas fermentadas por *R. glutinis* poseen una cantidad considerable de monoterpenos, mismos que ayudan a prevenir enfermedades, generalmente del tracto respiratorio (Martínez et al., 2006).

Los géneros *Pichia*, *Candida famata* y *Candida kefir* se consideran contaminantes en fermentaciones controladas, son las responsables de formar un velo blanco en la superficie del fermento, producen una cantidad aceptable de compuestos secundarios (glicerol entre otros) que pueden ser percibidos al ingerir las bebidas alcohólicas fermentadas, lo que da una sensación de complejidad y mayor volumen (Escalante et al., 2011; Dias et al., 2012).

Clavispora forma parte de la microbiota nativa de los frutos, presenta baja tolerancia al etanol, durante la fermentación de vinos es capaz de producir bajas cantidades de glicerol y brinda una bebida de consistencia suave. Estos microorganismos se han encontrado presentes durante la fermentación intermedia de sotol, lo cual sugiere que estas levaduras puedan tener una tolerancia etanólica de nivel medio (Garza et al., 2008; Enríquez y Acevedo, 2012).

Kluyveromyces marxianus es una levadura muy versátil que compite en la capacidad fermentativa con *Saccharomyces*, también es usada en la industria alimentaria dado que puede fermentar en temperaturas mayores a 45 °C; es por ello que se le considera una levadura termotolerante (Sanorn et al., 2008). *K. marxianus* puede desarrollarse en fermentos con baja concentración de azúcares y generar una serie de compuestos de importancia, tales como: endopoligalacturonasa, que reduce la viscosidad de zumos de frutos procesados, inulinasas que producen fructosa y β -glucosidasa a partir de inulina.

La β -glucosidasa participa en la hidrólisis de materiales celulósicos al actuar en los enlaces β -1,4 liberando moléculas de glucosa que posteriormente son utilizadas como fuente de energía (Jeng et al., 2011). Con estas y otras características, esta levadura aporta compuestos importantes al fermento, aumentando la calidad nutricional de la bebida alcohólica (Graciano et al., 2008).

Selección de levaduras no-*Saccharomyces*

No todas las levaduras no-*Saccharomyces* producen

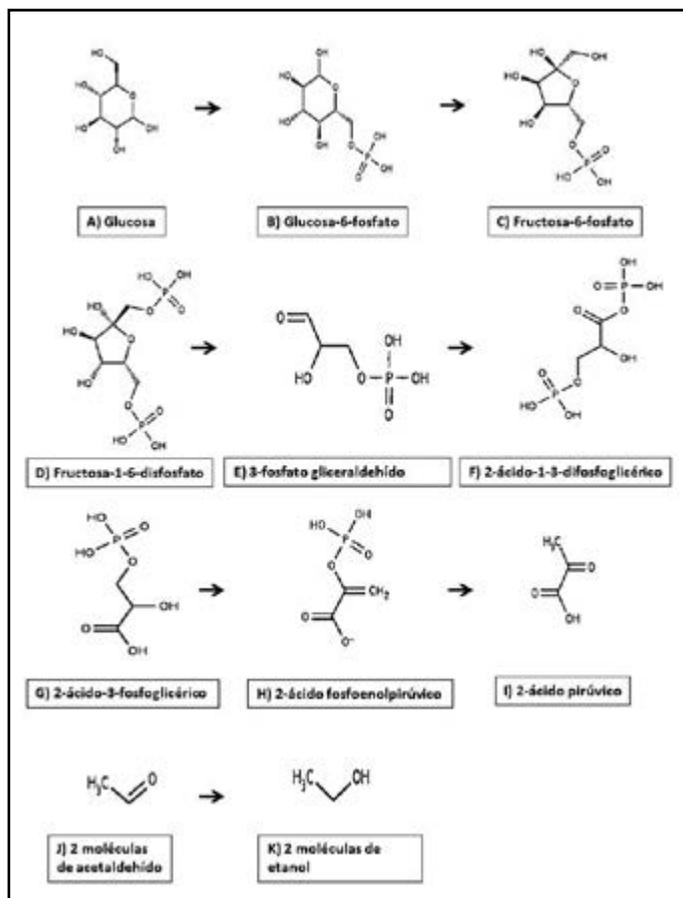


Figura 2. Fermentación alcohólica. Imagen de Aarón Casas Acevedo.

las mismas propiedades organolépticas en las bebidas alcohólicas, por ejemplo *C. stellata* y *Torulasporea delbrueckii* afectan positivamente el sabor y aroma de las bebidas, mientras que las levaduras apiculatas producen subproductos negativos como el acetato de etilo. Por tanto, la selección de no-*Saccharomyces* es esencial para optimizar el bouquet de las bebidas alcohólicas (Ciani y Maccarelli, 1997).

Existen ciertos parámetros para determinar la importancia de una cepa de levadura en una fermentación: esta debe tener alto potencial para fermentar carbohidratos, producir congenéricos (mezcla compleja de metabolitos generalmente volátiles, producidos por las levaduras en muy bajas concentraciones pertenecientes a ésteres, carbonilos y alcoholes de alto peso molecular) (Santillana y García, 1998), debe ser capaz de tolerar altas temperaturas, cambios osmóticos y flocular, que consiste en transformaciones de la pared celular, lo que ocasiona que se unan las células levaduriformes al desplazarse hacia la superficie o fondo del fermento (García et al., 2004).

Si se basa en estas características, las levaduras presentes en una fermentación alcohólica pueden dividirse en cuatro tipos: en primer lugar, se encuentran levaduras que no tienen la capacidad de flocular; en segundo lugar, aquellas que floculan y se desplazan al fondo del fermento (están relacionadas con la producción de dióxido de carbono); en tercer lugar, las levaduras que floculan y se desplazan al fondo, sin generar dióxido de carbono y, finalmente, las levaduras que floculan a principios de la fermentación alcohólica (Olsson y Hahn, 1993; Hahn et al., 2001).

Debido a la importancia de las levaduras no-*Saccharomyces* en el sabor y aroma final de las be-

bidas (Esteve et al., 1998), se han realizado estudios con co-fermentaciones simultáneas y secuenciales usando diferentes cepas de levaduras, por ejemplo: *S. cerevisiae* con una no-*Saccharomyces* (Ravasio et al., 2014). Algunas de estas últimas levaduras pudieran no completar la fermentación, como por ejemplo *Candida*, *Pichia*, *Kluyveromyces*, *Torulasporea*, etc., pero incrementan la complejidad sensorial de las bebidas (Tataridis et al., 2013). La dinámica poblacional de estas levaduras durante la fermentación se ha estudiado haciendo cortes a fragmentos amplificados de las regiones como NTS y NTS de su genoma (Capace et al., 2009).

CONCLUSIONES

Las levaduras no-*Saccharomyces* forman parte de un consorcio fundamental en la fermentación de bebidas alcohólicas, ya que son estas las responsables de aportar la mayoría de las características organolépticas a los fermentos, los cuales en la mayoría de los casos enriquecen el aroma y/o sabor de las bebidas alcohólicas. Además de los metabolitos secundarios producidos por estas levaduras, son benéficos para la salud del consumidor. Por otra parte, al manipular la cantidad y género de levaduras no-*Saccharomyces* durante la fermentación se pueden producir bebidas alcohólicas con parámetros de calidad de aroma y sabor que cumplan con las expectativas del consumidor más exigente.

Agradecimientos

Este estudio recibió financiamiento de la Universidad Autónoma de Coahuila. ACA agradece al CONACYT-México por el apoyo financiero recibido para la realización de estudios de posgrado.

LITERATURA CITADA

- BAUTISTA, M. et al. El Agave tequilana Weber y la producción de tequila. *Acta Universitaria*, 11(2), 2001.
- CAPACE, A. et al. Restriction analysis of rDNA regions to differentiate non-*Saccharomyces* wine species in mixed cultures. *Journal of Engineering and Technology Research*, 1(4): 68-71, 2009.
- CHOI, J. H. et al. Isolation of aromatic yeasts (non-*Saccharomyces cerevisiae*) from Korean traditional nuruks and identification of fermentation characteristics. *Agricultural Sciences*, 4(5): 136-140, 2013.
- CIANI, M. y MACCARELLI, F. Oenological properties of non-*Saccharomyces* yeasts associated with wine-making. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 14(2): 199-203, 1997.
- DÉAK, T. y BEUCHAT, L. R. *Handbook of Food Spoilage Yeasts*. Florida: CRC Press, 210, 1996.
- DE LEÓN, A. et al. Characterization of Volatile Compounds of Mezcal, an Ethnic Alcoholic Beverage Obtained from Agave salmiana. *Agricultural and Food Chemistry*, 54(4): 1337-1341, 2006.

- DIAS, A. et al. Effect of the spontaneous fermentation and the ageing on the chemo-sensory quality of Brazilian organic cachaca. *Ciencia Rural, Santa Maria*, 42(5): 918-925, 2012.
- ENRÍQUEZ, M. y ACEVEDO, A. *Identificación molecular de levaduras presentes durante la fermentación de Sotol*. Gómez Palacio: Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, 42-43, 2012.
- ESCALANTE, E. et al. Estudio de la actividad fermentativa de *Hansenula anomala* y producción de compuestos químicos de importancia sensorial. *Revista Peruana de Biología*, 18(3): 325-334, 2011.
- ESCALANTE, W. et al. Actividad fermentativa de *Hanseniaspora uvarum* y su importancia en la producción de bebidas fermentadas. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 31(1): 57-63, 2012.
- ESTEVE, B. et al. The role of non-*Saccharomyces* yeasts in industrial wine making. *International Microbiology*, 1(2): 143-148, 1998.
- FLANZY, F. *Fundamentos Científicos y Tecnológicos*. 2 ed., España: Mundi-Prensa, 699, 2003.
- GARCÍA, G. et al. *Biología Alimentaria*. México, D.F.: Limusa, 263-311, 2004.
- GARZA, H. et al. Production of a Mexican alcoholic beverage sotol. *Research Journal of Biological Sciences*, 3(6): 566-571, 2008.
- GRACIANO, G. et al. The yeast *Kluyveromyces marxianus* and its biotechnological potential. *Applied and Microbiological Biotechnology*, 79(3): 339-354, 2008.
- HAHN, H. et al. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for xylose utilization. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 73(1): 53-84, 2001.
- HIDALGO, T. J. *Tratado de Enología*. España: Mundi-Prensa, 478-494, 2003.
- IBÁÑEZ, C. et al. Comparative genomic analysis of *Saccharomyces cerevisiae* yeasts isolated from fermentations of traditional beverages unveils different adaptive strategies. *International Journal of Food Microbiology*, 171(1): 129-135, 2014.
- JENG, W. Y. et al. Structural and functional analysis of three β -glucosidases from bacterium *Clostridium cellulovorans*, fungus *Trichoderma reesei* and termite *Neotermes koshunensis*. *Journal of Structural Biology*, 173(1): 46-56, 2011.
- JIMOH, S. O. et al. Characteristics and diversity of yeast in locally fermented beverages sold in Nigeria. *World Journal of Engineering and Pure and Applied Sciences*, 2(2): 40-44, 2012.
- JOLLY, N. P. et al. The effect of non-*Saccharomyces* yeasts on fermentation and wine quality. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 24(2): 55-62, 2003.
- LAPPE, P. et al. Yeasts associated with the production of Mexican alcoholic nondistilled and distilled Agave beverages. *Federation of European Microbiological Societies*, 8(7): 1037-1052, 2008.
- MARTÍNEZ, C. et al. Production of *Rhodotorula glutinis*: a yeast that secretes α -L-arabinofuranosidase. *Electronic Journal of Biotechnology*, 9(4): 4-7, 2006.
- NALLY, M. C. et al. Comportamiento de una cepa salvaje de *Saccharomyces cerevisiae* killer y su isogénica sensible respecto de diferentes fuentes de nitrógeno en cultivos mixtos. *Revista Argentina de Microbiología*, 37(2): 73-77, 2005.
- OLSSON, L. y HAHN, H. Fermentative performance of bacteria and yeasts in lignocellulose hydrolysates. *Process Biochemistry*, 28(4): 249-257, 1993.
- QUIRÓS, M. et al. Selection of non-*Saccharomyces* yeast strains for reducing alcohol levels in wine by sugar respiration. *International Journal of Food Microbiology*, 181(1): 85-91, 2014.
- RAVASIO, D. et al. An indirect assay for volatile compound production in yeast strains. *Scientific Reports*, 4(3707): 1-4, 2014.
- ROJAS, V. et al. Studies on acetate ester production by non-*Saccharomyces* wine yeasts. *International Journal of Food Microbiology*, 70(3): 283-289, 2001.
- SANORN, N. et al. High-temperature ethanol fermentation and transformation with linear DNA in the thermotolerant yeast *Kluyveromyces marxianus* DMKU3-1042. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(24): 7514-7521, 2008.
- SANTILLANA, M. C. y GARCÍA, M. Biosíntesis de congenéricos durante las fermentaciones alcohólicas. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 40(1): 109-119, 1998.
- TATARIDIS, P. et al. Use of non-*Saccharomyces Torulaspora delbrueckii* yeast strains in winemaking and brewing. *Matica Srpska Journal for Natural Sciences*, 124(2): 415-426, 2013.
- VAUGHAN, M. y MARTINI, A. Facts, myths and legends on the prime industrial microorganism. *Journal of Industrial Microbiology*, 14(6): 514-522, 1995.
- VICENT VELA, M. et al. *Química Industrial Orgánica*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 69-81, 2006.
- WALDIR, D. et al. Influencia de la aireación en la actividad fermentativa de *Kloeckera apiculata* durante la fermentación de jugo de manzana. *Acta Biológica Colombiana*, 17(2): 309-322, 2012.

Luis Villoro Toranzo. *In memoriam*

Enrique Rodríguez Varela^{1*}

Rodríguez Varela, E. Luis Villoro Toranzo. *In memoriam*. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 65: 80-81, mayo-agosto 2015.

Luis Villoro Toranzo nació en Barcelona, España, el 3 de noviembre de 1922 y murió en la ciudad de México el 5 de marzo de 2014. De padres mexicanos, Villoro llegó a México en su juventud, dejando atrás la España monárquica y franquista. Juan Villoro, su hijo, narra el choque cultural que cambió la vida de su padre para siempre y marcó su derrotero por los ámbitos de la filosofía:

El dinero de la familia provenía de haciendas que producían mezcal. La escena definitiva de mi padre ocurrió en una de ellas, Cerro Prieto, que hoy es una ruina fantasmagórica (Villoro, 2013, párr. 6).

Los peones de la hacienda se formaron en fila para darle la bienvenida y le besaron la mano. Mi padre vivió el momento más oprobioso de su vida. Ancianos con las manos lastimadas por trabajar la tierra le dijeron "patroncito". ¿Qué demencial organización del mundo permitía que un hombre cargado de años se humillara de ese modo ante un señorito llegado de ultramar? Mi padre sintió una vergüenza casi física. Supo, amargamente, que pertenecía al rango de los explotadores (Villoro, 2013, párr. 7).

[...]

Para entender su país de adopción, dirigió la mirada a los españoles que en la Colonia pasaron por un trance similar al suyo. Clavijero, Las Casas y Tata Vasco fueron sus ejemplos. Su primer libro, *Los grandes momentos del indigenismo en México*, narra los afanes de los misioneros ilustrados que se pusieron de parte de la causa indígena (Villoro, 2013, párr. 10).

Luis Villoro estudió filosofía en la Universidad Nacional Autónoma de México, donde también obtuvo la maestría y el doctorado; además, realizó



Dr. Luis Villoro Toranzo. Fotografía tomada de fotoseluniversal.com.mx

estudios en la Universidad de La Sorbonne y en la Ludwiguniversität de Munich. Fue profesor en la Escuela Normal de Maestros de la ciudad de México; en la UNAM, donde fue secretario de la Rectoría y miembro de la Junta de Gobierno, en esta institución inició como profesor de tiempo completo de la Facultad de Filosofía y Letras y a partir de 1971 fue nombrado investigador del Instituto de Investigaciones Filosóficas. También fue docente en las Universidades de Guanajuato y de Guadalajara, y en la Universidad Autónoma Metropolitana, de la cual fue fundador y donde se desempeñó como Director de la División de Ciencias Sociales y Humanidades Unidad Iztapalapa y también como miembro de su Junta Directiva.

Sus líneas de trabajo e investigación alcanzaron diversos ámbitos, como la historia de las ideas, la filosofía de la cultura, la filosofía de la historia, la

¹ Departamento de Historia, Centro de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

* Autor para correspondencia: enriquev55@yahoo.com.mx

filosofía política, la teoría del conocimiento y la ética. También debe destacarse su labor como traductor de Marcel, Freyer, Descartes, Lessing, Rickert, Husserl, Sartre, Merleau Ponty, Levinas y Romannel.

Entre su obra personal sobresalen los siguientes títulos: *Los grandes momentos del indigenismo en México*, El Colegio de México, 1950; *El sentido de la vida*, UNAM, 1953; *El proceso ideológico de la revolución de independencia*, UNAM, 1953; *Páginas filosóficas*, Universidad Veracruzana, 1962; *La idea y el ente en la filosofía de Descartes*, FCE, 1965; *Signos políticos*, Grijalbo, 1974; *Estudios sobre Husserl*, UNAM, 1975; *Creer, saber, conocer*, Siglo XXI, 1982; *El concepto de ideología y otros ensayos*, FCE, 1985; *El pensamiento moderno. Filosofía del renacimiento*, FCE-El Colegio Nacional, 1992; *En México, entre libros. Pensadores del siglo XX*, FCE, 1995; *El poder y el valor. Fundamentos de una ética política*, FCE-El Colegio Nacional, 1997; *Estado plural, pluralidad de culturas*, Paidós-UNAM, 1998; *De la libertad a la comunidad*, Ariel-ITESM, 2001; *Los retos de la sociedad por venir*, FCE, 2007; *La significación del silencio y otros ensayos*, Universidad Autónoma Metropolitana, 2008.

Su fructífera vida como filósofo y científico social le valieron múltiples reconocimientos, como el ser nombrado embajador de México ante la Unesco, miembro de la comisión dictaminadora del Sistema Nacional de Investigadores, presidente de la Asociación Filosófica de México, miembro de El Colegio Nacional, miembro honorario de la

Academia Mexicana de la Lengua, Premio Nacional de Ciencias Sociales, Historia y Filosofía, Premio UNAM en Humanidades, investigador nacional emérito UNAM, doctor honoris causa por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y por la Universidad Autónoma Metropolitana.

Cierran este obituario nuevamente las palabras de Juan Villoro, su hijo, recordando de su padre:

El filósofo que empezó su trayectoria estudiando a los primeros antropólogos del mundo americano la concluye como un nuevo Las Casas, conviviendo con las comunidades indígenas en Chiapas. Otro discípulo de los jesuitas, el subcomandante Marcos, que tiene más o menos mi edad (la cronología de los mitos es imprecisa) es su interlocutor privilegiado. Mi padre es ajeno a las categorías sentimentales y los lazos determinados por el parentesco, pero no al afecto, que entiende como una variante de la inteligencia. Si tuviera que someterse al improbable ejercicio de elegir a un hijo entre sus conocidos, se llamaría Marcos, nuestro invisible hermano (Villoro, 2013, párr. 11).

De páginas electrónicas

- VILLORO, J. La taquería revolucionaria. *La Jornada Semanal*, 979, domingo 8 de diciembre de 2013. Recuperado de <http://www.jornada.unam.mx/2013/12/08/sem-juan.html>

Renovación urbana y centralidad en Aguascalientes: el papel de la ciudad histórica en el marco de la expansión de la ciudad

Franco Muñoz, R. *Renovación urbana y centralidad en Aguascalientes: el papel de la ciudad histórica en el marco de la expansión de la ciudad*. Aguascalientes: Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2013, 258 pp., ISBN 978-607-8285-79-2.

Juan José Orozco López^{1*}

Orozco López, J. J. *Renovación urbana y centralidad en Aguascalientes: el papel de la ciudad histórica en el marco de la expansión de la ciudad*. Reseña. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 65: 82-83, mayo-agosto 2015.

En este libro se analizan los cambios sucedidos en la ciudad histórica de Aguascalientes por medio de la renovación urbana; es a través de ella que se proyectó un nuevo modelo urbano en la ciudad al amparo de las modificaciones realizadas en la ciudad histórica como apoyo para la extensión de la ciudad. De esta manera se crea un centro urbano que da servicio al espacio periférico, situación que permite su crecimiento y desarrollo.

La renovación urbana implica un proceso de cambio en la ciudad que involucra la demolición de las construcciones históricas. El suelo vacante por estas demoliciones es reemplazado por nuevas construcciones –con otra funcionalidad y condición– que atienden los nuevos requerimientos económicos.

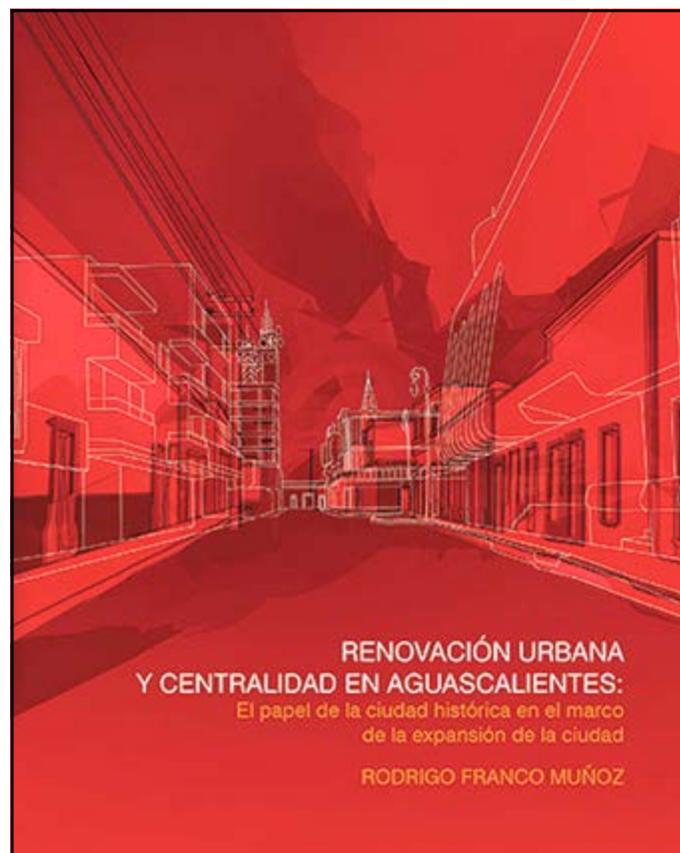
Esta obra expone cómo la renovación urbana cambió la funcionalidad del espacio histórico, que se enfocó principalmente al comercio y los servicios; se eliminó su complejidad y multifuncionalidad por un espacio simple y zonificado, que ha ocasionado despoblamiento y cambio en su estructura social.

El espacio histórico, en este proceso de renovación, se enmarcó en una dinámica urbana que se manifestó de forma diferente con respecto a la periferia: a la par de las transformaciones urbanas en el espacio colonial se fue expandiendo el espacio periférico en los primeros años del siglo XX. Por medio de las colonias populares se canalizó un incremento poblacional, propiciado por la industrialización de la segunda mitad del siglo XIX.

Se plantea como hipótesis que la expansión periférica de Aguascalientes ha sido responsable de la

transformación de la ciudad histórica. Una relación causa-efecto que permite pensar que si algo debe hacerse para detener la destrucción patrimonial –según El Dr. en Urbanística Álvarez Mora–, debería proponerse otro modelo de desarrollo urbano.

Una de las premisas fundamentales que plantea este libro es el hecho de que la destrucción del patrimonio avanza sin tomar en cuenta el valor intrín-



Portada del libro *Renovación urbana y centralidad en Aguascalientes: el papel de la ciudad histórica en el marco de la expansión de la ciudad*

¹ Departamento de Teoría y Métodos, Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

* Autor para correspondencia: jjorozco@correo.uaa.mx

seco de estas construcciones. Asimismo, la ciudad histórica ha perdido por sustitución-demolición el 85% de su patrimonio edificado —situación bastante alarmante—, aunque a simple vista no se aprecian dichas pérdidas debido a que son sustituidas por otras fincas evidentemente solo de valor material. Esto sucede porque muchas veces estas obras se demuestran de manera sigilosa o de manera nocturna y de manera esporádica no se alcanza a apreciar la velocidad de la demolición, pero después sí se nota su ausencia.

Este libro está compuesto por cuatro fases fundamentales y dividido en cuatro periodos de crecimiento de la ciudad, que abarcan desde el origen de la ciudad hasta el año de 1970; en este periodo se analiza la renovación urbana en el marco de la segregación de la ciudad histórica y la división social del espacio periférico; esta parte del estudio ilustra

en este sentido (fincas con valor histórico que han sido malogradas por un afán mercantilista).

Otra fase se da a partir de renovación urbana que abarca desde 1971 hasta 1984, época en que se da el segundo gran proceso de industrialización y crecimiento de la ciudad. Dos fases más en este proceso de renovación se registran en el periodo comprendido entre los años 1985 y 1993, en el marco de una expansión periférica acelerada. Es menester mencionar la incorporación tan importante de la tierra ejidal en el desarrollo urbano en la etapa comprendida desde 1994 hasta hoy día.

El presente documento resume que en la historia de la ciudad se han demolido más de 1,456 fincas históricas en el área de estudio y que para el año 2008 solamente quedaban 256 fincas históricas.

Política editorial de la revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*

Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes es una revista arbitrada, científica y multidisciplinaria; editada y distribuida cuatrimestralmente por el Departamento de Apoyo a la Investigación, de la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Esta revista contribuye con la difusión del conocimiento científico y tecnológico generado por investigadores de la región, nacionales y extranjeros mediante la publicación de artículos de investigación, revisiones científicas, notas científicas, reseñas de libros y obituarios. Su misión es fomentar la colaboración multidisciplinaria e interinstitucional que favorezca el desarrollo de la investigación, promueva la publicación de sus resultados y la formación de una cultura científica en la población lectora.

Tiene como objetivo principal: difundir, comunicar y divulgar el conocimiento científico y tecnológico, así como promover el desarrollo de la investigación y la producción científica con estándares de calidad en el ámbito local, nacional e internacional a través de la publicación de artículos originales y de difusión.

Está dirigida a estudiantes de licenciatura, ingenierías y posgrados, profesionistas de las diversas disciplinas, profesores e investigadores y público interesado en la investigación científica y el desarrollo tecnológico. Se distribuye en instituciones de educación superior, centros de investigación, bibliotecas, y organismos del sector público. Cuenta con convenios de intercambio bibliotecario, como: México-USA, COMPAB, REBCO y REMBA. A nivel internacional la revista se difunde por medio de los índices en los que está citada: Índice de Revistas de Divulgación Científica y Tecnológica del CONACYT, Actualidad Iberoamericana, IRESIE, LATINDEX, PERIÓDICA y REDALYC, y en las bases de datos: DIALNET, DOAJ, HELA, ULRICH'S *Periodicals Directory* e Informe Académico.

El primer número se publicó en el año de 1990 y hasta el momento se han editado más de 50. En su estructura considera tres secciones: 1) *Editorial*, que incluye el Directorio, un Consejo Editor y un Comité Editorial de distinguida trayectoria, y el grupo editor. 2)

Artículos científicos, inéditos y originales. 3) *Reseñas de libros y obituarios*, todos relacionados con las Ciencias Agropecuarias, Ciencias Naturales y Exactas, Ciencias de la Salud, Ingenierías y Tecnologías, así como con las Ciencias Económicas, Sociales y Humanidades.

La revista participa en la Declaración del Movimiento Internacional "Open Access" con el fin de contribuir al aumento de la visibilidad, el acceso y la difusión de la producción científica, por ello, los autores y colaboradores de los artículos ceden los derechos autorales a la revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, de manera que la misma podrá publicarlos en formato impreso y/o electrónico, incluyendo internet.

Criterios para publicar

Los manuscritos propuestos a publicación, deberán ser textos científicos que no hayan sido publicados ni enviados simultáneamente a otra revista para su publicación y de esta manera, sean una contribución inédita a la literatura científica. Solo se aceptan artículos escritos en idioma Español y deberán contener todas las secciones estipuladas en esta Guía, formateados correctamente. Deben seguir las reglas gramaticales y ortográficas de la lengua española. Todos los manuscritos serán evaluados por al menos dos especialistas o investigadores expertos de las diferentes áreas, pertenecientes a diversas instituciones de investigación reconocidas a nivel nacional e internacional.

Tipos de publicaciones

Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes acepta artículos originales: de investigación, revisiones científicas, y notas científicas; asimismo, reseñas de libros y obituarios; sin embargo, se da prioridad al primer género de tal manera que integrarán el 75% del contenido de cada número y el 25% corresponderá para el segundo género.

Artículo de investigación: informa los resultados de una investigación, cuyo tema queda comprendido en alguna de las áreas del conocimiento anteriormente indicadas y es de interés científico por su relevancia.

Artículo de revisión científica: resume y analiza un tema científico de importancia, es una revisión de la literatura y del estado actual de un campo de investigación, que ofrece una evaluación crítica del tema.

Nota científica: es un artículo corto de un tema relevante, novedoso y actual, de ciencia y tecnología que describe o explica un hallazgo y por su mérito científico amerita una rápida publicación. Pueden incluirse resultados relevantes que se quieren difundir de forma rápida y no detallada, con información concluyente, pero insuficiente para su análisis en extenso.

Reseña de libro: narra o describe de manera breve y clara la evaluación o crítica constructiva de una obra literaria o científica que se ha publicado en los tres años anteriores a la fecha de publicación de la reseña.

Obituario: describe la vida y obra de una persona fallecida con aportaciones relevantes a la ciencia.

Estructura del contenido

Artículo de investigación

No deberá ser menor de cinco ni mayor de 15 cuartillas, incluyendo las ilustraciones. En algunos casos se podrá acordar con el editor una extensión mayor, no sin antes valorar la importancia de dicha ampliación. Los manuscritos deberán incluir los siguientes elementos (si de acuerdo a la temática no es posible cumplirlos se deberá justificar, en su caso podrán aceptarse ensayos con una aportación crítica, analítica y documentada):

Título. Deberá ser breve y claro, que refleje el contenido del trabajo. No exceder de 20 palabras, escrito en Español y en renglón aparte, la versión del título en Inglés.

Nombre(s) del/los autor(es). Presentar en primer orden el nombre completo del autor principal y posteriormente los demás autores (sin grado académico), agregando al pie de página para cada uno su adscripción (departamento, dependencia e institución) y correo electrónico. Seleccionar un autor para correspondencia.

RESUMEN. Deberá ser un sólo párrafo que sintetice el propósito del trabajo y reúna las principales

aportaciones del artículo en un máximo de 150 palabras, sin subdivisiones y sin citas bibliográficas. Esta sección se iniciará con la palabra **Resumen** al margen izquierdo, con letras negritas y sin punto. Todo manuscrito debe incluir una versión en Inglés del resumen (*abstract*).

Palabras clave. Incluir seis palabras clave relacionadas con el contenido del trabajo, escritas en Español y su versión en Inglés (*keywords*).

INTRODUCCIÓN. Señalar en qué consiste el trabajo completo, objetivos, antecedentes, estado actual del problema e hipótesis.

MATERIALES Y MÉTODOS. Describir en forma precisa el procedimiento realizado para, en su caso, comprobar la hipótesis y los recursos empleados en ello.

RESULTADOS. Describir los resultados de la investigación. Se podrán presentar datos de medición o cuantificación.

DISCUSIÓN. Presentar la interpretación de los resultados de acuerdo con estudios similares, es decir, correlacionando el estudio con otros realizados, enunciando sus ventajas y aportaciones, evitando adjetivos de elogio.

CONCLUSIONES. Precisar los principales resultados que se obtuvieron y señalar si permitieron verificar la hipótesis; asimismo, plantear perspectivas del estudio y de su aplicación.

LITERATURA CITADA. Todas las referencias en el texto deberán aparecer en esta sección y viceversa. Es necesario notar que los títulos de las revistas no se abrevian, que hay espacios entre las iniciales y que se deben nombrar todos los autores. Se anotarán en orden alfabético utilizando el siguiente formato:

Publicación impresa

De libro:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, *título* (en cursivas), volumen, edición, país: editorial, páginas, año.

De publicación periódica:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, título del artículo, *revista* (en cursivas), volumen, número, páginas consultadas, fecha de publicación.

Publicación electrónica

De libro:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, *título* (en cursivas), volumen, edición, país: editorial, páginas, año. De: URL, fecha de consulta. doi: xx.xxxxxxxx

De publicación periódica:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, *título*, *revista* (en cursivas), volumen, número, páginas consultadas. De: URL de la versión digital, fecha de consulta. doi: xx.xxxxxxxx.

Sólo en caso de contar con el número DOI, será suficiente con colocar éste y omitir el URL.

Citas en texto

En el texto se citará de la siguiente manera: (Aguilar, 2000) o Aguilar (2000); (Aguilar y Camacho, 2001) o Aguilar y Camacho (2001); (Aguilar et al., 2002) o Aguilar et al. (2002). En orden cronológico (Juárez, 1954; Aguilar, 2000; Méndez, 2000). En orden cronológico y alfabético en el mismo año (Juárez, 1954, 1960, 1960a, 1960b).

Tablas y Figuras. Deberán colocarse en el lugar que les corresponde a lo largo del artículo, serán numeradas consecutivamente utilizando números arábigos y estar referidas en el texto.

Las tablas deberán tener título breve en la parte superior utilizando mayúsculas y minúsculas con tipografía Arial 10 pts., tanto en letras como en números. Su orientación será vertical.

Además de las tablas, el artículo se debe acompañar de al menos una fotografía o ilustración con pie de foto explicativo breve, indicando si es de su autoría o citando la fuente. Los dibujos o esquemas deberán estar en original.

Las imágenes o ilustraciones deben tener una calidad mínima de 300 ppp. o al menos 5 megapíxeles con formato TIFF, EPS o JPG. En caso de que el artículo contenga varias ilustraciones, éstas se deberán presentar en otro archivo.

En las figuras —se consideran así tanto gráficas como fotografías y mapas—, utilizar mayúsculas y minúsculas con tipografía Arial 8-10 pts. El tamaño máximo de la figura incluyendo leyendas, será de 12 cm de longitud y 16 cm de ancho, el mínimo permitido será de 6 cm de longitud y 8 cm de ancho.

Se debe explicar claramente en la parte superior de cada tabla y al pie de cada figura el contenido de las mismas en *cursiva*.

Artículo de revisión científica

No deberá ser menor de cinco ni mayor a 15 cuartillas. Debe incluir título en Español y su versión en inglés, nombre de los autores y sus datos de adscripción incluyendo correo electrónico a pie de página, resumen (*abstract*) y palabras clave (*keywords*) en Español y en Inglés, texto del artículo considerando: introducción al tema (incluyendo por qué el problema es de interés), desarrollo del trabajo con una discusión académica, conclusión y un apartado de referencias. El contenido del artículo puede estar subdividido cuidando que exista una conexión entre los apartados. La literatura citada, fotografías, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación.

Nota científica

No deberá ser mayor a cinco cuartillas. Debe incluir título en Español y su versión en Inglés, nombre de los autores y sus datos de adscripción incluyendo correo electrónico a pie de página, resumen (*abstract*) y palabras clave (*keywords*) en español y su versión en Inglés. El texto deberá escribirse de continuo y sin espacio extra entre los párrafos. La literatura citada, fotografías, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación.

Reseña de libro

No deberá ser mayor a dos cuartillas. Debe incluir identificación del autor y su obra: nombre del autor, título de la obra, lugar de publicación, editorial, fecha de edición, número de páginas e ISBN; resumen o descripción del texto o contenido, señalando las partes en que está integrado, crítica y conclusión, literatura, fotografías, ilustraciones o gráficas y otros recursos o datos relevantes que lo particularizan como exponente y autoridad en la materia.

Obituario

No deberá ser mayor a dos cuartillas. Debe incluir nombre del autor y sus datos de adscripción incluyendo correo electrónico a pie de página, texto del artículo considerando una introducción que incluya nombre de la persona recordada, fecha y lugar de nacimiento y muerte, una breve biografía, aportaciones científicas y académicas relevantes en la ciencia y una reflexión.

Características de la revisión de artículos

1. El editor se reserva el derecho de devolver a los autores los artículos que no cumplan con los criterios para su publicación.
2. Todos los trabajos son sometidos a un arbitraje de doble ciego a cargo de la Cartera de Árbitros que integra la revista, la cual está compuesta por miembros del SNI o investigadores expertos en el área de los artículos, pertenecientes a instituciones de investigación reconocidas a nivel nacional e internacional. Cada trabajo es revisado por al menos dos evaluadores, especificando en el dictamen si se acepta el artículo intacto, con modificaciones o si definitivamente se rechaza. En caso de contar con resultados discrepantes, se enviará el trabajo a un tercer evaluador, cuyo resultado será definitivo e inapelable.
3. El editor dará a conocer al autor contacto el resultado del arbitraje a través del formato "Observaciones"; si el trabajo es aceptado con modificaciones, el autor deberá atenderlas en un plazo no mayor a 10 días hábiles y enviará nuevamente al editor el original y el archivo electrónico del artículo junto con un **archivo de respuesta a dichas observaciones** en formato Word. El archivo consiste en una explicación detallada de las modificaciones realizadas tomando en cuenta todas y cada una de las observaciones señaladas por los evaluadores. Incluir el comentario del evaluador y su correspondiente acción o respuesta del autor. No es necesario incluir en este archivo las anotaciones realizadas por los evaluadores sobre el artículo.
4. Cuando el autor demore más de 30 días en responder a las sugerencias de los evaluadores, el artículo no será considerado para publicarse en el siguiente número de la revista.
5. El editor informará al autor contacto en su caso, el avance de su trabajo en el proceso de dictaminación, del rechazo, o la fecha de publicación del mismo.
6. La revista se reserva el derecho de adelantar o posponer los artículos aceptados con el fin de

dar una mejor estructura a cada número de acuerdo a la política editorial.

7. Una vez que el artículo haya sido aceptado, pasará a una revisión de estilo y forma, para su versión definitiva. Se enviarán pruebas de impresión en formato PDF al autor contacto y serán devueltas al editor dos días después de haber sido recibidas. Si las pruebas no se entregan a tiempo, el artículo se publicará sin las correcciones correspondientes.
8. Los artículos presentados son responsabilidad total del autor (o los autores) y no reflejan necesariamente el criterio de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, a menos que se especifique lo contrario.

Indicaciones para los autores

1. El escrito se enviará en formato Word 2003 o 2007 y en formato PDF. en hoja tamaño carta.
2. Tipografía: Arial en 12 pts.
3. Justificación: Completa, no utilizar sangría al inicio de párrafos.
4. Márgenes: Superior e inferior 2.5 cm.; izquierdo y derecho de 3 cm.
5. Espacio: Doble.
6. Abreviaturas: Escribir el término completo la primera vez que se usa y seguirlo con la abreviatura entre paréntesis.
7. Las expresiones matemáticas deben estar escritas claramente y se debe utilizar el Sistema Internacional de Unidades. Asimismo, los conceptos y términos científicos y técnicos deberán escribirse de forma clara y precisa.

Especificaciones de envío

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido que anteriormente se han especificado.

El envío del artículo puede realizarse mediante dos vías:

- a) **Mensajería o entrega personal** en la Dirección General de Investigación y Posgrado, en un sobre cerrado dirigido a Rosa del Carmen Zapata editora de la revista, el cual deberá

contener artículo impreso, archivos del artículo e ilustraciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor contacto.

- b) **Correo electrónico** dirigido a la editora de la revista, a través de revistaiyc@correo.uaa.mx que contenga archivos adjuntos (*attachment*) con el artículo, las ilustraciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor contacto.

Es importante que el autor conserve una copia de los archivos y de la impresión enviada.

Colaboración e informes

Revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*

Dirección General de Investigación y Posgrado
Departamento de Apoyo a la Investigación
Av. Universidad núm. 940, C.U.,
Edificio 1-B, segundo piso.
C.P. 20131, Aguascalientes, Ags.
Teléfono/Fax (449) 910-74-42

Correo electrónico: revistaiyc@correo.uaa.mx
www.uaa.mx/investigacion/revista/