

# INVESTIGACIÓN y CIENCIA

DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

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



Los Agaricales del estado de Aguascalientes

Una década de participación del Producto Interno Bruto de Puerto Vallarta al estado de Jalisco, 2000-2009

Reactividad de anticuerpos policlonales anti-glicomacropéptido de suero de quesería bovino frente al glicomacropéptido de suero de quesería de oveja

La competitividad de la política comercial en la economía internacional a través del análisis de componentes principales

Biopelículas multi-especie: asociarse para sobrevivir

Principio de Margalef y Ley de Kleiber: su consistencia con la segunda ley de la termodinámica y la deriva natural

Un tesoro perecedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel

Evaluación de acciones correctivas tendientes a mejorar la calidad dimensional de la madera aserrada de *Pinus* spp en Durango, Méx.



EDICIÓN CUATRIMESTRAL AÑO 20 ENERO-ABRIL DE 2012  
**54**  
ISSN: 1665-4412



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

DIRECCIÓN GENERAL  
DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Departamento de Apoyo  
a la Investigación

## DIRECTORIO

M. en Admón. Mario Andrade Cervantes  
Rector

Dr. en C. Francisco Javier Avelar González  
Secretario General

Dr. en C. Fernando Jaramillo Juárez  
Director General de Investigación y Posgrado

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

M. en C. Martha Cristina González Díaz  
Decana del Centro de Ciencias Básicas

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. Ma. del Carmen Martínez Serna  
Decana del Centro de Ciencias Económicas y Administrativas

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

M. en C. Jorge Heliodoro García Navarro  
Decano del Centro de las Artes y la Cultura

### CONSEJO EDITOR DE LA REVISTA

- Dr. Francisco Cervantes Pérez  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM)  
CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO  
Y COORDINACIÓN DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
- 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 (CSIC),  
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 (CSIC),  
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 (IPN)  
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  
CIATEQ, A.C.
- Dra. Edith R. Jiménez Huerta  
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS
- Dra. María J. Rodríguez-Shadow  
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA  
DIRECCIÓN DE ETNOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA SOCIAL
- Dra. Mineko Shibayama  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN  
DEPARTAMENTO DE INFECCIÓN Y PATOGENESIS MOLECULAR

MTRA. ROSA DEL CARMEN ZAPATA  
EDITOR

LIC. SANDRA MARGARITA RUIZ GUERRA  
ASISTENTE

**INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES**, año 20, núm. 54, enero-abril 2012, es una publicación arbitrada, científica y multidisciplinaria, editada cuatrimestralmente 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](http://www.uaa.mx/investigacion), [revistaiyc@correo.uaa.mx](mailto:revistaiyc@correo.uaa.mx). Editor responsable: Rosa del Carmen Zapata. 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. Permiso SEPOMEX No. PP01-0003. Diseñada e impresa por los Talleres Gráficos del 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 30 de abril de 2012 con un tiraje de 1,000 ejemplares. Precio por ejemplar \$60.00 (pesos). Costo de la suscripción anual \$160.00 (pesos).

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.

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

- **DIALNET** (Hemeroteca de artículos científicos hispanos en internet) <http://dialnet.uniroja.es>
- **DOAJ** (*Directory of Open Access Journals*) <http://www.doaj.org>
- **HELA** (Catálogo de Hemeroteca Latinoamericana) <http://www.dgb.unam.mx/hela.html>
- **Índice Internacional de Revistas Actualidad Iberoamericana**, ISSN 0717-3636. Centro de Información Tecnológica-CII, La Serrana, Chile. <http://www.citchile.cl>
- **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>

### FOTOGRAFÍAS DE PORTADA:

- *Amanita muscaria* (L.) Lam. especie alucinógena, venosa y micorrícica • Puerto Vallarta, Jalisco
- Presencia de biopelículas en los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

# CONTENIDO

INVESTIGACIÓN	Págs.	
<p>CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Los Agaricales del estado de Aguascalientes</b>                      Lidia Marisela Pardavé Díaz                      Lizbeth Flores Pardavé                      Verónica Franco Ruiz Esparza                      Rocío del Carmen Castañeda Romo                 </li> </ul>	3-11	
<ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Reactividad de anticuerpos policlonales anti-glicomacropéptido de suero de quesería bovino frente al glicomacropéptido de suero de quesería de oveja</b>                      Norma Angélica Chávez Vela                      Eva Salinas Miralles                      Juan Jáuregui Rincón                      Fernando Bon Rosas                      Dulce María Diana Pérez Tellez                 </li> </ul>	12-16	
<p>CIENCIAS DE LA SALUD</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Principio de Margalef y Ley de Kleiber: su consistencia con la segunda ley de la termodinámica y la deriva natural</b>                      Jorge Barragán                      Sebastián Sánchez                 </li> </ul>	17-21	
<p>INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Evaluación de acciones correctivas tendientes a mejorar la calidad dimensional de la madera aserrada de Pinus spp en Durango, Méx.</b>                      Juan Abel Nájera Luna                      José Trinidad Montañez Rivera                      Jorge Méndez González                      Francisco Javier Hernández                      Benedicto Vargas Larreta                      Francisco Cruz Cobos                      Cristóbal Gerardo Aguirre Calderón                 </li> </ul>	22-29	
<p>CIENCIAS ECONÓMICAS, SOCIALES Y HUMANIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Una década de participación del PIB de Puerto Vallarta en el estado de Jalisco, 2000-2009</b>                      Hugo Roberto Rojas Silva                 </li> </ul>	30-39	
<ul style="list-style-type: none"> <li> <b>La competitividad de la política comercial en la economía internacional a través del análisis de componentes principales</b>                      José César Lenin Navarro Chávez                      América Ivonne Zamora Torres                 </li> </ul>	40-48	
<p>REVISIÓN CIENTÍFICA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Biopelículas multi-especie: asociarse para sobrevivir</b>                      Abraham Loera Muro                      Flor Yazmín Ramírez Castillo                      Francisco Javier Avelar González                      Alma Lilián Guerrero Barrera                 </li> </ul>	49-56	
<ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Un tesoro perecedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel</b>                      Judith Ruiz Martínez                      Antonio A. Vicente                      Julio César Montañez Saenz                      Raúl Rodríguez Herrera                      Cristóbal Noé Aguilar González                 </li> </ul>	57-63	





## Los Agaricales del estado de Aguascalientes

Agaricales from the state of Aguascalientes

Lidia Marisela Pardavé Díaz,<sup>1</sup> Lizbeth Flores Pardavé,<sup>2</sup> Verónica Franco Ruiz Esparza,<sup>3</sup> Rocío del Carmen Castañeda Romo<sup>3</sup>

Pardavé Díaz, L.M.; Flores Pardavé, L.; Franco Ruiz Esparza, V.; Castañeda Romo, R. del C., Los agaricales del estado de Aguascalientes. 54, 3-11, 2012.

### RESUMEN

Se presenta un estudio basado en el análisis de 306 especies de Agaricales en el estado de Aguascalientes. *Boletus edulis*, *Russula emetica*, *Agaricus brunnescens*, *Chlorophyllum molybdites*, *Stropharia semiglobata*, *Amanita caesarea*, *Laccaria amethystina*, *Amanita flavoconia* y *Clitocybe gibba* fueron las especies más ampliamente distribuidas en la entidad, mientras que las familias con mayor representatividad fueron Tricholomataceae (75 especies), Boletaceae (50), Russulaceae (31), Strophariaceae (26) y Amanitaceae (29). La mayor riqueza de especies se concentra en los bosques de encino. *Amanita muscaria*, *Boletus edulis* y *Psathyrella spadicea* se incluyen como especies amenazadas, mientras que *Psilocybe caerulipes* está sujeta a protección especial según la norma oficial mexicana (NOM-059-ECOL-2010).

**Palabras clave:** Amanitaceae, biodiversidad de hongos, Boletaceae, Holobasidiomycetes, Macromycetes, Russulaceae.

**Key words:** Amanitaceae, Boletaceae, Fungal biodiversity, Holobasidiomycetes, Macromycetes, Russulaceae.

Recibido: 31 de Agosto de 2011, aceptado: 8 de Febrero de 2012

<sup>1</sup> Departamento de Biología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, lpardave@correo.uaa.mx.

<sup>2</sup> Departamento de Biología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, lfp77@universia.es.

<sup>3</sup> Departamento de Biología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

### ABSTRACT

A study based on the analysis of 306 species of Agaricales is presented. *Boletus edulis*, *Russula emetica*, *Agaricus brunnescens*, *Chlorophyllum molybdites*, *Stropharia semiglobata*, *Amanita caesarea*, *Laccaria amethystina*, *Amanita flavoconia* y *Clitocybe gibba* were the species widely distributed within the state. Tricholomataceae with 75 species, Boletaceae 50, Russulaceae 31, Strophariaceae 26 and Amanitaceae 29 were the best represented in the state of Aguascalientes. Most species were collected in oak forests. *Amanita muscaria*, *Boletus edulis* and *Psathyrella spadicea* are considered as threatened species, while *Psilocybe caerulipes* is subject to special protection by official regulations (NOM-059-ECOL-2010).

### INTRODUCCIÓN

El territorio mexicano cuenta con una de las floras más ricas del mundo, debido, principalmente, a su notable diversidad climática, la que de alguna manera se encuentra relacionada con la fisiografía del terreno y, además, al hecho de que es una zona en donde confluyen las vegetaciones de los hemisferios norte y sur. Esta situación ha dado como resultado la existencia de una gran diversidad de especies de hongos (González y Valenzuela, 1993).

Entre los órdenes de los hongos superiores que han sido mejor estudiados, se encuentra el orden Agaricales, perteneciente a la subdivisión Basidiomycotina con aproximadamente 20,000 espe-

cies a nivel mundial. En México se han reportado 1,208 especies, siendo las familias mejor estudiadas: Tricholomataceae, Cortinariaceae y Boletaceae con más de 100 especies cada una. Le siguen en orden de importancia: Agaricaceae, Russulaceae, Strophariaceae, Amanitaceae, Coprinaceae e Hygrophoraceae con más de 50 especies; y, finalmente, están Crepidotaceae, Entolomataceae, Bolbitaceae, Pluteaceae, Paxillaceae, Gomphidiaceae y Bondazewiaceae con menos de 50 especies (Bandala *et al.*, 1988). Se han llevado a cabo estudios de Agaricales en diversas entidades del país, como Michoacán, Jalisco, Querétaro y Morelos (Gándara *et al.*, 2003; López *et al.*, 2003).

Los Agaricales incluyen especies muy interesantes desde varios puntos de vista; por ejemplo, un número grande forman asociaciones micorrízicas con especies de árboles de interés forestal (Ontiveros y Amora, 2003). También se encuentran varias especies comestibles silvestres (*Boletus edulis* y *Amanita caesarea*), consideradas dentro de las más importantes en el mundo por su excelente sabor (González y Valenzuela, 1993), y cultivadas, como *Pleurotus ostreatus* (Ballinas *et al.*, 2003); asimismo, se encuentran especies venenosas, como *Amanita muscaria* var. *flavivolvata* y *A. pantherina*, que se encuentran comúnmente en bosques de encino (Pardavé *et al.*, 2006).

Los objetivos que se propusieron en este estudio fueron identificar las especies incluidas en familias del orden Agaricales y elaborar los mapas de distribución de las especies más frecuentes en el estado de Aguascalientes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se revisaron los ejemplares pertenecientes al orden Agaricales depositados en la Colección Micológica "Dr. Teófilo Herrera Suárez" (HUAA) de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Se realizaron recolectas en época de lluvias durante los años 2005-2007 en los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Jesús María, San José de Gracia, Tepezalá y Pabellón de Arteaga.

Los hongos de consistencia dura se colectaron en canastos o en cajas de plástico y sobre ellos los de consistencia blanda, teniendo cuidado de separar los ejemplares más pequeños

dentro de cajas de cartón para evitar su destrucción. Para extraer los hongos del sustrato (suelo, madera, hojarasca, etc.) se utilizó una picoleta y una pala de jardinero para evitar la ruptura de las estructuras indispensables en la identificación (anillo, volva, píleo y estípite).

En la libreta de campo se anotaron datos del carpóforo referentes al color, forma, textura y olor, entre otros, así como la fecha, humedad, temperatura, altitud, etc. Durante los muestreos realizados, se utilizó el geoposicionador eTrex Venture HC, Garmin (GPS) para ubicar las coordenadas geográficas y la altitud, así como el termohigrómetro para obtener la humedad relativa y temperatura de cada localidad. Todos los especímenes recolectados se secaron a una temperatura de 35 a 37 °C durante dos o tres días y se guardaron en la HUAA.

Para la identificación de las especies se tomaron en cuenta características del color, forma y tamaño del píleo, escamas, anillo, volva, láminas, tipo de esporas, así como las reacciones químicas con Meltzer, KOH. etc., señaladas en claves taxonómicas, como las de Guzmán (1977), Cetto (1979), Cetto (1980a-b), Gerhardt *et al.* (2000), y González y Valenzuela (1993), entre otros.

## RESULTADOS

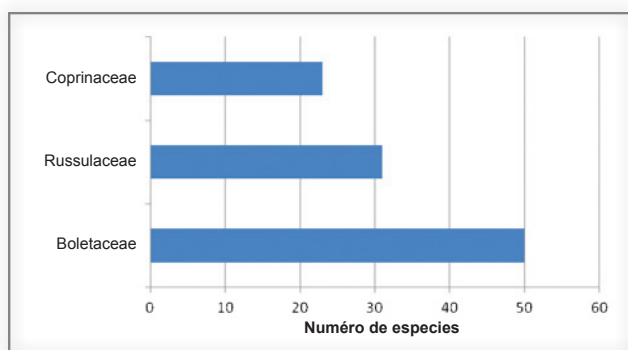
Se identificaron 50 especies de la familia Boletaceae, 31 de la familia Russulaceae y 23 de la familia Coprinaceae. La familia más representativa fue la Boletaceae, con 50 especies (figura 1). Las 105 especies identificadas fueron recolectadas en 23 localidades de los municipios de Calvillo, San José de Gracia, Jesús María y Aguascalientes. La mayoría de las especies anteriormente mencionadas se recolectaron en bosque de encino.

Se identificaron 82 especies: 8 de la familia Agaricaceae, 12 en Lepiotaceae, 1 en Volvariaceae, 5 en Paxillaceae, 9 en Bolbitaceae, 21 en Cortinariaceae y 26 en Strophariaceae. Las especies identificadas fueron recolectadas en 40 localidades de los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Jesús María, San José de Gracia, Tepezalá y Pabellón de Arteaga. Las familias con mayor representatividad fueron Strophariaceae y Cortinariaceae con 26 y 21 especies, respectivamente (figura 2).

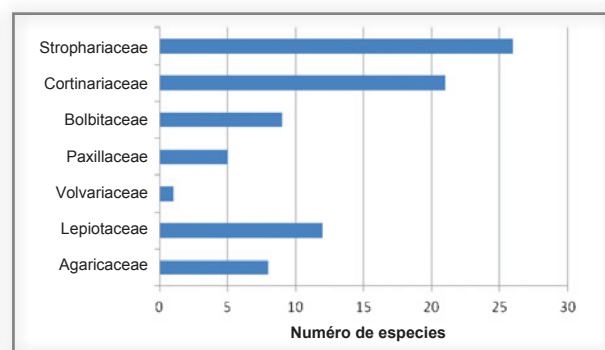
Se identificaron 119 especies, 7 de la familia Hygrophoraceae, 29 en Amanitaceae, 75 en Tricholomataceae, 4 en Pluteaceae y 4 en Crepidotaceae. Éstas fueron colectadas en 48 localidades de los municipios de Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Jesús María, San José de Gracia, y Pabellón de Arteaga. Las familias con mayor representati-

vidad fueron Tricholomataceae y Amanitaceae con 74 y 29 especies, respectivamente (figura 3).

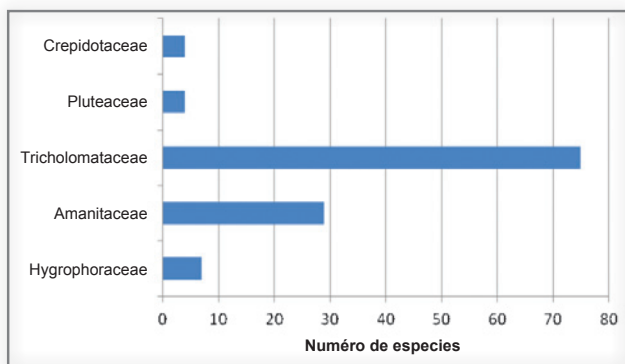
De las especies identificadas, 116 especies corresponden a hongos comestibles, 51 a hongos tóxicos, 13 a hongos micorrícicos, 97 a hongos no comestibles, 7 a hongos alucinógenos, 2 a hongos destructores de madera y 20 a hongos con comestibilidad desconocida (figura 4).



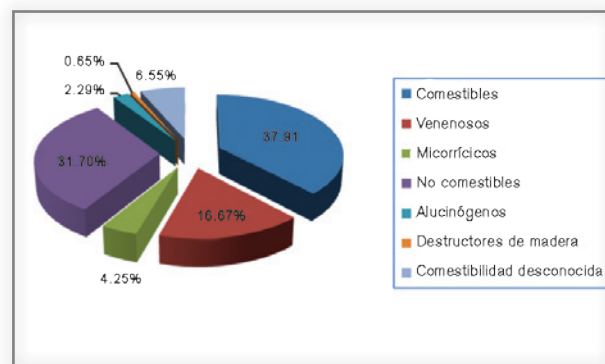
**Figura 1.** Especies de las familias de Boletaceae, Russulaceae y Coprinaceae.



**Figura 2.** Especies de las familias Agaricaceae, Lepiotaceae, Volvariaceae, Paxillaceae, Bolbitaceae, Cortinariaceae y Strophariaceae.



**Figura 3.** Especies de las familias Hygrophoraceae, Amanitaceae, Tricholomataceae, Pluteaceae y Crepidotaceae.



**Figura 4.** Usos y propiedades de las especies del orden Agaricales.

A continuación se muestran los mapas de las especies más frecuentes encontradas en los años 2005-2007 (figuras 4-8).



**Figura 5.** Especies de Agaricales más representativas del estado de Aguascalientes, 2005-2007.



**Figura 6.** Especies de Agaricales más representativas del estado de Aguascalientes, 2005-2007.



Figura 7. Especies de Agaricales más representativas del estado de Aguascalientes, 2005-2007.



Figura 8. Especies de Agaricales más representativas del estado de Aguascalientes, 2005-2007.



## DISCUSIÓN

Las especies más ampliamente distribuidas de las familias Boletaceae, Russulaceae y Coprinaceae en el estado de Aguascalientes fueron *Boletus edulis* (figura 10), la cual es un hongo micorrízico y comestible, y *Russula emetica* (figura 12), que es un hongo clasificado como venenoso, según lo mencionó Cappello *et al.* (2006); las especies más ampliamente distribuidas fueron *Stropharia semiglobata*, *Agaricus brunnescens* y *Chlorophyllum molybdites* (figura 13) un hongo venenoso según lo reportaron por Guzmán *et al.* (1998). Las especies más ampliamente distribuidas fueron *Amanita caesarea* (figura 14), hongo comestible reportado por Daza *et al.* (2007), así como *Amanita flavoconia*, *Clitocybe gibba* (figura 15) y *Laccaria amethystina* (figura 16).

*Boletus edulis* se puede confundir con el *B. reticulatus*, pero éste no tiene el margen blanqueci-

no, su color es uniforme, y la cutícula mate, seca y finamente reticulada, por esa razón no es conveniente que las personas identifiquen los hongos solamente con guías ilustradas porque podrían confundir especies comestibles con venenosas.

*Russula emética*, especie venenosa, presenta sabor picante, color rojo en el estípite y píleo color blanco, lo que permite diferenciarla de *R. mexicana*, especie comestible como lo mencionaron García *et al.* (1998).

La especie *Stropharia semiglobata* es muy parecida a *Psilocybe cubensis*, pero esta última tiene el píleo umbonado y el estípite se mancha de azul al tocarse.

*Amanita flavoconia* puede confundirse con *A. frostiana*, especie americana de la cual difiere microscópicamente en que esta última presenta



**Figura 9.** *Amanita muscaria* (L.) Lam especie alucinógena, venenosa y micorrízica.



**Figura 10.** *Boletus edulis*. Rostk especie venenosa y micorrízica.



**Figura 11.** *Boletus frostii* Russell especie comestible.



**Figura 12.** *Russula emetica* (Schaeff.) Pers especie comestible y micorrízica.

esporas no amiloides según lo mencionaron Pérez y Herrera (1991).

*Amanita caesarea* puede ser confundida con *Bovista* y *Lycoperdon* en la fase de botón, por ello es conveniente esperar a que el carpóforo de *A. caesarea* se encuentre maduro.

*A. caesarea* puede confundirse con *A. muscaria* cuando ésta pierde las escamas del píleo con la lluvia, sin embargo, el tipo de volva sacular de *A. caesarea* y la escamosa adherida al bulbo de *A. muscaria* permiten diferenciar ambas especies (Bresinsky, 1990).

*Amanita citrina* puede confundirse con *A. gemmata*, *A. verna* y *A. porphyria*. La diferencia entre *A. citrina* y *A. gemmata* es que la primera especie no presenta la zona marginal del píleo estriada; entre *A. citrina* y *A. verna* la diferencia es que la primera no presenta volva. Por el color puede ser confundida con *A. porphyria* cuando

esta especie se encuentra en las primeras fases de desarrollo, sin embargo, en la madurez el píleo globoso de *A. citrina* difiere del píleo campanulado de *A. porphyria* (Bresinsky, 1990).

*Clitocybe gibba* se diferencia macroscópicamente por el píleo deprimido o umbilicado de color amarillo, ocre a café oscuro, láminas subdecurrentes.

*Laccaria amethystina* se distingue fácilmente de otras especies de *Laccaria* por el color violáceo del basidocarpo y microscópicamente por el color hialino a amarillento en KOH.

*Chlorophyllum molybdites* es una especie venenosa fácil de diferenciar macroscópicamente por el píleo blanco, escamas cafés y el color verde de las láminas.

La mayor cantidad de especies se recolectaron en bosque de *Quercus* y de *Juniperus*, debido



**Figura 13.** *Chlorophyllum molybdites* (G. Mey.) Masee especie venenosa.



**Figura 14.** *Amanita caesarea* (Scop.) Perss especie comestible.



**Figura 15.** *Clitocybe gibba* (Pers.) P. Kumm especie comestible y micorrícica.



**Figura 16.** *Laccaria amethystina* (Huds.) Cooke especie comestible.





**Figura 17.** *Lactarius indigo* (Schwein.) Fr especie comestible.



**Figura 18.** *Gyrodon meruloides* (Schwein.) Singer especie comestible.



**Figura 19.** *Agaricus campestris*. Schwein especie comestible.

a que se encuentran los sustratos y condiciones para el desarrollo de la mayoría de los hongos. Esto coincide con Pardavé *et al.* (2008) y Díaz *et al.* (2005), quienes mencionaron que en los bosques de México muchas especies de hongos se encuentran ampliamente distribuidas en todo el país, sobre todo en los bosques de coníferas, de encinos o de pinos.

Respecto al uso de los hongos, el número de especies comestibles fue de 53, venenosas 35, micorrícicas 8, destructoras de madera 2, alucinógenas 4, no comestibles 67, comestibilidad desconocida 10 y el resto con importancia ecológica.

*Amanita muscaria*, *Boletus edulis* y *Psathyrella spadicea* se incluyen dentro de las especies amenazadas y *Psilocybe caerulipes* está sujeta a protección especial según la norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2010.

## CONCLUSIONES

Se identificaron 306 especies de Agaricales en el estado de Aguascalientes.

*Boletus edulis*, *Russula emetica*, *Agaricus brunnescens*, *Chlorophyllum molybdites*, *Stropharia semiglobata*, *Amanita cesarea*, *Laccaria amethystina*, *Amanita flavoconia* y *Clitocybe gibba* fueron las especies más ampliamente distribuidas en el estado.

Las familias con mayor riqueza de especies fueron Amanitaceae, Boletaceae, Russulaceae, Tricholomataceae y Strophariaceae.

La mayor cantidad de especies fueron recolectadas en bosque de encino.

Tres especies se incluyen dentro de las amenazadas y una está sujeta a protección especial según la norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2010.

Los municipios con mayor riqueza de especies fueron San José de Gracia, Calvillo y Aguascalientes.

Las localidades con mayor cantidad de hongos fueron Paraje don Pepe con 106 especies, Los Alisos con 101 y Mesa Montoro con 67.

El número de especies comestibles fue de 53, venenosas 35, micorrícicas 8, destructoras de madera 2, alucinógenas 4, no comestibles 67, comestibilidad desconocida 10 y el resto con importancia ecológica.

En el municipio de San José de Gracia existen áreas protegidas como "Sierra Fría" y la Estación Biológica "Agua Zarca" que presentan gran biodiversidad, en ellas se llevan a cabo programas de conservación y manejo de recursos naturales con

el objeto de mantener en lo posible dicha biodiversidad. A corto plazo es pertinente incrementar el número de áreas protegidas en los diferentes municipios de la entidad tanto los que presentan alta como baja biodiversidad para asegurar su existencia, conocer mejor su biología y conservar los ecosistemas durante un mayor tiempo.

Para evitar la posible confusión de especies comestibles y venenosas es necesario realizar la identificación de los hongos tomando en cuenta características no solamente macroscópicas, sino microscópicas y moleculares, por eso es conveniente realizar estudios moleculares, como siguiente etapa de esta investigación.

## LITERATURA CITADA

- BALLINAS, C.R.; GÓMEZ, S.E.; LÓPEZ, J.G., *Diagnóstico en producción de hongos comestibles Pleurotus ostreatus en los altos de Chiapas*. Memorias VIII Congreso Nacional de Micología. México: Universidad Autónoma del Estado de México, 77 p., 2003.
- BANDALA, M.V.; GUZMÁN, G.; MONTROYA, L.B., Especies de macromicetos citadas en México VII Agaricales parte II (1979-1987). *Rev. Méx. Mic.* (4): 205- 250, 1988.
- BRESINSKY, H.B., *A color atlas of poisonous fungi*. Germany: Wolf publishing, 296 p., 1990.
- CAPPELLO, S.G.; LÓPEZ, E.H.; SÁNCHEZ, V.L., Educación ambiental. *Horizonte Sanitario*, 5(2): 44-53, 2006.
- CETTO B., *Guía de los hongos de Europa* (Tomo I). España: Omega, 667 p, 1979.
- CETTO B., *Guía de los hongos de Europa* (Tomo II). España: Omega, 730 p., 1980a.
- CETTO B., *Guía de los hongos de Europa*. Tomo III. España: Omega, 645 p., 1980b.
- DAZA, A.M.; CAMACHO, L.O.; ROMERO; MANJÓN, J.L.; MORENO, G.; SANTAMARÍA, G., Distribución espacial de la fructificación del hongo ECM comestible *Amanita ponderosa* Malençon & R. Heim durante seis años consecutivos en un encinar adhesionado de la Sierra de Aracena. *Investigación Agraria*, 16(1): 89-94, 2007.
- DÍAZ, M.R.; MARMOLEJO, J.G.; VALENZUELA, R., Flora micológica de bosques de pino y pino-encino en Durango. *Ciencia UANL*, 8(3): 362-369, 2005.
- GÁNDARA, E.; GUZMÁN, L.D.; GUZMÁN, G.; GÓMEZ, M.A., *Contribución al conocimiento de la micobiota del municipio de Tapalpa, Jalisco*. Memorias VIII Congreso Nacional de Micología, Universidad Autónoma del Estado de México: 3, 2003.
- GARCIA, J.J.; PEDRAZA, D.K.; SILVA, C.B.; ANDRADE, R.M.; CASTILLO, J.T., *Hongos del Estado de Querétaro*. México: Universidad Autónoma de Querétaro, 263 p., 1998.
- GERHARDT, E.; VILA, J.; LLIMONA, X., *Manual de identificación de hongos de España y de Europa*. España: Omega, 957 p., 2000.
- GONZÁLEZ, V.A.; VALENZUELA, R., Boletaceos y Goniaceos del estado de México I. Discusiones sobre su distribución en diferentes tipos de vegetación, asociaciones ectomicorrízogenas, fenología y comestibilidad. *Rev. Mex. Mic.*, (9): 35-46, 1993.
- GUZMÁN, G.; ALLEN, J.W.; GARTZ, J., A worldwide geographical distribution of the neurotropic fungi, an analysis and discussion. *Museo cívico Rovereto*, (14): 189-280, 1998.
- GUZMÁN, G., *Identificación de los hongos: comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera*. México: Limusa, 236 p., 1977.
- LÓPEZ, E.L.; PORTUGAL, D.; MONTIEL, E.; MORA, V.; *Especies de macromicetos del corredor biológico Chichinautzin, Morelos, México II*. Memorias VIII Congreso Nacional de Micología, Universidad Autónoma del Estado de México: 54, 2003.
- ONTIVEROS, V.A.; AMORA, E.L., *Crecimiento micelial de hongos de los géneros Inocybe y Suillus en diferentes medios de cultivo*. Memorias VIII Congreso Nacional de Micología, Universidad Autónoma del Estado de México: 65, 2003.
- PARDAVÉ, D.L.M.; FLORES, L.P.; FRANCO, V.R.E.; CALLEJAS, V., Distribución de los hongos venenosos conocidos en el estado de Aguascalientes. *Investigación y Ciencia*, (35): 31-36, 2006.
- PARDAVÉ, D.L.M.; FLORES, L.P.; FRANCO, V.R.E.; ROBLEDÓ, C.M., Hongos y líquenes del estado de Aguascalientes (pp. 103-107). *La Biodiversidad en Aguascalientes*. CONABIO, IMAE, UAA: México, 2008.
- PÉREZ S.E.Y HERRERA, T., *Iconografía de los Macromicetos de México. I. Amanita*. Instituto de Biología. México: UNAM. 137 p., 1991.

## Reactividad de anticuerpos policlonales anti-glicomacropéptido de suero de quesería bovino frente al glicomacropéptido de suero de quesería de oveja

Reactivity of polyclonal antibodies toward glycomacropeptide of bovine cheese whey in front of the glycomacropeptide of cheese whey from sheep

Norma Angélica Chávez Vela,<sup>1</sup> Eva Salinas Miralles,<sup>2</sup> Juan Jáuregui Rincón,<sup>3</sup> Fernando Bon Rosas,<sup>4</sup> Dulce María Diana Pérez Tellez<sup>5</sup>

Chávez Vela, N. A.; Salinas Miralles, E.; Jáuregui Rincón, J.; Bon Rosas, F.; Pérez Tellez, D.M.D., Reactividad de anticuerpos policlonales anti-glicomacropéptido de suero de quesería bovino frente al glicomacropéptido de suero de quesería de oveja. 54, 12-16, 2012.

### RESUMEN

La producción y consumo de leche de oveja en México y en el mundo cada vez se incrementa debido a que ésta tiene importantes ventajas frente a la leche de vaca. Una práctica común de los productores de leche es su adulteración con suero de quesería (SQ), lo que hace que tengan una mayor utilidad económica. Sin embargo, esto afecta a los industriales porque disminuye el rendimiento de los productos por obtener. Existen varios métodos para determinar la presencia de SQ basados en la detección de un glicomacropéptido que está presente sólo en SQ y no en la leche. Sin embargo, ninguno de estos métodos está enfocado a la detección del glicomacropéptido ovino. En este trabajo se utilizaron

**Palabras clave:** glicomacropéptido, anticuerpos policlonales, inmuno blot, suero de quesería, leche ovina.

**Key words:** glycomacropeptide, polyclonal antibodies, immuno blot, cheese whey, sheep milk.

**Recibido: 16 de Diciembre de 2011, aceptado: 27 de Febrero de 2012**

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Bioquímica, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, nachavez@correo.uaa.mx.

<sup>2</sup> Departamento de Microbiología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, emsalin@correo.uaa.mx.

<sup>3</sup> Departamento de Ingeniería Bioquímica, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, jjaureg@correo.uaa.mx.

<sup>4</sup> Departamento de Ingeniería Bioquímica, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, fbonros@correo.uaa.mx.

<sup>5</sup> Departamento de Ingeniería Bioquímica, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

anticuerpos policlonales anti-glicomacropéptido bovino (anti-GMPb) para determinar la reactividad de éstos frente al glicomacropéptido ovino como indicador de la presencia de suero de quesería de oveja.

### ABSTRACT

The production and consumption of milk from sheep in Mexico and the world, is increasing every time because this has important advantages over cow's milk. A common practice of milk producers is its adulteration with cheese whey. However, this affects milk processor industries because it decreases the yield of the products obtained. There are several methods for determining the presence of cheese whey based on the detection of a glycomacropeptide (GMP) that is present only in SQ and not in milk. However, none of these methods is focused on the detection of sheep's GMP. In this study, polyclonal antibodies toward anti-glycomacropeptide bovine were used to determine the reactivity of these in front to the GMP of cheese whey from sheep as an indicator of the presence of cheese whey.

### INTRODUCCIÓN

La leche de oveja es un producto muy valorado por sus cualidades gastronómicas y nutraceuticas, por su inocuidad para personas que no toleran la leche de vaca y por su alto contenido graso, extracto seco y rendimiento industrial (Bain, 2004). Principalmente, esta leche se consume en forma de productos elaborados, como yogures, leches desnatadas, semidesnatadas, enteras,



quesos, etc. (Park *et al.* 2007; FAO, 2007; Trejo, 2009).

En los países subdesarrollados, la producción de esta clase de leche ha llegado a constituir una estrategia útil para disminuir la desnutrición, sobre todo en la población infantil, ya que la leche de oveja presenta ventajas, especialmente frente a la leche de vaca, como son: la leche de oveja tiene mayor cantidad de proteínas que la de vaca, por ende, también tiene casi el doble de grasa, aunque el producto disponible en el mercado viene parcialmente desnatado (semi desnatado). La leche de oveja tiene las vitaminas y minerales en mayor cantidad que la leche de vaca. Además, otra de las ventajas de la leche de oveja es que es mucho más digestiva que la leche de vaca, por lo que está muy recomendada también en personas mayores y ancianos (Sanz *et al.*, 2003).

La leche ovina tiene una alta cotización en el mercado, razón por la cual una práctica común que se ha estado presentando es la adulteración de ésta con leche bovina o caprina que tienen menor valor comercial. Para identificar este tipo de adulteración se han reportado numerosos trabajos que identifican especies de leche, como son la electroforesis capilar (Molina *et al.*, 2005;), la aplicación de polimerasa en cadena (PCR) (López Calleja *et al.*, 2005) y el ensayo por inmuno absorción ligado a enzimas (ELISA) (Haza *et al.*, 1996; Alava *et al.*, 1998; Moatsou y Anifantakis, 2003; Costa, 2008; Hongxin *et al.*, 2011). Sin embargo, una práctica común reciente de los productos de leche es la adulteración de ésta con suero de quesería (SQ). Dicha adulteración es económicamente atractiva debido a que el costo del suero de quesería es menor que la leche y no se afecta negativamente la percepción sensorial del producto por los consumidores, no obstante, tiene implicaciones nutricionales y económicas y causa bajo rendimiento en la obtención de productos (Alcázar *et al.*, 2000).

La adición fraudulenta de SQ a la leche puede determinarse por la presencia de un glicomacropéptido (GMP), también conocido como caseinomacropéptido (Galindo *et al.*, 2006; Bremer *et al.*, 2008; Chávez *et al.*, 2008, 2012), que es un compuesto específico del suero de quesería y que debe de estar ausente en leche no adulterada (Benítez *et al.*, 2001). El GMP es un derivado de la k-caseína producido cuando la leche es tratada con quimosina durante la fabricación del queso; el péptido más grande, para-k-caseína, se incor-

pora con la cuajada, mientras que el más pequeño, el GMP, queda soluble en el SQ (Brody, 2000).

Se han reportado diversos métodos para determinar la presencia de SQ basados en la detección de GMP, de los cuales los más sencillos, rápidos y precisos son los inmunoensayos (Bremer *et al.*, 2008; Oancea *et al.*, 2009; Chávez *et al.*, 2008, 2012), sin embargo, ninguno de estos métodos está enfocado a la detección del GMP ovino (GMPo) como indicador de la presencia de SQ de oveja. Así pues, dado que el GMP bovino (GMPb) y el GMPo tienen cierta homología (López Fandiño *et al.*, 1993, Silva-Hernández *et al.*, 2004), la hipótesis de este trabajo es que mediante anticuerpos policlonales anti-GMPbovino se puede detectar GMPo como indicativo de adulteración de leche de oveja con suero de quesería de oveja. Por tanto, el objetivo de esta investigación es probar la reactividad de anticuerpos anti-GMP bovino frente al GMPo para detectar adulteraciones en leche de oveja por la adición de suero de quesería.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras: GMPb (CGMP-10; Arla Foods Amba, Denmark), suero de leche de oveja, leche de oveja (Posta Zootécnica del Centro de Ciencia Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes), anticuerpos policlonales de conejo anti-GMPb (Dpto. de Ingeniería Bioquímica, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes).

a) *Obtención del GMP de suero de leche de oveja.* A 25 ml de muestras de leche de oveja con diferentes cantidades de SQ ovino se les adicionó 0.5 volúmenes de una solución de ácido tricloroacético (TCA) a 24%, con el fin de precipitar y eliminar la k-caseína (Benítez *et al.*, 2001). Se dio un segundo tratamiento con 0.4 volúmenes de TCA a 50% al sobrenadante con la finalidad de precipitar el GMP (Benítez *et al.*, 2001; Galindo *et al.*, 2006). El precipitado fue disuelto en 20 µL de 75 mM Tris HCl, pH 8.0 y neutralizado con NaOH 2 M. La muestra obtenida se analizó con la técnica de inmuno blot.

b) *Reactividad de los anticuerpos policlonales anti-GMP bovino frente a GMP ovino.* Se desarrolló un inmuno blot del GMPo obtenido de SQ, de GMPb (control positivo de la reactividad) y leche de oveja sin SQ sometida a tratamiento con TCA (como control negativo). Se utilizó el sistema Bio-Rad Miniprotean III para hacer una separación

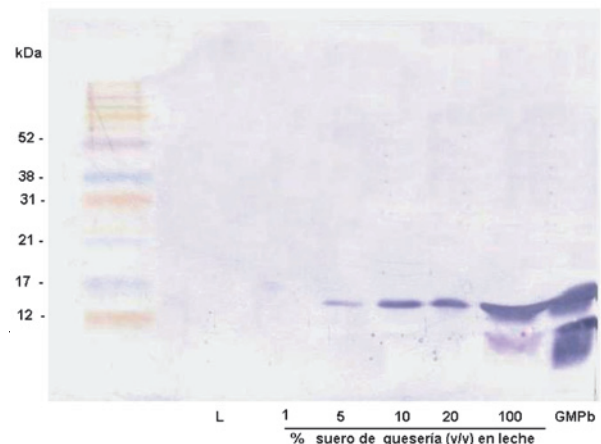
electroforética de las proteínas de las muestras para analizar, mediante electroforesis (SDS-PAGE), 13.5% bajo condiciones reductoras, con un buffer de corrida (0.025 M Trizma base, 0.25 M glicine, 3.7 mM, pH 8.3) a 80 volts por 1.5 h. Las fracciones proteicas se transfirieron electroforéticamente a una membrana de polivinildieno fluorado (PVDF) (Millipore Corporation, Bedford, EUA) por 2 h a 100 mAmp, usando para ello una solución de transferencia (0.024 M Trizma base, 0.186 M glicina, 4.1 M metanol). Una vez hecha la transferencia de las proteínas a la membrana, se lavó con la solución de transferencia limpia y se secó para posteriormente llevar a cabo la inmunotinción, que se desarrolló con los anticuerpos policlonales de conejo anti-GMPb diluidos en una solución tampón de NaCl 0.5 M, Tris HCl 0.02 M (TBS) con leche en polvo a 5%. Para detectar el complejo formado por el GMP y los anticuerpos anti-GMP, se utilizó un anticuerpo secundario anti-conejo de cabra unido a fosfatasa alcalina (PA) (Zymed, San Francisco, EUA) diluido 1:10,000 en la solución de TBS más leche en polvo a 5%, usando 5-bromo-4-cloro-3-indol fosfato/nitro azul tetrazolio (BCIP/NBT) (Sigma-Aldrich, Steinheim, Alemania) como cromosensor.

## RESULTADOS

*Reactividad de los anticuerpos policlonales anti-GMP bovino frente a GMP ovino.* Se comprobó la reactividad de los anticuerpos policlonales anti-GMP bovino frente al GMP ovino, donde aparecen dos bandas proteicas peso molecular (PM) muy similar al GMP de SQ de vaca. En el caso del GMP ovino, las fracciones proteicas observadas presentaron PM de 14.1 y 10.2 kDa. Esta última fracción fue menos abundante según se aprecia por la intensidad de color y tiende a desaparecer conforme disminuye la concentración de suero de quesería de oveja, lo que indicaría que se encuentra en menor cantidad. En la muestra de GMPb comercial, las dos bandas proteicas tienen PM de 14.1 y 11.1 kDa (figura 1). La primera fracción proteica coincide con la obtenida en el SQ de oveja. Estas bandas corresponden al GMP en diferentes estados de agregación.

Se analizaron también muestras de leche de oveja sin SQ (L) con el fin de determinar si en el análisis, por la técnica de inmuno blot, había interferencia con los componentes de la leche, sin embargo, no se observaron bandas proteicas, lo que indica que no hubo reactividad cruzada de los anticuerpos anti-GMPb con los componentes de la leche de oveja (figura 1).

El límite más bajo de SQ detectado en leche fue de hasta 5% (v/v) (figura 1).



**Figura 1.** Inmuno blot para probar reactividad de los anticuerpos policlonales anti-GMP bovino frente al GMP ovino. Se analizaron muestras de leche de oveja adulterada con concentraciones crecientes de suero de quesería ovino líquido. L: 10  $\mu$ l de leche de oveja procesada con TCA sin suero de quesería (control negativo). GMPb: 10  $\mu$ g de GMP bovino puro (control positivo).

La detección de SQ en la leche de oveja mediante la técnica de inmuno blot se realizó en un tiempo de 8 horas, incluyendo el tratamiento de la leche con TCA.

## DISCUSIÓN

En este trabajo se desarrolló un método fácil y específico para detectar GMPo como indicativo de adulteración de leche de oveja con suero de quesería. Este método se desarrolló con anticuerpos policlonales anti-GMPb que fueron reactivos al GMP ovino. La reactividad de estos anticuerpos frente al GMPo se debe a que el GMP de SQ de vaca, cabra y oveja tienen una gran homología entre sí, presentando sólo algunos sitios de diferencia (López Fandiño *et al.*, 1993; Silva Hernández *et al.*, 2004), la cual no causa problema para la detección mediante el uso de anticuerpos policlonales, ya que éstos reconocen diferentes epítomos. Una ventaja del uso de anticuerpos policlonales en comparación con los anticuerpos monoclonales para el inmuno blot, es que tienen mayor probabilidad de detectar péptidos o proteínas similares, que se alteran o modifican como sucede en el caso de los alimentos cuando se someten a diferentes técnicas de procesamiento (pasteurización, calentamiento, acidificación, etc), ya que

los anticuerpos reconocen epítomos diferentes. Se acepta, por tanto, que el uso de anticuerpos policlonales es favorable para el análisis de alimentos (Holden *et al.*, 2005).

En el análisis de las muestras de SQ analizadas mediante inmuno blot, los anticuerpos policlonales reconocieron dos bandas proteicas tanto en el GMPb como en el GMPo. En el caso del SQ de oveja las fracciones proteicas tuvieron un PM de 14.1 y 10.2 kDa del GMP obtenido de SQ de oveja. El GMP como monómero tiene un PM aproximado de 6.8 kDa sin considerar la porción glicosídica (Brody, 2000; Galindo *et al.*, 2006), sin embargo, se ha demostrado que diferentes moléculas de GMP interactúan mediante enlaces de puentes de hidrógeno de las cadenas glicosídicas que contiene, originando así dímeros, trímeros tetrámeros, etc., lo que trae como resultado pesos moleculares mayores para este compuesto (Galindo *et al.*, 2006). Este hecho explica que al analizar GMPb y GMPc se hayan identificado fracciones proteicas de diferente peso molecular. La banda de 14.1 kDa corresponde a la observada en muestras de GMP de referencia (GMPb) al inmunógeno principal.

Mediante el inmuno blot también se demostró la especificidad de los anticuerpos frente a otros componentes de la leche ovina, ya que el análisis de muestras procesadas de leche sin suero no dieron reacción alguna con los anticuerpos, pues no se observó ninguna banda proteica, indicando que no hay reactividad cruzada con otros componentes de la leche, por lo tanto, no hay posibilidad de obtener resultados falsos positivos. Este hecho aumenta la veracidad de la prueba para determinar adulteración de leche ovina con SQ.

Una ventaja del método inmuno blot es su especificidad para detectar GMP como indicativo de adulteración SQ, ya que comparado con otros métodos que se han reportado, tales como cromatografía de líquidos (HPLC) y electroforesis SDS-PAGE, no es definitiva la identificación del GMP, debido a péptidos de peso molecular similar al GMP que pueden estar presentes en la leche por acción de microorganismos psicrófilos (Alcázar *et al.*, 2000; Recio *et al.*, 2000), dando resultados falsos positivos en el análisis de leche. Además, mediante la técnica de inmuno blot, el análisis es más rápido y menos costoso que por HPLC que es el método que más se utiliza para detectar este tipo de adulteración (Recio *et al.*, 2000), pues es necesario purificar previamente GMP y esto requiere al menos 6 h, además el equipo de HPLC es más

complejo y caro que el inmuno blot desarrollado en este trabajo. Por lo tanto, el método inmuno blot para detectar GMPo como indicativo de la presencia de SQ ovino por anticuerpos policlonales anti-GMPb resultó ser un método más sencillo, rápido y menos costoso. Este método puede usarse como control de calidad de la leche ovina para prevenir fraudes por la adulteración con SQ.

Una vez que se comprobó la reactividad y especificidad de los anticuerpos policlonales anti-GMPb frente al GMPo, se pretende desarrollar con éstos un sistema ELISA que es mucho más sencillo, rápido y barato, con la finalidad de disminuir los tiempos de análisis y aumentar la sensibilidad del método para saber si la leche de oveja está adulterada con SQ. Además, con el sistema ELISA se pueden analizar una mayor cantidad de muestras al mismo tiempo.

## CONCLUSIONES

Los anticuerpos policlonales anti-GMPb fueron reactivos al GMPo. Con estos anticuerpos se puede desarrollar un método de análisis para detectar adulteración con SQ en leche de oveja. Este método es más preciso y rápido que otros métodos que se han utilizado para detectar este tipo de adulteración.



**Ilustración 1.** La leche de oveja es una opción para la desnutrición por ser más nutritiva y más digestiva.

Fuente: <http://images.google.com.mx>.

## Agradecimiento

Los autores agradecen al Mtro. Rafael Casillas Peñuelas por su apoyo, comentarios y sugerencias que se recibieron para mejorar la calidad del artículo.

**LITERATURA CITADA**

- ALAVA, M.; CALVO M.; INDA, L.; RAZQUÍN, P.; LAMPREAVE, F., Rapid, sensitive, enzyme-immunodotting assay for detecting cow milk adulteration in sheep milk: a modern laboratory project. *J Chem Educ.*, 75(12): 16-18, 1998.
- ALCÁZAR, M.C.; ROSAS, J.; JARAMILLO, A.C.; PEÑA, S., Detección de glucomacropéptido (GMP) como indicador de adulteración con suero de quesería en leche deshidratada. *Vet México*, 37(3) 217-222, 2000.
- BAIN, I., Elaboración de quesos artesanales con leche de oveja. *IDIA XXI*, 7: 208-2011, 2004.
- BENÍTEZ, E.; PONCE, P.; NOA, M., Detección de suero de quesería en leche en polvo por HPLC de filtración. *Gel. Rev. Salud Animal*, 23(1): 27-31, 2001.
- BREMER, M.; KEMMERS VONCKEN, A.; BOERS, E.; FRANKHUIZEN, R.; HAASNOOT, W., Enzyme-Linked immunosorbent assay for the detection of bovine rennet whey powder in milk powder and buttermilk powder. *Int Dairy J.* 18: 294-302, 2008.
- BRODY, E.P., Biological activities of bovine glycomacropéptido. *Br J Nutr.*, 84(1): S39-S46, 2000.
- CHÁVEZ, N.; SALINAS, E.; JÁUREGUI, J.; PALOMARES, L.A.; MACÍAS, K.; Detection of bovine milk adulterated with cheese whey by Western blot immunoassay. *Food Agric Immunol*, 19: 265-272, 2008.
- CHÁVEZ, N.; JÁUREGUI, J.; PALOMARES, L.; MACÍAS, K.; JIMÉNEZ, M.; SALINAS, E., A highly sensitive sandwich ELISA for the determination of glycomacropéptido to detect liquid whey in raw milk. *Dairy Sci. & Technol.*, 92, 121-132, 2012.
- COSTA, N.; RAVASCO, F.; MIRANDA, R.; DUTHOIT, M.; ROSEIRO, L.B., Evaluation of a commercial ELISA method for the quantitative detection of goat and cow milk in ewe milk and cheese. *Small Ruminant Res*, 79, (1): 73-79, 2008.
- GALINDO, L.; VALBUENA, E.; ROJAS, E., Estandarización de la detección del glicomacropéptido por PAGE-SDS como índice de adulteración de leche. *Rev Cient FCV-LUZ*, 16(3): 308-314, 2006.
- HAZA, I.; MORALES, P.; MARTIN, R.; GARCÍA, T.; ANGUISTA, G.; GONZÁLEZ I.; SANZ, B.; HERNÁNDEZ, P., Development of monoclonal antibodies against caprine  $\alpha$ s2-casein and their potential for detecting the substitution of ovine milk by caprine milk by an indirect elisa. *J Agric Food Chem*, 44: 1756-1761, 1996.
- HOLDEN, L.; FÆSTE, C.; EGAAS, E., Quantitative Sandwich ELISA for determination of Lupine (*Lupinus* spp.) in foods. *J Agric Food Chem*, 53: 5866-5871, 2005.
- HONGXIN, S.; HAIYAN, X.; YAN, H., Detection of cow's milk in shaanxi goat's milk with an elisa assay. *Food Control*, 22: 883-888, 2011.
- LÓPEZ CALLEJA, I.; GONZÁLEZ A.; FAJARDO, V.; RODRÍGUEZ, M.; HERNÁNDEZ, P.E.; GARCÍA, T., Application of polymerase chain reaction to detect adulteration of sheep's milk with goat's milk. *J. Dairy Sciences*, 88: 3115-3120, 2005.
- LÓPEZ FANDIÑO, M.; ACEDO, M.I.; RAMOS, M., Comparative study by HPLC of caseinomacropéptidos from cows' ewes' and goats' milk. *J Dairy Res*, 60: 117-121, 1993.
- MOATSOU, G.; ANIFANTAKIS, E., Recent developments in antibody-based analytical methods for the differentiation of milk from different species. *Int J Dairy Technol.*, 56(3): 133-138, 2003.
- MOLINA, E., ÁLVAREZ, M.; RAMOS, M., Milk species identification in cheese varieties using electrophoretic, chromatographic and PCR techniques. *Int. Dairy J.*, 9: 99-105, 2005.
- OANCEA, S., Identification of glycomacropéptido as indicator of milk and dairy drinks adulteration with whey by immunochromatographic assay. *Rom Biotechnol Lett*, 14: 4146-4151, 2009.
- PARK, Y.W.; JUÁREZ, M.; RAMOS, M.; HAENLEIN, G.F.W., Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Res*, 68: 88-113, 2007.
- RECIO, I.; GARCÍA RISCO, M.R.; RAMOS, M.; LÓPEZ FANDIÑO, R., Characterization of peptides produced by the action of psychrotrophic proteinase on k-casein. *J Dairy Res*, 67: 625-630, 2000.
- SANZ, M.R.; FERNÁNDEZ, J.R.; DE LA TORRE, G.; RAMOS, E.; CARFONA, F.D.; BOZA, J., Calidad de la leche de los pequeños rumiantes. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 16(1): 155-166, 2003.
- SILVA HERNÁNDEZ, E.R.; NAKANO, T.; VERDALET-GUZMÁN, I., OZIMEK, L., Comparison of glycomacropéptido isolated from raw and pasteurized goat milk. *Milchwissenschaft-milk Sci In.*, 59: 27-31, 2004.

**Diccionario**

- FAO, Base de datos TRADESTAT. Disponible en: [www.fao.org](http://www.fao.org). Consultado en, Diciembre de 2011.
- TREJO, G.E., Leche ovina, un negocio que da lana, *El economista*. Disponible en: <http://economista.com.mx/notas-impreso/columnas/agro-negocios/2009/04/16/leche-ovina-negocio-mexico>. Consultado en diciembre de 2011.



## Principio de Margalef y Ley de Kleiber: su consistencia con la segunda ley de la termodinámica y la deriva natural

Margalef Principle and Kleiber Law: its consistency with the second law of thermodynamics, and the natural drift

Jorge Barragán,<sup>1</sup>  
Sebastián Sánchez<sup>2</sup>

Barragán, Jorge; Sánchez, Sebastián, Principio de Margalef y Ley de Kleiber: su consistencia con la segunda ley de la termodinámica y la deriva natural. 54, 17-21, 2012

### RESUMEN

El estudio de la relación entre la tasa metabólica basal y la masa desarrollada por los seres vivos pone de manifiesto que la masa total de los organismos aumenta más, que lo que disminuye su capacidad metabólica con el correr del tiempo.

Los seres vivos serían entonces cada vez más eficientes para generar estructura, con la cada vez más exigua energía que disipan por unidad de masa. Una creciente eficiencia en la administración de la información y la energía es notable en los seres vivos con el correr del tiempo.

### ABSTRACT

The study of the relationship between basal metabolic rate and mass developed by living things, shows that the total mass of bodies increases more what metabolic capacity decreases over time. Living beings would then be increasingly efficient to generate structure, with the increasingly meager energy dissipated per mass unit. Increasing efficiency in the management of information

**Palabras clave:** tasa metabólica basal, peso, auto organización.

**Key words:** basal metabolic rate, weight, self organization.

Recibido: 5 de Enero de 2012, aceptado: 24 de Abril de 2012

<sup>1</sup> Cátedra de Histología y Embriología. UNSAM. Rosario. Argentina, jbgamero@tutopia.com.

<sup>2</sup> Cátedra de Histología y Embriología. UNSAM. Rosario. Argentina, chulosanchez@hotmail.com.

and energy is remarkable in living organisms with the passage of time.

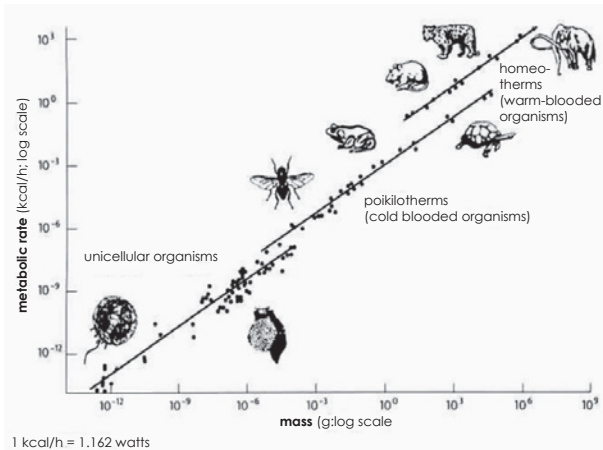
### INTRODUCCIÓN

La correlación entre Tasa Metabólica Basal (TMB) y masa corporal para diferentes especies, formalizada por Max Kleiber, es una poderosa herramienta para estimar la relación entre la capacidad de disipar energía y la capacidad de generar estructura con la energía disipada, conocida como Principio de Margalef (Sánchez y Barragán, 2010; Wang *et al.*, 2001; Flos, 2005). Sin embargo, puede que sea necesario revisar la expresión de la Ley de Kleiber para corroborar de manera adecuada su capacidad para representar esta relación. En su expresión más simple, la misma propone que la tasa metabólica es igual a una constante taxonómica multiplicada por la masa elevada a la potencia 0.75 (Morgado *et al.*, 2006; Gerber, 2009; McDonald *et al.*, 2006; West *et al.*, 1999).

Más allá del valor del exponente (Kozłowski y Konarzewski, 2004; Kozłowski y Konarzewski, 2005), se reconoce que comparados con los grandes organismos, los pequeños presentan una tasa metabólica más elevada (Dawkins, 2004) que la esperable para su masa. Al observar los gráficos que representan la Ley de Kleiber con una pendiente positiva, resulta que cuanto mayor es la masa, mayor es la TMB.

Es un hecho incontrovertible que cuanto mayor es la masa, mayor es la TMB: disipa más energía un elefante que un ratón (figura 1)





**Figura 1.** Expresión gráfica de la Ley de Kleiber con sus tres rectas parciales (Hemmingsen, 1960).

(Hemmingsen, 1960). Pero, ¿es eso lo que nos dice la Ley de Kleiber? No. Lo que nos dice es que, por ejemplo, la célula de una coliflor presenta una TMB relativa a su masa, mayor que la célula de una secuoya (Dawkins, 2004).

¿De dónde resulta entonces una pendiente positiva? Pues resulta de comparar la evolución de la masa total desarrollada por el organismo, con la TMB que corresponde a esa masa total o peso vivo (PV) del organismo.

Debemos preguntarnos, ¿qué ocurriría si comparáramos la evolución de la TMB/unidad de masa, con la de la masa total del organismo? Incluso debemos ser más precisos, y referirnos a la "Unidad de Masa Metabólicamente Activa" o UMMA, que es la masa comprometida en la generación de energía. Durante el curso de la vida de un organismo multicelular complejo como el ser humano, el peso seco (PS) representa a la UMMA mejor que el simple PV, o el peso vivo metabólico o PVM (PV elevado a la 0.75) (Sánchez y Barragán, 2011).

Sin embargo, en el caso de compararse la TMB/unidad de masa de organismos de diferentes especies se debe tener en cuenta que, si se trata de individuos de la misma edad relativa (por ejemplo: todos adultos), y que se hallan en la misma recta parcial de Kleiber, el porcentaje de agua es el mismo en todos ellos. Bajo estas condiciones, la consideración del PS como factor de cambio constante (el mismo porcentaje de agua) introduce una severa distorsión, y organismos con gran diferencia de masa corporal acaban teniendo similares TMB/unidad de masa. Lo

mismo ocurre con el PVM, otro factor de cambio constante, pues en términos absolutos (gramos, o kilos) no es lo mismo elevar a la 0.75 el peso de un ratón, que el de una vaca. Considerar el PVM también aproxima los valores de TMB/unidad de masa de especies con grandes diferencia de peso, como una vaca y un ratón (McDonald et al., 2006). Considerar la TMB/kg de PV en el caso de las especies evita distorsiones.

El caso es distinto si se considera la TMB/unidad de masa durante la vida de cualquier organismo en forma individual, con independencia de la especie a la que pertenezca, ya que el porcentaje de agua varía durante el curso de la vida de cualquiera de ellos. Se debe considerar entonces el PS como UMMA, ya que al variar el porcentaje de agua no es igual considerar el kg de PV, que el kg de PS. Nuevamente, la eventual consideración del PVM como UMMA introduciría distorsión. Y ello se debe a que el PVM es un factor de cambio constante (potencia 0.75) para diferentes valores de PV, cuando lo que en realidad ocurre es que nos encontramos ante un factor de cambio variable (el porcentaje de agua a diferentes edades).

Otro aspecto importante de la representación gráfica de la Ley de Kleiber es que se debe considerar el transcurso del tiempo. Implícito en el curso de la evolución del tamaño de los organismos al graficar la ley, quizá deba hacerse explícito. Los unicelulares son los primeros en surgir, y luego hacen su aparición los multicelulares, los que a su vez crecen en tamaño y complejidad. Y lo mismo ocurre durante el desarrollo de un organismo multicelular individual, con independencia de la especie a la que pertenezca: primero hay células, luego tejidos y, finalmente, se desarrollan órganos, aparatos y sistemas, al paso que se incrementa la masa total.

Debemos notar entonces que si consideramos la evolución de la masa y la TMB correspondiente a la masa total desarrollada por cada organismo en forma individual, con el transcurso del tiempo se incrementa la disipación de energía. Esta observación es inconsistente con la declinación de la capacidad metabólica que ocurre al avanzar la edad: el porcentaje de agua en el organismo es elocuente al respecto, ya que disminuye con el correr del tiempo.

Siendo los seres vivos sistemas termodinámicamente abiertos, no tienen problema alguno

en incrementar su masa y lograr una mayor disipación de energía.

Pero si el incremento de la TMB con el tiempo se debe al aumento de la masa, deberíamos poder expresar la relación entre TMB y tamaño corporal en términos que revelen la inexorable disminución de la capacidad metabólica por unidad de masa que ocurre con el paso del tiempo.

Un último punto de interés es que dado que tanto en el desarrollo individual como en la evolución de las especies surgen primero las células y luego las asociaciones de células, que a su vez aumentan en complejidad y tamaño respecto de aquéllas; es probable que si se expresa la Ley de Kleiber en los mismos términos (TMB/unidad de masa), las relaciones entre la masa total y la TMB/unidad de masa en el curso de la vida de un individuo se correspondan en algún grado con las halladas para diferentes especies. Tal es nuestra hipótesis, y nos planteamos los siguientes objetivos:

1. Verificar la relación entre TMB y tamaño corporal para diferentes especies, en términos de evolución del PV y la TMB/kg de PV.
2. Describir la Ley de Kleiber haciendo explícita la declinación de la capacidad metabólica por unidad de masa, que ocurre en los seres vivos con el correr del tiempo.
3. Verificar la relación entre TMB y tamaño corporal en el curso del desarrollo individual humano, en términos de evolución del PS y la TMB/kg de PS.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se procedió al análisis de tablas y gráficos con datos acerca de la capacidad para disipar energía, y desarrollo de masa corporal para diferentes especies.

Para simplificar el estudio se consideraron datos acerca de nueve especies con diferentes pesos y tasas metabólicas (Morgado *et al.*, 2005; McDonald *et al.*, 2006; De Costa y Rol de Lama, 2009) ( ver tabla 1).

Es preciso hacer notar que en el caso de la comparación entre especies se tomaron datos sobre PV y TMB/kg de PV, ya que no hay diferencias en el porcentaje de agua entre individuos de diferentes especies con la misma edad relativa (por ejemplo, adultos), y que se encuentran en la misma recta parcial de Kleiber.

**Tabla 1.** Peso vivo y TMB por kg de peso vivo en diferentes especies

<b>Especie</b>	<b>Peso Vivo total (kg)</b>	<b>TMB/ kg PV (kcal)</b>
<i>Sorex minutus</i>	0.004	278.30
<i>Mus musculus</i>	0.3	95.60
<i>Felis silvestris catus</i>	2.5	55.60
<i>Canis lupus familiaris</i>	12	37.60
<i>Homo sapiens</i>	70	24.14
<i>Bos Taurus</i>	500	16.25
<i>Equus caballus</i>	650	13.80
<i>Loxodonta africana</i>	4000	8.80
<i>Balaenoptera musculus</i>	100000	3.9

Nota: en la misma se aprecia que cuanto mayor es el peso del organismo, tanto menor es su tasa metabólica por unidad de peso.

Los datos acerca de TMB/unidad de masa y masa corporal durante el desarrollo de un organismo en forma individual, proceden de tablas correspondientes a la especie humana (Sánchez y Barragán, 2011) (ver tabla 2).

No ocurre lo mismo en el caso de un individuo. El porcentaje de agua varía con la edad, y debe tenerse en cuenta entonces el PS y la TMB/kg de PS, como lo muestra la tabla 2. Los datos se analizaron aplicando el test de correlación de Pearson ( $r$ ), y en la representación gráfica se incluyó el indicador  $R^2$ .

## RESULTADOS

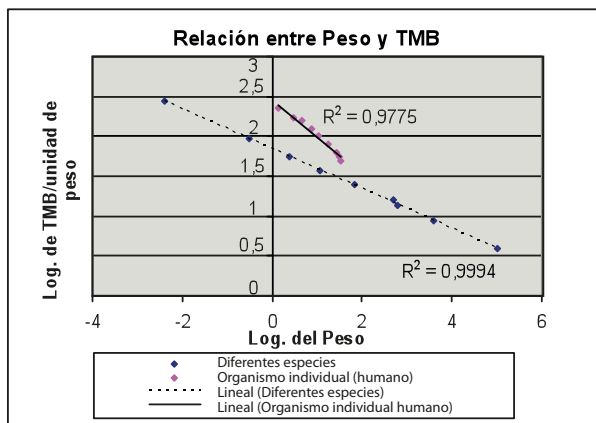
Los gráficos se construyeron con los logaritmos de las variables en ambos ejes, como es habitual en las descripciones de la Ley de Kleiber, y así se aprecia en la figura 2.

En la expresión habitual de la Ley de Kleiber la pendiente es positiva debido a que los paráme-

**Tabla 2.** Peso seco y TMB por kg de peso seco en el ser humano

Peso y TMB Edad	Peso Seco (kg)	TMB/kg Seco (kcal)	Peso Vivo (Kg)	TMB/Kg Vivo (Kcal)
0.0 – 0.05	1.4	228	6	53,3
0.5 – 1.0	2.9	172	9	55,5
1 - 3	4.6	160	13	56,9
4 - 6	7.6	125	20	47,5
7 - 10	10.9	103	28	40,3
11 - 14	18.0	80	45	35,0
15 - 18	27.7	63	66	26,6
19 - 24	30.9	57	72	24,7
25 - 50	34.7	51	79	22,7

Nota: las columnas de PS y TMB/kg Seco, evidencian que cuanto mayor es el peso, tanto menor es la tasa metabólica. No se aprecia lo mismo si se observan las columnas de PV y TMB/kg Vivo: ambas aumentan hasta cumplidos los tres años de edad.



**Figura 2.** Relación entre peso corporal total y TMB/kg de peso en ambos niveles (PV en la recta de las especies y PS en la recta que corresponde al organismo humano). En la medida que aumenta el peso total decrece la TMB/kg de peso. Basado en datos de las tablas 1 y 2.

tros utilizados son los mismos, desde los primeros gráficos de Kleiber (Kleiber, 1947) hasta la actualidad: masa total (PV) y TMB.

Pero si se interviene sobre el modelo comparando la masa corporal total, con la TMB/UMMA, la pendiente resulta negativa, y compatible con las descripciones del consumo de oxígeno/unidad de masa en diferentes especies (Schmidt-Nielsen, 1984).

Si en la descripción gráfica de la Ley de Kleiber ajustada por unidad de masa se incorporara un eje de evolución del tiempo, sería fácil apre-

ciar que al avanzar el tiempo decae la capacidad metabólica. No ocurriría lo mismo si se incorporara un eje de evolución del tiempo, en la descripción gráfica de la Ley de Kleiber no ajustada por unidad de masa.

El test de Pearson arrojó un valor de  $r = -0.9997$  ( $n = 9$ ,  $p < 0.001$ ) para la correlación entre PV y TMB/kg de PV en las especies estudiadas, y  $r = -0.9886$  ( $n = 9$ ,  $p < 0.001$ ) para la correlación entre PS y TMB/kg de PS durante la vida de un humano.

## DISCUSIÓN

La descripción gráfica habitual de la Ley de Kleiber expresa el incremento de la actividad metabólica que se observa en los seres vivos con el transcurrir del tiempo. Como ya se dijo, por tratarse de sistemas termodinámicamente abiertos los seres vivos no tienen problema alguno en incrementar su masa, y lograr así una mayor disipación de energía. Sin embargo, una descripción como esa no pone de manifiesto la declinación de la capacidad metabólica que se observa en los mismos con el transcurrir del tiempo si se considera la TMB/unidad de masa.

Desde el punto de vista termodinámico, tan válido es expresar la relación entre la actividad metabólica y la masa generada considerando la TMB/masa total, que teniendo en cuenta la TMB/unidad de masa.

Pero sólo la expresión que considera la TMB/unidad de masa pone de manifiesto la declina-

ción de la capacidad metabólica que sufren los seres vivos, que se aprecia en la gradual declinación de su porcentaje de agua.

Esta observación no debe pasar desapercibida, ya que revela la creciente eficiencia de los organismos para incrementar su masa, en mayor medida que lo que decae su capacidad metabólica por unidad de masa.

Si ambos casos, el de la evolución de las especies y el desarrollo individual, admiten la misma descripción de la relación entre TMB/unidad de masa y masa total generada, es probable que ambos sean expresión de un mismo y único proceso: la evolución en el tiempo de la capacidad de generar estructura con la energía disipada.

Cuando Varela y Maturana (2003) se refieren a la evolución en términos de "deriva natural", destacan que lo que evoluciona es la forma en que se presenta la organización autopoietica. El presente estudio podría ser un aporte en tal sentido.

## CONCLUSIONES

Se verifica con claridad la relación entre la evolución de la tasa metabólica basal y el desarrollo de masa corporal, tanto en el nivel de las especies como en forma individual.

Puede resultar de interés con vista a futuros estudios de mayor profundidad y precisión, hacer notar que la tasa metabólica basal y la masa están relacionadas a través de leyes de escala.

## LITERATURA CITADA

- DAWKINS, R., *El cuento del antepasado*. España: Ed. Antoni Bosch, 2004.
- FLOS, J., El concepto de información en la ecología margalefiana. *Ecosistemas*, 14(1): 7-17, 2005.
- HEMMINGSEN, A., Energy metabolism as related to body size and respiratory surfaces, and its evolution. *Reports of the Steno Memorial Hospital*, 4: 1 -110, 1960.
- KLEIBER, M., Body size and metabolic rate. *Physiological Reviews* 27 (4): 511-541, 1947.
- KOZLOWSKI, J.; KONARZEWSKI, M., Is West, Brown and Enquist's model of allometric scaling mathematically correct and biologically relevant? *Functional Ecology*, 18: 283-9, 2004.
- KOZLOWSKI, J.; KONARZEWSKI, M., West, Brown and Enquist's model of allometric scaling again: the same questions remain. *Functional Ecology*, 19: 739-743, 2005.
- MATURANA, H.; VARELA, F., *De máquinas y seres vivos*. Argentina: Ed. Lumen, 2003.
- McDONALD, P.; EDWARDS, R.; GREENHALGH, J.; Morgan C., *Nutrición animal*. España: Ed. Acribia, 2006.
- MORGADO, E.; GÜNTHER, B.; COCIÑA, M., Relaciones entre el metabolismo oxidativo y la obesidad. Parte 1. *Revista chilena de ciencia y clínica*, 3: 43-52, 2006.
- SCHMIDT-NIELSEN, K., *Scaling: why is animal size so important?* Gran Bretaña: Cambridge University Press, 1984.
- WEST, G.; ENQUIST, B.; BROWN, J., The fourth dimension of life: fractal geometry and allometric scaling of organisms. *Science*, 284: 1677-1679, 1999.
- WANG, Z.; O'CONNOR, T.; HESHKA, S.; HEYMSFIELD, Nutritional Methodology: The Reconstruction of Kleiber's Law at the Organ Tissue Level. *The Journal of nutrition*, 131(11): 2967-70, 2001

## Diccionario

- DE COSTA J.; ROL DE LAMA, M., Estudio de la tasa metabólica de los mamíferos: efectos del tamaño corporal y de la temperatura ambiental. Universidad de Murcia. España. Facultad de Biología. Departamento de Fisiología. 2009. Disponible en <http://www.um.es/fisfar/Alometrafo.pdf>.
- Gerber, W., Física en las Ciencias Forestales. Leyes Universales. Teoría. Instituto de Física, Universidad Austral, Valdivia, Chile 12.10. 2009. Disponible en: <http://downloads.gphysics.net/UACH/Forestal/UACH-Fisica-en-las-Ciencias-Forestales-2-5-Leyes-Universales-Teoria.pdf>.
- MORGADO, E.; GÜNTHER, B.; COCIÑA, M., Rango homeostático del metabolismo oxidativo: 60 años de fisiometría integrativa. *Revista médica de Chile*. v.133 n.3. Versión impresa ISSN 0034-9887. 2005. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872005000300013](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872005000300013).
- SÁNCHEZ, S.; BARRAGÁN, J., Evolución del peso y el metabolismo basal en varones: su relación con el principio de Margalef: Análisis de tablas. *Aleph Zero*, núm. 58. México. 2010. Disponible en: <http://hosting.udlap.mx/profesores/miguela.mendez/alephzero/index.html>.
- SÁNCHEZ, S.; BARRAGÁN, J., El peso metabólicamente activo: entre la ley de Kleiber y la segunda ley de la termodinámica. *Revista Argentina de Endocrinología y Metabolismo*, 48(3): 136-142, 2011. Disponible en: [www.raem.org.ar/numeros/2011/3/136-142Endo3-Barragan.pdf](http://www.raem.org.ar/numeros/2011/3/136-142Endo3-Barragan.pdf).

## Evaluación de acciones correctivas tendientes a mejorar la calidad dimensional de la madera aserrada de *Pinus* spp en Durango, Méx.

Assessment of corrective actions aimed at improving the dimensional quality of lumber of *Pinus* spp in Durango, Mex.

Juan Abel Nájera Luna,<sup>1</sup> José Trinidad Montañez Rivera,<sup>2</sup> Jorge Méndez González,<sup>3</sup> Francisco Javier Hernández,<sup>4</sup> Benedicto Vargas Larreta,<sup>4</sup> Francisco Cruz Cobos,<sup>4</sup> Cristóbal Gerardo Aguirre Calderón<sup>4</sup>

Nájera Luna, J.A.; Montañez Rivera, J.T.; Méndez González, J.; Hernández, F.J.; Vargas Larreta, B.; Cruz Cobos, F.; Aguirre Calderón, C.G., Evaluación de acciones correctivas tendientes a mejorar la calidad dimensional de la madera aserrada de *Pinus* spp en Durango, Méx. 54, 17-24, 2012.

### RESUMEN

El propósito del presente estudio es contribuir a optimizar el uso de la materia prima en el proceso de aserrío, por lo que se evaluaron 11 acciones correctivas tendientes a reducir la variación en el grosor de la madera aserrada de *Pinus* spp en tres aserraderos de Durango. Cada acción fue evaluada mediante muestras de 10 tablas con grueso nominal de 22.23 mm (7/8"); para conocer la variación del grueso en la madera, se utilizó el método de medición de puntos múltiples, comparando el efecto de cada acción con una muestra testigo de tablas aserradas sin implementar ninguna acción. Los resultados mostraron que dos de las once acciones evaluadas mostraron una marcada reducción en la variación del corte de la madera aserrada desde 49 hasta 64%, lo cual

**Palabras clave:** proceso de aserrío, madera aserrada, variación del corte, mantenimiento, coeficiente de aprovechamiento, dimensión óptima de corte.

**Key words:** sawmilling, lumber, sawing variation, maintenance, lumber recovery factor, target size.

Recibido: 29 de Noviembre de 2011, aceptado: 25 de Enero de 2012

<sup>1</sup> División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de El Salto (ITES), jalnajera@yahoo.com.mx.

<sup>2</sup> Programa de Maestría en Ciencias en Desarrollo Forestal Sustentable, Instituto Tecnológico de El Salto (ITES).

<sup>3</sup> Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, jorgemendezgonzalez@gmail.com.

<sup>4</sup> División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de El Salto (ITES).

se consiguió mediante la disminución de la velocidad de alimentación del asierre y el ajuste de las guías de la sierra.

### ABSTRACT

The purpose of this study is to contribute to optimize the use of raw material in the sawmilling process; therefore, so eleven corrective actions were evaluated intended to reduce the variation in the thickness of the lumber in three sawmills in Durango. Each action was assessed using 10 samples of *Pinus* spp boards with nominal thickness of 22.23 mm (7/8"). For the sawing variation of the lumber, the method of multi-point technique was utilized, comparing the effect of each action with a control sample of lumber without implementing any corrective action. The results showed that two of the eleven actions evaluated showed a marked reduction in the sawing variation from 49% to 64% which was achieved by reducing the feed rate and adjustment of the saw guides.

### INTRODUCCIÓN

El principal problema que aqueja la producción de madera aserrada en cuanto a la calidad dimensional, es la variación del corte, provocando con ello una baja productividad y una especulación en el precio por la falta de uniformidad en sus dimensiones (Sánchez, 2004). La madera que se asierre a un grosor superior al requerido incluye un volumen que se pierde en el proceso de cepillado durante la contracción por la pérdida



de humedad de la madera y por las variaciones en el corte durante su procesamiento, lo que repercute en una reducción del coeficiente de aprovechamiento y en las utilidades potenciales de la empresa (Zavala, 1991). El uso sostenible de la materia prima, el aumento de los costos y una competencia cada vez más internacional son algunas de las razones por las que los aserraderos deben mejorar sus prácticas de producción (Szymani, 1999, citado por Vuorilehto, 2001). Variables como el rendimiento y la calidad dimensional de la madera aserrada se controlan positiva y negativamente por factores asociados al carro portatrazas y su trayecto hasta la sierra principal (Barrera *et al.*, 2010). Las descalibraciones en los equipos de aserrío son frecuentes por las características propias del trabajo y los hábitos de mantenimiento del equipo, por lo que se debe estar muy atento mediante comprobaciones periódicas y sistemáticas de las medidas obtenidas en el aserrío (Cuenca, 2006).

Existe poca información sobre la calidad dimensional de la madera aserrada en Durango, pero ninguna referencia documentada sobre el efecto de acciones correctivas en la disminución de la variación en el grueso de asierre, por lo que el objetivo del presente trabajo es evaluar la calidad dimensional de la madera aserrada de tres aserraderos de Durango mediante la implementación de acciones correctivas tendientes a disminuir las variaciones en el espesor de la madera para obtener dimensiones nominales coincidentes a las finales una vez seca y cepillada y contribuir al mejoramiento del proceso de aserrío.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó en tres de los principales aserraderos banda de la región de El Salto, Durango, siendo uno perteneciente a la Sociedad de Producción Rural "El Diamante" del ejido El Brillante, otro al ejido "La Victoria" y el último a la Cooperativa Escolar Engelmännii del Centro de Bachillerato Tecnológico Forestal No.1, identificado como "Langer".

El aserradero del Centro de Bachillerato Tecnológico Forestal No. 1 consta de una sierra banda marca Langer® de fabricación brasileña, con volantes de 1,100 mm de diámetro; utiliza hoja de sierra cinta de 130 mm de ancho en calibre 19 (1.06 mm). El carro portatrazas está equipado con cuatro escuadras y un sistema de retorno

neumático, garras neumáticas y calibrador digital programable controlado por computadora (figura 1).



**Figura 1.** Aserradero "Langer".  
Foto de Juan Abel Nájera Luna.

El aserradero del ejido La Victoria consta de una torre vertical con volantes de 1,370 mm de diámetro, utiliza sierras banda de 200 mm de ancho en calibre 17, el carro portatrazas tiene tres escuadras, sistema de retorno neumático, sistema de agarre y calibración de gruesos manual. Por último, el aserradero de "El Diamante" consta de una torre principal con volantes de 1,473 mm de diámetro, utiliza sierras banda de 254 mm de ancho en calibre 17, consta de un carro portatrazas de tres escuadras con sistema de retorno y calibración de gruesos manual. El tipo de sierra más utilizada en los aserraderos tiene una distancia de paso de diente 44.45 mm (1.75"), profundidad de garganta de 12.70 mm (1/2") y ángulo de diente de 30°. La capacidad instalada de producción de los aserraderos evaluados es en promedio de 12,000 pies tabla por turno de ocho horas. En los aserraderos de la región de El Salto, Durango, se utiliza generalmente el sistema de asierre tangencial.

### Métodos

De acuerdo a las recomendaciones de Cuenca (2006), para corregir las posibles fuentes de la variación en el grueso de la madera aserrada, en cada aserradero se identificaron diferentes acciones correctivas susceptibles de aplicación, considerando para ello las posibilidades técnicas y operativas de los responsables y operarios de los aserraderos, de tal forma que en los tres aserraderos evaluados se contabilizaron 11 posibles acciones de las cuales ocho se implementaron

**Tabla 1.** Acciones correctivas implementadas en los aserraderos en estudio

Muestra	Acción	Aserradero		
		La Victoria	El Diamante	Langer
1	Ninguna.	✓	✓	✓
2	Alineación de las escuadras del carro portatroz.	✓	✓	
3	Rectificación de los volantes.	✓		
4	Rectificación de las ruedas del carro portatroz.			✓
5	Alineación de las ruedas del carro portatroz.	✓		
6	Limpieza y ajuste de las guías de la sierra cinta.	✓		✓
7	Limpieza de los rieles de rodado.	✓	✓	✓
8	Limpieza de las ruedas del carro portatroz.	✓	✓	
9	Aserrío utilizando todos los ganchos sujetadores de trozas.	✓		
10	Disminución de la velocidad de alimentación de las trozas.	✓	✓	✓
11	Cambio del engranaje del sistema tensionador de la sierra.		✓	
12	Alineación del carro portatroz.		✓	

en el aserradero del ejido "La Victoria", seis en el aserradero "El Diamante" y cuatro en el aserradero "Langer". La aplicación de las acciones en los aserraderos fue con una separación de una semana; no obstante, llevan consigo el efecto acumulativo de las acciones anteriores debido a la imposibilidad de aislar, en forma individual, el efecto de cada acción. Las acciones correctivas que se implementaron en los aserraderos se muestran en la tabla 1.

#### Número de observaciones

De acuerdo con Zavala (1991), una de las formas en que se selecciona la muestra cuando ya se tiene un sistema establecido de análisis continuo de la variación del espesor de las tablas, es seleccionar de 10 a 15 tablas por turno de trabajo tomando de 2 a 5 tablas al inicio del turno y las restantes a intervalos equidistantes hasta el cierre del turno. En este caso, por cada acción correctiva realizada en cada aserradero se midieron 10 tablas con grueso nominal de 22.23 mm

(7/8") repartidas en dos tablas muestra por hora de trabajo; en total se midieron 210 tablas de las cuales 90 correspondieron al aserradero del ejido "La Victoria", 70 al "Diamante" y 50 al aserradero "Langer".

#### Medición de las tablas

Para evaluar la calidad dimensional de la madera aserrada se utilizó el método de puntos múltiples sugerido por Brown (2000), el cual consiste en tomar 10 mediciones por tabla, tres en cada canto y ancho en forma equidistante a lo largo de la misma. La primera medición se tomó a doce pulgadas de los extremos, evitando puntos coincidentes con nudos, rajaduras u otros defectos que no fueran originados por efecto del corte; otra medición se tomó en el centro de cada tabla. La medición de las tablas se realizó en forma inmediata después de haber sido procesadas cuando el contenido de humedad se encuentra por encima del punto de saturación de la fibra (30%).

### Determinación de la variación del proceso de aserrío

Con la información anterior, se determinó la desviación estándar dentro de la tabla ( $S_w$ ), la cual brinda información respecto a la forma de cómo está cortando la sierra, y la desviación estándar entre tablas ( $S_b$ ), que indica el estado de la alineación de las guías. La variación del corte en el aserrío se determinó a través de la desviación estándar total del proceso ( $S_t$ ), la cual está integrada por ( $S_w$ ) y ( $S_b$ ) (Zavala, 1991).

### Determinación del grueso promedio de las tablas

El grosor promedio se obtuvo mediante la siguiente relación:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n}$$

Donde:

$\bar{x}$  = Media total (mm).

$x_{ij}$  = el  $i$ -ésimo espesor de las distintos puntos medidos a lo largo de una tabla en la  $j$ -ésima tabla.

$n$  = Número total de mediciones.

### Determinación de la desviación estándar dentro de las tablas

La desviación estándar dentro de las tablas se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$S_w = \sqrt{\bar{S}^2}$$

Donde:

$S_w$  = Desviación estándar del grosor de las seis mediciones en cada una de las tablas.

$\bar{S}^2$  = Promedio de las varianzas de todas las tablas.

Para el cálculo de la varianza se utilizó la fórmula:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n}$$

Donde:

$S^2$  = Varianza de la tabla.

$x^2$  = Espesor de la tabla (mm).

$n$  = Número de mediciones en cada tabla.

### Determinación de la desviación estándar entre las tablas

El cálculo de la desviación estándar entre tablas se realizó mediante:

$$S_b = \sqrt{S(\bar{x})^2 - \frac{(S_w)^2}{n}}$$

Donde:

$S_b$  = Desviación estándar entre tablas (mm).

El cálculo de  $S(\bar{x})^2$  se efectuó a través de la fórmula de la varianza:

$$S(\bar{x})^2 = \frac{\sum \bar{x}^2 - \frac{(\sum \bar{x})^2}{m}}{m-1}$$

Donde:

$S(\bar{x})^2$  = Varianza de la media de los espesores de las tablas muestreadas.

$\bar{x}$  = Espesor de la tabla (mm).

$m$  = Número de tablas muestreadas.

### Determinación de la desviación estándar total del proceso

Con los valores conocidos de  $S_w$  y  $S_b$ , se procedió a determinar la desviación estándar total del proceso o variación del aserrío con la siguiente fórmula:

$$S_t = (S_w)^2 + (S_b)^2$$

Donde:

$S_t$  = Desviación estándar total del proceso o variación del proceso (mm).

$S_w$  = Desviación estándar dentro de las tablas (mm).

$S_b$  = Desviación estándar entre tablas (mm).

### Determinación de la dimensión óptima de corte

Para determinar la dimensión óptima de corte en la madera, a la dimensión nominal se le agregó una serie de refuerzos para tener una dimensión final específica, estos refuerzos representaron el volumen que se pierde por contracciones de las especies procesadas, en este caso se utilizó el valor más alto de contracción tangencial de ocho especies de pino de la región de El Salto, que fue el determinado por Hernández (2007) para *Pinus ayacahuite* con un valor de 6.19%. Se consideraron 2 mm atribuibles al volumen que se remueve durante el cepillado y la dimensión óptima de

corte de la madera verde áspera se determinó a través de:

$$DO = (DF + RC) / (1 - \%C) \times (Z \times St)$$

Donde:

DO = Dimensión óptima de corte de la madera verde áspera (mm).

DF = Dimensión final (mm).

RC = Refuerzo por cepillado (en ambos lados de la tabla) (mm).

%C = Refuerzo por contracciones (de verde al C.H=12%).

Z = Factor de dimensión mínima aceptable (1.65 desviaciones estándar para una distribución de frecuencia normal).

St = Desviación estándar del proceso.

$$\%C = \frac{30\% \cdot C.H._{final} \cdot CP}{30}$$

Donde:

%C = Tolerancia por contracción de la madera (%).

C.H final= Contenido de humedad final de la madera (%).

CP= Contracción promedio de la especie (%).

El factor de dimensión mínima aceptable es un valor estadístico que especifica el número de tablas cepilladas que se producirán con dimensiones inferiores a las requeridas aceptando en la práctica hasta 5% (Duncan, 1974, citado por Zavala, 1991).

Por otra parte, se debe tener en cuenta la variable dimensión crítica (Dc), la cual se relaciona con la madera verde, si se pudieran obtener piezas sin variación del aserrado. La expresión que se utilizó es la siguiente:

$$Dc = \frac{DF + TC}{(1 - \%C)}$$

Donde:

Dc= Dimensión crítica de corte de madera verde (mm).

DF= Dimensión final después del secado y cepillado (mm).

TC= Tolerancia por cepillado en ambos lados del surtido (mm).

%C = Refuerzo por contracciones de la madera (%).

## RESULTADOS

### Aserradero del ejido La Victoria

Sin implementar ninguna acción correctiva para mejorar la calidad dimensional en este aserradero, se encontró que el grueso promedio al que se asierra la madera de 22.23 mm (7/8") es de 27.33 mm, con una desviación estándar del proceso de 2.03 mm, la cual representa 9.1% de la dimensión nominal final para este grueso de asierre; así se considera alta. Para compensar tal variación y asegurar que 95% de la madera aserrada alcance una dimensión final seca a 12% y cepillada de 22.23 mm debe aserrarse a 28.51 mm y no a los 27.33 mm actuales, lo que repercute negativamente en el rendimiento volumétrico de madera aserrada, por lo que se debe reducir tal variación. De las ocho acciones correctivas que se evaluaron en este aserradero, se encontró que seis mostraron una disminución en la desviación estándar del proceso desde 20 hasta 57% en relación con los 2.03 mm estimados originalmente. Las acciones que contribuyeron a disminuir la variación del corte y su nivel de reducción fueron: a) la rectificación de los volantes (20%); b) la alineación de las escuadras del carro portatrozas (35%); c) la sujeción de la troza con todos los ganchos durante el aserrío (36%); d) la limpieza y ajuste de las guías de la sierra (36%); e) la limpieza de las ruedas del carro escuadra (37%); y f) la reducción de la velocidad de alimentación de 68 a 46 m·min<sup>-1</sup> (57%). Esto representa también una disminución en la dimensión óptima de corte de 28.51 mm al rango de 26.59 a 27.84 mm (tabla 2).

### Aserradero de la Sociedad de Producción Rural "El Diamante"

Sin implementar acciones para mejorar la calidad dimensional en este aserradero, el grueso promedio al que se asierra la madera de 22.23 mm (7/8") es de 26.14 mm, con una desviación estándar del proceso de 1.96 mm, la cual representa 8.81% de la dimensión nominal final para este grueso de asierre; así es alta. Para compensar tal variación, se debe aserrar a 28.39 mm y no a los 26.14 mm; sin embargo, esto impactará en forma negativa en el rendimiento volumétrico en madera aserrada, por lo que es importante reducir la desviación estándar del proceso. Se observó que las seis acciones evaluadas permitieron una disminución en la desviación estándar del proceso desde 21 hasta 64% en relación con los 1.96 mm estimados inicialmente. El nivel de reducción fue: a) al alinear el carro portatrozas



**Tabla 2.** Resultados de las acciones evaluadas en el aserradero del ejido La Victoria

Acciones correctivas	n	Media (mm)	Sw (mm)	Sb (mm)	St (mm)	Dc (mm)	Do (mm)
1. Sin acción alguna.	10	27.33	1.02	1.76	2.03	25.16	28.51
2. Alineación de las escuadras del carro portatroz.	10	26.32	1.05	0.78	1.31	25.16	27.31
3. Rectificación de los volantes.	10	27.08	1.47	0.68	1.62	25.16	27.84
4. Alineación de las ruedas del carro portatroz.	10	26.75	1.60	1.58	2.24	25.16	28.86
5. Limpieza y ajuste de las guías de la sierra.	10	26.07	1.19	0.49	1.29	25.16	27.29
6. Limpieza de los rieles de rodado.	10	26.52	1.20	1.90	2.25	25.16	28.87
7. Limpieza de las ruedas del carro portatroz.	10	25.89	0.82	0.98	1.28	25.16	27.27
8. Aserrío con todos los ganchos sujetadores.	10	26.12	0.74	1.07	1.30	25.16	27.30
9. Disminución de la velocidad de alimentación.	10	25.45	0.54	0.68	0.87	25.16	26.59

Sw= Desviación estándar dentro de las tablas; Sb= Desviación estándar entre tablas; St= Desviación estándar del proceso; Dc= Dimensión crítica; Do= Dimensión óptima de corte.

**Tabla 3.** Resultados de las correcciones realizadas en el aserradero El Diamante

Acciones correctivas	n	Media (mm)	Sw (mm)	Sb (mm)	St (mm)	Dc (mm)	Do (mm)
1. Sin acción alguna.	10	26.14	1.21	1.54	1.96	25.16	28.39
2. Cambio de engrane tensionador de la sierra.	10	26.11	0.87	1.18	1.46	25.16	27.58
3. Alineación del carro portatroz.	10	25.92	1.19	0.97	1.54	25.16	27.70
4. Limpieza de rieles de rodado.	10	26.66	0.70	0.76	1.04	25.16	26.87
5. Limpieza de ruedas del carro portatroz.	10	26.27	0.90	0.85	1.23	25.16	27.20
6. Alineación de escuadras del carro portatroz.	10	25.69	0.52	1.10	1.22	25.16	27.17
7. Disminución de la velocidad de alimentación.	10	25.95	0.41	0.58	0.71	25.16	26.33

Sw= Desviación estándar dentro de las tablas; Sb= Desviación estándar entre tablas; St= Desviación estándar del proceso; Dc= Dimensión crítica; Do= Dimensión óptima de corte.

(21%); b) cambiar el engrane tensionador de la sierra (26%); c) la limpieza de las ruedas del carro portatroz (37%); d) la alineación de las escuadras del carro portatroz (37%); e) la limpieza de los rieles de rodado (47%); y f) la reducción de la velocidad de alimentación de 49 a 33 m·min<sup>-1</sup> (64%). Esto representa también una disminución en la dimensión óptima de corte estimada de 28.39 mm al rango de 27.70 a 26.33 mm (tabla 3).

#### Aserradero "Langer"

En este aserradero sin implementar acciones para mejorar la calidad dimensional, se encontró que el grueso promedio al que se asierra la madera de 22.23 mm (7/8") es de 26.01 mm, con una desviación estándar del proceso de 1.58 mm, la cual se considera alta de tal forma que

para compensar tal variación, la madera debe aserrarse a 27.76 mm y no a los 26.01 mm actuales; esto representa una disminución en el rendimiento volumétrico. De acuerdo a lo anterior, se observó que las cuatro acciones evaluadas mostraron una disminución en la desviación estándar del proceso desde 27 hasta 49% en relación con los 1.58 mm estimados originalmente. Las acciones que contribuyeron a disminuir la variación de corte y su nivel de reducción fueron: a) la limpieza de los rieles (27%); b) la rectificación de las ruedas del carro (37%); c) la disminución de la velocidad de alimentación de 45 a 32 m·min<sup>-1</sup> (37%) y d) el ajuste de las guías de la sierra (49%). Esto representa también una disminución en la dimensión óptima de corte de 27.76 mm al rango de 27.55 a 26.48 mm (tabla 4).

**Tabla 4.** Resultados de las correcciones realizadas en el aserradero Langer

Acciones correctivas	n	Media (mm)	Sw (mm)	Sb (mm)	St (mm)	Dc (mm)	Do (mm)
1. Sin acción alguna.	10	26.01	0.77	1.38	1.58	25.16	27.76
2. Rectificación de las ruedas del carro escuadra.	10	23.93	0.83	0.54	0.99	25.16	26.80
3. Ajuste de guías de la sierra.	10	24.51	0.55	0.58	0.80	25.16	26.48
4. Limpieza de los rieles de rodado.	10	25.87	0.60	0.98	1.15	25.16	27.06
5. Disminución de la velocidad de alimentación.	10	25.95	0.58	0.80	0.99	25.16	26.79

Sw= Desviación estándar dentro de las tablas; Sb= Desviación estándar entre tablas; St= Desviación estándar del proceso; Dc= Dimensión crítica; Do= Dimensión óptima de corte.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio, la desviación estándar del proceso con las acciones implementadas se redujo hasta establecerse en promedio en los 0.79 mm. Usenius (1984) estudió la importancia del aumento y la disminución de medidas en los beneficios de aserraderos y llegó a la conclusión de que un aumento o disminución de un milímetro lleva a una ganancia o una pérdida de aproximadamente 1.8% en los ingresos del aserradero. Por su parte, Steele *et al.* (1992) indican que en una sierra banda, una desviación estándar de 0.75 mm es un valor que debe ser alcanzable para mejorar la calidad dimensional de la madera; sin embargo, Szymani (1999, citado por Vuorilehto, 2001) menciona que para obtener un sistema de aserrío óptimo, la variación del asierre debe ser de 0.15 mm o menos; mientras que Williston (1988) sugiere que una sierra banda alineada correctamente deberá tener una precisión en el corte de 0.4 mm o menos. Zavala (1981) encontró que la utilización adecuada de métodos de control de dimensiones pudiera incrementar el rendimiento volumétrico 4.46% como promedio debido al empleo de una dimensión óptima de corte menor que la dimensión actual, pero sin producir piezas con dimensiones por debajo de las exigidas en el mercado. Por otro lado, el mismo autor, menciona que la reducción de la variación de corte en el aserrío a valores aceptables se logra mediante la realización de ajustes correspondientes a la maquinaria. En este escenario, Nájera *et al.* (2011) estimaron el rendimiento en madera aserrada para la dimensión nominal de 22.23 mm (7/8") en el aserradero del ejido La Victoria de la región de El Salto, Durango, en 29.43% para un grueso promedio de 25.78 mm y una desviación estándar del proceso de 1.54 mm. La dimensión óptima de corte la estimaron en 27.80 mm, lo que representa

2.3% de volumen adicional para compensar las variaciones en el grueso de asierre en esta medida nominal y alcanzar la dimensión óptima de corte estimada. Considerando la menor variación encontrada en el aserradero del ejido La Victoria en el presente estudio, que fue al reducir la velocidad de alimentación a 46 m·min<sup>-1</sup>, sería necesario aserrar entonces a 26.59 mm. Esto implicaría sólo 0.92% de volumen adicional en el rendimiento volumétrico de madera aserrada para compensar la desviación estándar del proceso de aserrío de 0.87 mm y alcanzar el grueso nominal de 22.23 mm. Mientras que en el aserradero de la Sociedad de Producción Rural "El Diamante" los mismos autores estimaron el rendimiento en 13.12% para un grueso promedio de 25.78 mm y una desviación estándar del proceso de 1.73 mm, la dimensión óptima de corte la estimaron en 28.13 mm, lo que representa 1.2% de volumen adicional para compensar las variaciones en el grueso de asierre en esta medida nominal y alcanzar la dimensión óptima de corte estimada. Considerando la menor variación encontrada para este aserradero de 0.71 mm que corresponde a la disminución de la velocidad de alimentación a 33 m·min<sup>-1</sup>, sería necesario entonces aserrar a 26.33 mm. Esto implicaría sólo 0.27% de volumen adicional en el rendimiento volumétrico de madera aserrada para compensar la desviación estándar del proceso de aserrío de 0.71 mm y alcanzar el grueso nominal final de 22.23 mm. En lo referente al aserradero "Langer", Nájera *et al.* (2011) estimaron el rendimiento en madera aserrada para la dimensión nominal de 22.23 mm (7/8") de 17.76% para un grueso promedio de 26.09 mm y una desviación estándar del proceso de 1.34 mm, la dimensión óptima de corte la estimaron en 27.47 mm, lo que representa 0.96% de volumen adicional para compensar las variaciones en el grueso de asierre en esta medida nominal y alcanzar la dimensión

óptima de corte estimada. Considerando la menor variación encontrada en el presente estudio para este aserradero que corresponde al ajuste de las guías de la sierra, sería necesario entonces aserrar a 26.48 mm. Esto implicaría 0.27% de volumen adicional en el rendimiento volumétrico de madera aserrada para compensar la desviación estándar del proceso de aserrío de 0.80 mm y alcanzar el grueso nominal final de 22.23 mm de este aserradero.

## CONCLUSIONES

En términos generales, las acciones correctivas evaluadas en el proceso de aserrío permitieron una reducción en la variación del corte en la madera aserrada, de tal forma que en el ase-

rradero del ejido La Victoria se encontró que seis de las ocho acciones implementadas permitieron disminuir esta variación; en los aserraderos "El Diamante" y "Langer" todas las acciones mostraron una reducción en la variación de corte en la madera. Las acciones que mostraron la mayor disminución fue la reducción de la velocidad de alimentación de las trozas y el ajuste de las guías de la sierra banda, sin embargo, esta última acción tiene un impacto negativo, ya que al disminuir la velocidad de alimentación también lo hace la productividad y, en consecuencia, la rentabilidad del proceso. Con lo expuesto anteriormente se concluye que es posible reducir la variación del corte de la madera aserrada mediante la implementación de acciones correctivas en el proceso de asierre de la madera.

## LITERATURA CITADA

- BARRERA, J.M.; CUERVO, S.; HERNÁNDEZ, J.T.; RODRÍGUEZ, J. *Manual de buenas prácticas en aserraderos de comunidades forestales*. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible. Primera edición. Rainforest Alliance, 59 p., 2010.
- BROWN, T.D., *Lumber Size Control, Part 1: Measurement Methods*. Oregon State University Extension Service. 11 p., 2000.
- CUENCA, G.R., *Manual técnico de capacitación en calibración de los equipos de aserrío, afilado y mantenimiento de sierras de cinta y disco*. Programa de desarrollo de políticas de comercio exterior. Memorando número 861. BID.-1442/OC-PE/CDE, 183 p., 2006.
- HERNÁNDEZ, C. Estudio tecnológico en la madera de *Pinus ayacahuite* y *P. teocote* del Ejido Pueblo Nuevo, Durango. Tesis de Maestría en Ciencias en Desarrollo Forestal Sustentable. Instituto Tecnológico de El Salto, Durango, México, 115 p., 2007.
- NÁJERA, J.A.; AGUIRRE, O.A.; TREVIÑO, E.J.; JIMÉNEZ, J.; JURADO, E.; CORRAL, J.J.; VARGAS, B., Rendimiento volumétrico y calidad dimensional de la madera aserrada en aserraderos de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(4): 75-89, 2011.
- SÁNCHEZ, R.L., *La variación de corte de cuatro aserraderos del sector social en México*. Memoria del V Congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo. 12 p., 2004.
- STEELE, P.H., WADE, M.W., BULLARD, S.H., ARAMAN, P.A. Relative kerf and sawing variation values for some hardwood sawing machines. *Forest Products Journal*, 42(2): 33-39, 1992.
- USENIUS, A., Effects of kerf size and accuracy of sawn timber to saw revenue. *Sahamies*, 5: 1-35, 1984.
- VUORILEHTO, J., *Size control of sawn timber by optical means in breakdown saw machines*. Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology. Laboratory of Wood Technology, Department of Forest Products Technology, Helsinki University of Technology. Report 88. 180 p., 2001.
- WILLISTON, E.M., *Lumber Manufacturing, Design & Operation of Sawmills & Planer Mills*. USA: Miller-Freeman Publications, 93 p., 1988.
- ZAVALA, Z.D., Analysis of the sawmilling practices in the State of Durango, México. Thesis of Master of Science. The University of British Columbia, Vancouver, B.C. Canadá. 91 p., 1981.
- ZAVALA, Z.D., *Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada*. Serie de Apoyo Académico No. 44. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, 50 p., 1991.

## Una década de participación del Producto Interno Bruto de Puerto Vallarta al estado de Jalisco, 2000–2009

A decade of share of Gross Domestic Product of Puerto Vallarta to the state of Jalisco, 2000-2009

Hugo Roberto Rojas Silva<sup>1</sup>

Rojas Silva, H. R., Una década de participación del Producto Interno Bruto de Puerto Vallarta al estado de Jalisco, 2000-2009. 54, 30-39, 2012

### RESUMEN

El presente trabajo analiza la participación económica del municipio de Puerto Vallarta al estado de Jalisco, que presenta una concentración mayoritaria en una sola actividad económica (turismo), y la generación de riqueza del total del estado de Jalisco, así como también para los municipios de Guadalajara y Zapopan con fines de comparación. Se utiliza un modelo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para la determinación del Producto Interno Bruto (PIB) del municipio por sector, sus participaciones al estado, así como el PIB per cápita y, finalmente, se estudia la evolución de dichas variables en el periodo 2000-2009; cabe señalar que esta misma metodología es utilizada en trabajos como el realizado por BANAMEX (2011) en "México, Indicadores Regionales de Actividad Económica". Los resultados arrojaron evidencia empírica en los indicadores del periodo estudiado, por lo que pueden utilizarse como referencia para la elaboración de políticas públicas que permitan mejorar el desempeño de estos indicadores.

**Palabras clave:** Producto Interno Bruto, Producto Interno Bruto per cápita, sectores económicos, concentración de la economía, JEL: E01, E23, O47, R1

**Key words:** Gross Domestic Product, Gross Domestic Product per capita, economic sectors, concentration of the economy, JEL: E01, E23, O47, R11

Recibido: 27 de Octubre de 2011, aceptado: 20 de Abril de 2012

<sup>1</sup> Coordinación de Emprendurismo e Incubación, UNIVA plantel Vallarta, Universidad del Valle de Atemajac, hugo.rojas@hotmail.com

### ABSTRACT

This paper analyzes the economic participation of a municipality with a concentration in a single economic activity (tourism), and its importance in the generation of wealth. The case of Puerto Vallarta, Jal., as well as the municipalities of Guadalajara and Zapopan were analyzed for comparison. A program model is used by the United Nations Development Programme (UNDP) for the determination of gross domestic product, gross domestic product by sector, its participation to the state, as well as GDP per capita, it finally discusses the evolution of these variables in the period 2000 to 2009, it should be noted that this same methodology is used in papers such as that done by Banamex (2011) in "Mexico Regional Economic Activity Indicators". The results indicate that there is empirical evidence in the real indicators of the study period, so it can be used as a reference for public policy to improve the performance of these indicators.

### INTRODUCCIÓN

En términos generales, se asume que el Producto Interno Bruto (PIB) es el indicador principal para la medición de la riqueza de un país; por su propia definición encontramos los componentes y características que mide: valor de la producción de bienes y servicios finales, expresado en términos monetarios, dentro de los límites de una entidad, en un periodo determinado (Mankiw, 1997). De éste se desprende una serie de variables que basados en el PIB dan cuenta de otros aspectos



importantes a conocer: PIB per cápita y PIB real o nominal; así como una variación que asume que lo que importa es quién produce, que en este caso se estaría midiendo el Producto Nacional Bruto (PNB) (Dornbush, Fischer, y Startz, 2009).

De lo anterior se podría decir que la verdadera riqueza se encuentra en la capacidad de producir bienes o servicios. Existen tres enfoques para medirlo: 1) la producción que implica calcular los diferentes valores que se agregan en cada proceso de ésta, 2) el ingreso valora la suma de los ingresos de todos los actores de la economía y 3) el gasto que considera la suma de todos los gastos de la población (Bernanke y Frank, 2007).

Se asume que los tres enfoques son una identidad, ya que el valor del total de la producción en el momento de su venta, representa el ingreso total y, a su vez, el gasto de todos los actores económicos de la entidad medida.

Si bien el PIB no es el único indicador para medir la evolución económica, sí es el más representativo por lo que mide y por su nivel de comparabilidad con otros países, estados y municipios (Índice de Desarrollo Humano Municipal en México, 2000-2005, 2008).

La información económica relevante es medida y generada de manera importante a nivel nacional y, en algunos casos, a nivel estatal, como es el caso del estado de Jalisco (Sistema Estatal de Información Jalisco, 2011); sin embargo, aun en nuestros días la información económica a nivel municipal es escasa y no continua, por lo que cada vez es más difícil tomar las mejores decisiones con tan pocos elementos en los cuales basarse.

Puerto Vallarta, desde sus inicios como centro turístico, se ha destacado principalmente como destino de sol y playa; a partir de los años sesenta surge el "boom" en este sector, lo que llevaría muy pronto a este municipio a concentrar su actividad económica, principalmente, en el turismo.

Las décadas que le siguieron fueron de consolidación; en conjunto con una importante inversión pública y privada se sentaron las bases para convertirse, muy pronto, en el destino turístico más importante del Pacífico.

Sin embargo, a partir de la década de los noventa el destino entró en una fase que se conoce como de maduración, así las zonas potenciales de construcción en playa desaparecieron casi por completo, las tendencias mundiales de preferencias turísticas cambiaron y se desarrollaron nuevos centros turísticos en el país con los cuales se tendría que competir.

Desde el año 2004 el nivel de inversiones creció de manera importante, partiendo de una cantidad superior a los 113 millones de dólares, alcanzando casi los 300 millones de dólares para el año 2007; el rubro de las inversiones fueron principalmente en el sector de la construcción y sector inmobiliario, por supuesto nunca es deseable que toda la Inversión Directa se dirija a un sector en particular, pero esto permitió que a la postre se pudiera diversificar un poco más dicha inversión a sectores como el comercial y un poco hacia el industrial (Promoción Económica Municipal de Puerto Vallarta, 2008).

Puerto Vallarta presentó a partir del año 2005 un incremento anual constante en el número de trabajadores asegurados en el IMSS, del orden de 13% promedio anual, que comparado con los municipios de la Zona Metropolitana, Guadalajara fue el municipio que mayor incremento promedio anual tuvo en empleos registrados ante el IMSS en el periodo 2005-2007, con las siguientes cifras: Puerto Vallarta, 13.67%; Guadalajara, 3.65%; Tlaquepaque, 9.12%; Tonalá, 10.78%; y Zapopan, 8.4%. En tan sólo 10 años se duplicó el número de Trabajadores Asegurados (IMSS, 2008).

En cuanto a movimiento aéreo, existe una leve recuperación después de la caída tan drástica de 19.5% de pasajeros en 2009 respecto a 2008; a pesar de mostrar un incremento de 3.4% en 2010 respecto a 2009, aún no se recupera el nivel de pasajeros que se movían en nuestro aeropuerto. La cifra de pasajeros en 2010 que fue de un poco más de 2 millones setecientos mil, aún no alcanza la cifra que se tenía en 2006, que era de un poco menos de 3 millones de pasajeros; se necesitaría un incremento de 16% para alcanzar el nivel que se tenía en 2008 (Grupo Aeroportuario del Pacífico, 2010).

Para el movimiento portuario se tienen las siguientes cifras, la perspectiva de cierre de la API para 2010 era la llegada de un poco más de 553 mil pasajeros, en 218 arribos, respecto a los poco

más de 480 mil pasajeros del 2009 y 185 arribos, mientras que 2008 tuvo cerca de 600 mil pasajeros en 278 arribos, nuevamente, como en el caso del movimiento aeroportuario, si bien se observa una recuperación, ésta aún dista de recuperar los niveles de 2008 (Administración Portuaria Integral, 2010).

Sin embargo, la distribución de esta riqueza no ha sido nada equitativa, tomando en cuenta los últimos datos que se tenían en el año 2000, 88.56% de las personas ocupadas tenían que repartirse 31.07% de la riqueza del municipio, teniendo como promedio mensual percibido \$4,473; mientras que 6.31% de las personas ocupadas se reparten 68.93%, teniendo como ingreso promedio 139,296 pesos al mes (Promoción Económica Municipal, 2010).

Por otro lado, el Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. es un centro de investigación aplicada independiente, principalmente, en fenómenos económicos y sociales que afectan la competitividad en el contexto de una economía globalizada. Uno de los estudios que realiza el IMCO es el Índice de Competitividad Urbana, en esta ocasión revisaremos los resultados que tienen que ver con Puerto Vallarta para 2010; en este estudio se toman en cuenta a 86 ciudades de la República Mexicana. El Índice de Competitividad Urbana mide la capacidad de una ciudad para atraer y retener inversiones y talento, según IMCO esto se logra cuando las ciudades logran ofrecer condiciones integrales para maximizar el potencial socioeconómico de las empresas y de las personas.

El presente estudio arroja resultados recogidos para 2008; dentro del índice general se ubica a Puerto Vallarta dentro del grupo de Competitividad clasificado de media alta, donde se encuentra 66.62% de la población de México, por encima de esta clasificación se encuentra la "adecuada" y la "alta". Analizamos los siguientes rubros a destacar:

- **Economía estable y dinámica:** es en este punto donde Vallarta presenta su peor desempeño al pasar en 2006 de la clasificación "Adecuada" a una clasificación más baja en 2008, que es la "Media Alta". Se atribuye principalmente este retroceso a un incremento de la deuda pública municipal, por la afectación que ésta tiene sobre la infraestructura pública productiva. Se menciona también como

causa la baja de la captación de la banca comercial y la cantidad de depósitos realizados. Otro elemento es el incremento del desempleo, y por último se menciona la baja sofisticación del sistema financiero.

- **Mercado de factores eficientes:** éste es otro aspecto donde Puerto Vallarta no tuvo un resultado satisfactorio, al pasar en 2006 dentro de "Media Baja" a la clasificación "Baja".
- **Sectores económicos en vigorosa competencia:** Puerto Vallarta se encuentra en la clasificación "Media Baja", tanto en 2006 como en 2008. En este rubro es importante el papel de las universidades y de la sociedad.

Con este contraste de cifras y resultados no sólo se busca generar información acerca del PIB del municipio, sino que a través de su evolución a lo largo de una década, se pueda aportar conocimiento para conocer la situación económica del municipio; también se busca que al medir la participación económica del municipio al estado se pueda estar en condiciones de dimensionar adecuadamente nuestra posición respecto al estado y contribución al total estatal. Adicional a lo anterior, se busca conocer el papel que juega un municipio con una concentración de su economía basada en la actividad turística. Otro punto a tomar en cuenta será considerar en estudios posteriores la efectividad del desarrollo regional en contra de las divergencias inter e intra-regionales (Merchand, 2007).

Con los resultados de la obtención del PIB municipal éstos se comparan por sector de actividad con los resultados estatales, su evolución después de una década, así como para el caso del PIB per cápita.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Aspectos metodológicos, 2000

Para la estimación del PIB a escala municipal se considera una metodología usada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y se utilizó información que reporta el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI): el PIB por Gran División Económica a escala estatal que aparece en el Banco de Información Económica (BIE), y la población ocupada según sector de actividad que proporciona el Sistema Municipal de Base de Datos (SIMBAD).

Las actividades económicas de SIMBAD se asocian con las nueve Grandes Divisiones del BIE. Considerando la forma de asociación de las actividades económicas y las grandes divisiones, se calculó la población ocupada según Gran División (G.D.). Con la población ocupada agrupada en las nueve G.D. por municipio y el PIB por G.D. a escala estatal; así se estimó el PIB municipal de la siguiente manera: en primer lugar se distribuyó el cargo por los Servicios Bancarios Imputados<sup>2</sup> entre las nueve G.D. como a continuación se indica:

$$Pibe_{GDi}^{\wedge} = Pibe_{GDi} + Pibe_{SBI} \frac{Pibe_{GDi}}{\sum_{i=1}^9 Pibe_{GDi}}$$

Donde:

$Pibe_{GDi}^{\wedge}$  = PIB estatal de la G.D. ajustado,  $i = 1, \dots, 9$ .

$Pibe_{GDi}$  = PIB estatal de la G.D.  $i$ .

$Pibe_{SBI}$  = Cargo Estatal por los Servicios Bancarios Imputados.

Después se distribuyó la población ocupada estatal que no especifica sector de actividad económica entre la población ocupada de las nueve G.D.:

$$Pobe_{GDi}^{\wedge} = Pobe_{GDi} + Pobe_{Ne} \frac{Pobe_{GDi}}{\sum_{i=1}^9 Pobe_{GDi}}$$

Donde:

$Pobe_{GDi}^{\wedge}$  = Población estatal ocupada en la G.D.  $i$  ajustada.

$Pobe_{GDi}$  = Población estatal ocupada de la G.D.  $i$ .

$Pobe_{ne}$  = Población estatal que no especifica sector de ocupación.

También se distribuyó la población municipal que no especificaba sector de actividad:

$$Pobm_{GDi}^{\wedge} = Pobm_{GDi} + Pobm_{Ne} \frac{Pobm_{GDi}}{\sum_{i=1}^9 Pobm_{GDi}}$$

<sup>2</sup> Se engloba aquí la actividad pública y privada desarrollada por el Sistema Bancario para la que se procedió a efectuar las imputaciones pertinentes, tal como lo recomiendan las convenciones internacionales. Ello da origen a la creación de una cuenta "ficticia", que se inserta al final de las cuentas de producción y es utilizada como un mecanismo de ajuste de los valores totales del consumo intermedio y del producto generado por la economía en su conjunto.

Donde:

$Pobm_{GDi}^{\wedge}$  = Población municipal ocupada en la G.D.  $i$  ajustada

$Pobm_{GDi}$  = Población municipal ocupada de la G.D.  $i$ .

$Pobm_{ne}$  = Población municipal que no especifica sector de ocupación.

Con la información anterior se estimó el PIB municipal por G.D.:

$$Pibm_{GDi}^{\wedge} = Pibe_{GDi}^{\wedge} \frac{Pobm_{GDi}^{\wedge}}{\sum_{i=1}^9 Pobe_{GDi}^{\wedge}}$$

Donde:

$Pibm_{GDi}^{\wedge}$  = Estimación del PIB municipal para la G.D.  $i$ .

Finalmente, la estimación del PIB municipal es la suma de las estimaciones del PIB municipal de las nueve G.D.

$$Pibm^{\wedge} = \sum_{i=1}^9 Pibm_{GDi}^{\wedge}$$

Nota: "La productividad de los trabajadores de un estado dentro de una misma rama es la misma sin importar el municipio al que correspondan".

### Aspectos metodológicos, 2010

A diferencia de la metodología usada para el cálculo del mismo indicador para el año 2000, se consideran las actividades económicas englobadas en sector primario, secundario y terciario.

Las actividades económicas de SIMBAD se asociaron con las nueve Grandes Divisiones del BIE, como se indica en la tabla 1.

Considerando la forma de asociación de las actividades económicas en las dos bases de datos, se calculó la población ocupada según Actividad Económica (A.E.). Con la población ocupada agrupada en las cuatro A.E. por municipio y el PIB por A.E. a escala estatal se estimó el PIB municipal de la siguiente manera: en primer lugar se distribuyó el cargo por los Servicios de Intermediación Financiera

**Tabla 1.** Asociación para el año, 2010

Variable	Actividad Económica según BIE	Asociación
A.E.1	Sector primario	VAR 1
A.E.2	Sector industria	VAR 2
A.E.3	Sector servicios	VAR 3 y 4
Variable	Actividad Económica según CENSO, 2010	Asociación
VAR1	Sector primario	A.E.1
VAR2	Sector secundario	A.E.2
VAR3	Sector comercio	A.E.3
VAR4	Sector servicios	A.E.3
VAR5	No especificado	

**Fuente:** elaboración propia con datos de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2009 y 2010.

Medidos Indirectamente<sup>3</sup> entre las tres A.E. como a continuación se indica:

$$\hat{Pibe}_{SAEi} = Pibe_{SAEi} + Pibe_{SIFMI} \frac{Pibe_{SAEi}}{\sum_{i=1}^3 Pibe_{SAEi}}$$

Donde:

$\hat{Pibe}_{SAEi}$  = PIB estatal de la A.E.  $i$  ajustado, = 1, ..., 3.

$Pibe_{SAEi}$  = PIB estatal de la A.E.  $i$ .

$Pibe_{SIFMI}$  = Cargo Estatal por los Servicios de Intermediación Financiera Medidos Indirectamente.

Después se distribuyó la población ocupada estatal que no especifica sector de actividad económica entre la población ocupada de las Actividades Económicas:

$$\hat{Pobe}_{SAEi} = Pobe_{SAEi} + Pobe_{Ne} \frac{Pobe_{SAEi}}{\sum_{i=1}^3 Pobe_{SAEi}}$$

Donde:

$\hat{Pobe}_{SAEi}$  = Población estatal ocupada en la A.E.  $i$  ajustada.

$Pobe_{SAEi}$  = Población estatal ocupada de la A.E.  $i$ .

$Pobe_{Ne}$  = Población estatal que no especifica sector de ocupación.

También se distribuyó la población municipal que no especificaba sector de actividad:

$$\hat{Pobm}_{SAEi} = Pobm_{SAEi} + Pobm_{Ne} \frac{Pobm_{SAEi}}{\sum_{i=1}^3 Pobm_{SAEi}}$$

Donde:

$\hat{Pobm}_{SAEi}$  = Población municipal ocupada en la A.E.  $i$  ajustada.

$Pobm_{SAEi}$  = Población municipal ocupada de la A.E.  $i$ .

$Pobm_{Ne}$  = Población municipal que no especifica sector de ocupación.

Con la información anterior se estimó el PIB municipal por A.E.:

$$\hat{Pibm}_{SAEi} = \hat{Pibe}_{SAEi} \frac{\hat{Pobm}_{SAEi}}{\sum_{i=1}^3 \hat{Pobe}_{SAEi}}$$

Donde:

$\hat{Pibm}_{SAEi}$  = Estimación del PIB municipal para la A.E.  $i$ .

Finalmente, la estimación del PIB municipal es la suma de las estimaciones del PIB municipal de las A.E.:

$$\hat{Pibm} = \sum_{i=1}^9 \hat{Pibm}_{GDi}$$

Nota: "La productividad de los trabajadores de un estado dentro de una misma rama es la misma sin importar el municipio al que correspondan".

<sup>3</sup> Se engloba aquí la actividad pública y privada desarrollada por el Sistema Bancario, para la que se procedió a efectuar las imputaciones pertinentes, tal como lo recomiendan las convenciones internacionales. Ello da origen a la creación de una cuenta "ficticia" que se inserta al final de las cuentas de producción y es utilizada como un mecanismo de ajuste de los valores totales del consumo intermedio y del producto generado por la economía en su conjunto. Anteriormente, se conocía como Servicios Bancarios Imputados.



RESULTADOS

Para el año 2000

Tabla 2. Participación del PIB de Puerto Vallarta al PIB Estatal, 2000 (precios corrientes)

GRAN DIVISIÓN ECONÓMICA	PIB PTO. VALLARTA	PIB JALISCO	% PARTICIPACIÓN AL ESTADO
Agropecuaria, silvicultura y pesca	\$167,868,006.57	\$19,222,820,279.48	0.87
Minería	\$15,467,146.89	\$887,912,838.75	1.74
Industria manufacturera	\$617,230,514.19	\$69,391,442,078.59	0.89
Construcción	\$661,540,264.32	\$17,532,324,288.20	3.77
Electricidad, gas y agua	\$65,061,252.22	\$1,358,237,551.15	4.79
Comercio, restaurantes y hoteles	\$4,769,352,860.86	\$81,660,314,363.91	5.84
Transporte almacenaje y comunicaciones	\$1,927,378,685.98	\$36,653,434,540.66	5.26
Servicios financieros, seguros, actividades inmobiliarias y de alquiler	\$1,569,555,618.10	\$35,539,536,659.96	4.42
Servicios comunales, sociales y personales	\$1,885,316,158.21	\$58,938,163,832.52	3.20
<b>TOTAL</b>	<b>\$11,678,770,507.34</b>	<b>\$321,184,186,433.21</b>	<b>3.64</b>

Fuente: elaboración propia con datos de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2000.

Tabla 3. Participación del PIB de Puerto Vallarta al PIB Estatal, 2000 (miles de pesos corrientes)

SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	PIB PTO. VALLARTA	PIB JALISCO	% PARTICIPACIÓN AL ESTADO
Sector primario	\$183,335.15	\$20,110,733.12	0.91
Sector industrial	\$1,343,832.03	\$88,282,003.92	1.52
Sector servicios	\$10,151,603.32	\$212,791,449.40	4.77
<b>TOTAL</b>	<b>\$11,678,770.51</b>	<b>\$321,184,186.43</b>	<b>3.64</b>

Fuente: elaboración propia con datos de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2000.

Tabla 4. PIB Per Cápita de Puerto Vallarta, 2000 (precios corrientes)

PIB MUNICIPAL AÑO 2000	\$11,678,770,507.34
POBLACIÓN PTO. VALLARTA AÑO 2000	184,128
<b>PIB PER CÁPITA</b>	<b>\$63,221.44</b>

Fuente: elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2000.

**Para el año 2009**
**Tabla 5.** Participación del PIB de Puerto Vallarta al PIB Estatal, 2009 (miles de pesos corrientes)

SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	PIB PTO. VALLARTA	PIB JALISCO	% PARTICIPACIÓN AL ESTADO
Sector primario	\$20,542.32	\$39,739,835.81	0.05
Sector industrial	\$1,223,118.69	\$208,459,059.87	0.59
Sector servicios	\$14,762,979.54	\$471,012,069.34	3.14
<b>TOTAL</b>	<b>\$16,006,640.34</b>	<b>\$719,210,965.02</b>	<b>2.23</b>

**Fuente:** elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2009 y 2010.

**Tabla 6.** PIB Per Cápita de Puerto Vallarta, 2009 (precios corrientes)

PIB MUNICIPAL AÑO 2009	\$16,006,640,540.00
POBLACIÓN PTO. VALLARTA AÑO 2009 (CONAPO)	249,000
<b>PIB PER CÁPITA</b>	<b>\$64,283.70</b>

**Fuente:** elaboración propia con datos de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2009 y 2010.

**Tablas comparativas 2000-2009**
**Tabla 7.** PIB de Puerto Vallarta, 2000-2009 (miles de pesos corrientes)

SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	PIB, 2000	PIB, 2009	% VARIACIÓN
Sector primario	\$183,335.15	\$20,542.32	-88.80
Sector industrial	\$1,343,832.03	\$1,223,118.69	-8.98
Sector servicios	\$10,151,603.32	\$14,762,979.54	45.42
<b>TOTAL</b>	<b>\$11,678,770.51</b>	<b>\$16,006,640.34</b>	<b>37.06</b>

**Fuente:** elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2000, 2009 y 2010.

**Tabla 8.** PIB de Puerto Vallarta, 2000-2009 (miles de pesos, Base = 2000)

SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	PIB, 2000	PIB, 2009	% VARIACIÓN
Sector primario	\$183,335.15	\$12,220.62	-93.33
Sector industrial	\$1,343,832.03	\$727,633.31	-45.86
Sector servicios	\$10,151,603.32	\$8,782,496.54	-13.49
<b>TOTAL</b>	<b>\$11,678,770.51</b>	<b>\$9,522,350.47</b>	<b>-18.46</b>

**Fuente:** elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2000, 2009 y 2010. Tabla elaborada tomando como base la inflación acumulada de 40.51% (BANXICO).

**Tabla 9.** Participación del PIB de Puerto Vallarta al estado de Jalisco, 2000-2009

SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	PARTICIPACIÓN % 2000	PARTICIPACIÓN % 2009	% VARIACIÓN
Sector Primario	0.91	0.05	-94.51
Sector Industrial	1.52	0.59	-61.18
Sector Servicios	4.77	3.14	-34.18
<b>TOTAL</b>	<b>3.64</b>	<b>2.23</b>	<b>-38.74</b>

**Fuente:** elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2000, 2009 y 2010.

**Tabla 10.** PIB Per Cápita 2000-2009 (precios corrientes)

	2000	2009	% VARIACIÓN
Jalisco	50,804	102,501	101.76
Puerto Vallarta	63,221	64,284	1.68

**Fuente:** elaboración propia con datos de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2000, 2009 y 2010.

**Tabla 11.** PIB de Puerto Vallarta, Guadalajara y Zapopan como porcentaje del PIB de Jalisco, 2000-2009 (precios corrientes)

	2000	2009
Puerto Vallarta	3.64	2.23
Guadalajara	34.79	12.29
Zapopan	20.50	10.22

**Fuente:** elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2000, 2009 y 2010.



**Figura 1.** Puerto Vallarta, Jalisco.

## DISCUSIÓN

Como resultado del presente estudio se puede observar que la evolución nominal de los sectores primario y secundario de la economía de Puerto Vallarta decreció en 88.80% y 8.98%, respectivamente (ver tabla 7), pero en términos generales y debido al incremento del sector servicios (45.42%), la evolución del total de la actividad económica creció 37.06% en términos nominales.

Una posible explicación de lo anterior es que en la última década el sector servicios ha tenido un desarrollo más importante a nivel global, sin embargo, lo que es preocupante es la caída del sector primario, que cada día pierde más relevancia a nivel local (Gutiérrez y Mariscal, 2010). Ocupa también una revisión detallada la disminución del sector industrial, pues cabe señalar que estos datos deben calcularse en términos reales, ya que al descontar el nivel de inflación, seguramente, el incremento total durante el periodo de toda la actividad económica (37.06%) se vería seriamente disminuida. Tomando una inflación acumulada para el periodo 2000-2009 de 40.51%, según el Banco de México (tabla 8), tendríamos un PIB real 2009 de \$9,522,350.34, que en términos relativos al año 2000, significaría un decrecimiento real de la riqueza del municipio de 18.46%.

El análisis por participación municipal al total estatal indica que para el año 2000 el sector primario representaba tan sólo 0.91% del total estatal, el sector secundario participa con 1.52%; estos datos no resultan extraños para un municipio que no cuenta con vocación actual de actividades agropecuarias, ganaderas o pesqueras, ni tampoco un sector industrial y/o de transformación importante para el estado (tabla 9).

Para el sector terciario, el más preponderante, Puerto Vallarta participa con 4.77% del total de Jalisco, siendo el Subsector Comercio, Restaurantes y Hoteles el que más aporta debido a la actividad turística como la preponderante.

Los mismos sectores para 2009 muestran una disminución importante de la actividad agropecuaria, cayendo en 94.51% su participación al estado, con tan sólo 0.05%, debido, tal vez, a la ampliación de las zonas habitacionales y venta

de terrenos ejidales que antes eran usados para la siembra de diferentes cultivos.

El sector secundario presenta una disminución también de 61.18% respecto al año 2000, quedando en 0.59% su participación al total de Jalisco.

El sector más importante para el municipio, sector terciario, también sufrió una baja respecto al año 2000, al pasar de 4.77 a 3.14% como aportación a la entidad federativa, que si bien no cae en la misma proporción que los dos sectores analizados anteriormente, sí confirman una pérdida del posicionamiento en este sector.

Estos dos datos demuestran con preocupación que continúa la concentración económica al sector terciario, y que la diversificación de la economía como estrategia de desarrollo local no se refleja en la realidad (Torres Torres y Delgadillo Macías, 2002), aumentando el riesgo de impactos negativos que desequilibran los principales indicadores de la localidad; por ejemplo, basta observar las estadísticas a partir de la crisis económica de 2008 y que trajo como resultado datos negativos en la economía de hasta 20%.

En cuanto al PIB Per Cápita (Tabla 9), en el año 2000, Puerto Vallarta contaba con un mejor resultado al situarse en \$63,221.00 pesos anual, frente a los \$50,804.00 del estado, sin embargo, esta posición se revirtió en el año 2009 al incrementar este municipio en tan sólo 1.68% este indicador, contra el incremento del total de la entidad de 101.76%, para terminar finalmente con \$64,284.00 y \$102,501.00, respectivamente.

Finalmente, se obtuvieron los datos para los tres de los municipios más representativos de Jalisco (tabla 11); como resultado se tiene una disminución de la participación de los tres municipios, sin embargo, resalta el decrecimiento tan importante para Guadalajara y Zapopan, explicado probablemente por la distribución de la población ocupada en el resto de los municipios de Jalisco, aumentando así la participación de otros municipios; se esperaba una consistencia en la reducción de los PIB municipales de los tres municipios pero no se esperaba una reducción en la participación de los municipios metropolitanos de esta magnitud.



## CONCLUSIONES

Se puede afirmar que Puerto Vallarta ha presentado en la presente década un decrecimiento en términos reales de su economía, así como una excesiva concentración de sus actividades, reflejada en la disminución real de todos los sectores, pero a mayor velocidad en los sectores primario y secundario; también es digno de preocupación la pérdida de participación de la riqueza al estado de Jalisco, lo que resta importancia económica de nuestro municipio para gestionar y solicitar mayores recursos.

Se deberá estudiar en trabajos posteriores un análisis completo de todos los municipios del

estado de Jalisco para conocer cuáles han sido los que han aumentado su participación y cuáles lo han reducido.

Es necesario, a partir de trabajos de este tipo, que se analicen con toda seriedad las políticas económicas que permitan revertir esta tendencia, que si bien la coyuntura mundial de crisis agrava la situación, también es cierto que esta tendencia tan grave no la reflejan otros municipios o el país mismo, por lo que deberemos de reconocer que es tiempo de buscar alternativas de actividad económica que permitan un desarrollo sostenible para Puerto Vallarta.

## LITERATURA CITADA

- Censo General de Población y Vivienda 2010. (2011). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)*. Recuperado el 28 de julio de 2011, de Censo General de Población y Vivienda 2010: <http://www.inegi.org.mx>
- Índice de Desarrollo Humano Municipal en México 2000-2005. (2008). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Recuperado el 11 de agosto de 2011 de Desarrollo Humano: <http://www.undp.org.mx>
- Banco Nacional de México. México: *Indicadores Regionales de Actividad Económica 2011*. México, D.F.: BANAMEX, 2011.
- BERNANKE, B.; FRANK, R., *Principios de Economía*. Madrid, España: Mc Graw Hill, 2007.
- DORNBUSH, R.; FISCHER, S.; STARTZ, R., *Macroeconomía* (10 edición ed.). México: Mc Graw Hill, 2009.
- GUTIÉRREZ, P.; MARISCAL, G., Evolución de la marginación y la pobreza. En G. d. Jalisco, *2 Décadas el Desarrollo de Jalisco 1990 2010* (pp. 141-160). Guadalajara: Gobierno del Estado, 2010.
- JAMES, E. *Turismo, Política y Administración del Sector Público*. México D.F.: Unidad de Evaluación y Control, Cámara de Diputados, 2005.
- MANKIW, G., *Macroeconomía* (3 edición ed.). Nueva York, Estados Unidos: Antoni Bosh, 1997.
- MERCHAND, M.A., *Teorías y Conceptos de Economía Regional y Estudios de Caso*. Puerto Vallarta, Jalisco, México: Universidad de Guadalajara, 2007.
- Sistema Estatal de Información Jalisco. *Sistema Estatal de Información Jalisco*. Recuperado el 22 de agosto de 2011, de SEIJAL: [www.seijal.gob.mx](http://www.seijal.gob.mx).
- TORRES TORRES, F.; DELGADILLO MACÍAS, J., Límites Estructurales al Desarrollo Regional en México. En J. L. Calva, *Política económica para el desarrollo sostenido con equidad Tomo II* (pp. 282 a 313). México D.F.: UNAM, 2002.

## La competitividad de la política comercial en la economía internacional a través del análisis de componentes principales

Competitiveness of trade policy in the international economy through principal component analysis

José César Lenin Navarro Chávez<sup>1</sup>  
América Ivonne Zamora Torres<sup>2</sup>

Navarro Chávez, J.C.L.; Zamora Torres, A.I., La competitividad de la política comercial en la economía internacional a través del análisis de componentes principales. 54, 25-33, 2012.

### RESUMEN

En este trabajo se analiza la competitividad de la política comercial para 34 economías, cuyas monedas son las más utilizadas internacionalmente. Se trabaja un índice de competitividad vinculado a la política comercial a partir de la metodología del Análisis de Componentes Principales, la cual permite un análisis multidimensional y multivariante. De los resultados obtenidos, se desprende que China presenta una mayor competitividad en su política comercial, seguida por la Zona Euro, Singapur, Hong Kong, Alemania, Chile, Brasil, España y Argentina, en ese orden.

### ABSTRACT

This paper analyzes the competitiveness of trade policy for thirty-four (34) economies whose currencies are the most traded internationally. It worked through a competitiveness index linked to trade policy using the methodology of Principal Component Analysis, which allows a multidimensional and multivariate analysis. The results obtained su-

**Palabras clave:** análisis de Componentes Principales, competitividad, política comercial.

**Key words:** principal Component Analysis, competitiveness, trade policy.

Recibido: 1 de Julio de 2011, aceptado: 7 de Diciembre de 2011

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, cesar126@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doctorado en Ciencias en Negocios Internacionales, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, americazt@hotmail.com.

ggest that China shows the highest competitiveness in trade policy followed by the Euro Zone, Singapore, Hong Kong, Germany, Chile, Brazil, Spain and Argentina, in that order.

### INTRODUCCIÓN

La política comercial es el manejo del conjunto de instrumentos al alcance del Estado para mantener, alterar o modificar sustantivamente las relaciones comerciales de un país con el resto del mundo (Krugman, 1980). Esta herramienta puede ser clave para lograr el desarrollo económico de un país al permitir la diversificación industrial y la creación de valor agregado.



**Ilustración 1.** Comercio Internacional.

Fuente: <http://legislacioncomerciointernacional.blogspot.com/2011/02/>.

En la actualidad, las tendencias internacionales hacia la apertura de mercados han hecho que se reduzcan los aranceles en forma significativa aparentemente en pro de conjugar un mercado internacional (Krugman, 2008). A pesar de la disminución de aranceles, los países utilizan cada vez más otro tipo de instrumentos de política comercial, como son los subsidios a la exportación, cuotas de importación, cupos, requisitos de contenido nacional, restricciones voluntarias, restricciones fitosanitarias, zoonosanitarias y políticas administrativas.

Los objetivos de la presente investigación son determinar los factores que inciden en la competitividad de la política comercial internacional de los países a fin de medir el impacto de los diferentes instrumentos de política comercial –que cada vez son más utilizados–, así como identificar a las economías mejor posicionadas en el contexto internacional en términos de la competitividad de su política comercial.

La hipótesis para este trabajo es que la competitividad de los países en materia de política comercial está determinada por la magnitud del comercio internacional, el valor monetario del comercio exterior, la relevancia nacional del comercio exterior, las barreras no arancelarias y las demoras al comercio internacional. En el estudio se consideraron 18 indicadores (véase tabla 1).

La información obtenida fue para 34 economías, donde se incluyeron los países cuyas monedas son las más utilizadas internacionalmente de acuerdo con el estudio del Bank of International

Settlements (2008). Estas economías son: Argentina, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, China, Chipre, Corea, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hong Kong, Irlanda, Italia, Japón, Luxemburgo, Malta, México, Países Bajos, Noruega, Portugal, Singapur, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suiza, Suecia, Reino Unido, Estados Unidos y la Zona Euro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El Análisis de Componentes Principales es una técnica estadística multivariante cuyo objetivo principal es la definición de una estructura subyacente en una matriz de datos. El análisis factorial permite resolver el problema del análisis de la estructura de las interrelaciones (correlaciones) existentes en un número elevado de variables y casos, definiendo un número de dimensiones comunes subyacentes, denominadas componentes (Guillermo *et al.*, 2010; Batista y Joan, 1997; Castillo y Rodríguez, 2002).

Debido a que la hipótesis consta de cinco variables (magnitud del comercio internacional, el valor monetario del comercio exterior, relevancia nacional del comercio exterior, barreras no arancelarias y las demoras al comercio internacional), explicadas por 18 indicadores, es necesaria la aplicación de un método que permita ver la dependencia entre cada uno de éstos y el peso de cada una de las variables respecto al problema a estudiar, por lo que el Análisis de Componentes Principales es una herramienta idónea para este estudio, ya que al hacer un análisis de atracción-repulsión entre modalidades de atributos (indicadores)

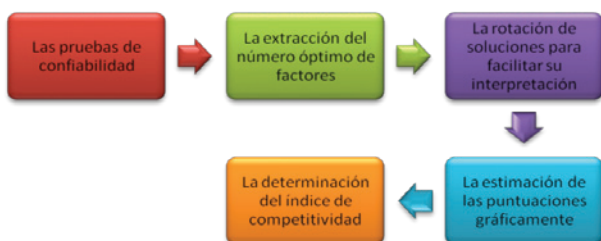
**Tabla 1.** Indicadores considerados en el estudio

Balanza de la cuenta corriente.	Comercio de servicios como porcentaje del PIB.
Exportaciones de bienes y servicios como porcentaje del producto interno bruto (PIB).	Importaciones de bienes y servicios como porcentaje del PIB.
Valor de las exportaciones.	Valor de las importaciones.
Volumen de las exportaciones.	Volumen de las importaciones.
Número de documentos para exportar.	Número de documentos para importar.
Tiempo para llevar a cabo una importación.	Tiempo para llevar a cabo una exportación.
Índice de desenvolvimiento logístico.	Comercio de bienes como porcentaje del PIB.
Exportaciones de mercancías.	Importaciones de mercancías.
Exportaciones de servicios.	Importaciones de servicios.

**Fuente:** elaboración propia.

diferentes, permite realizar estudios de proximidad (similaridad/disimilaridad) entre las modalidades de un mismo indicador; es decir, admite evaluar la homogeneidad o sustituibilidad de los mismos (Miquel, Bigné, Lévy, Cuenca y Miguel, 1997). Para esto, se realiza la proyección de las modalidades sobre un espacio métrico en el que se aplica el Análisis de Componentes Principales para facilitar la interpretación causal simple de los comportamientos de similitud-atracción (Kim y Mueller, 1978). La metodología de Análisis de Componentes Principales consta de seis fases (Callealta, 2005).

**Gráfica 1.** Fases del Análisis de Componentes Principales



**Fuente:** elaboración propia con base en Callealta (2005).

## RESULTADOS

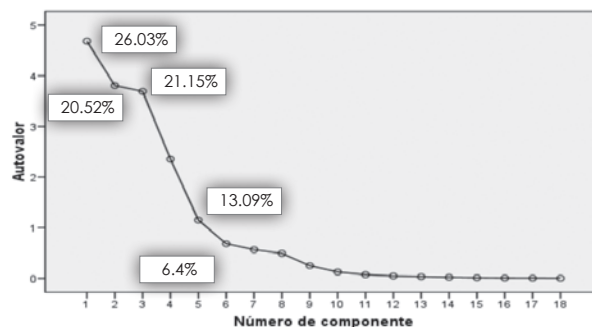
Cuando se ha de realizar un estudio sobre cualquier tópico es necesario someter los resultados obtenidos a un proceso de validación, a fin de demostrar que los resultados que se obtienen corresponden a una investigación seria y objetiva; el caso del Análisis de Componentes Principales no es la excepción. Las pruebas de validación que muestran la confiabilidad del estudio son la tabla de comunalidades y el gráfico de sedimentación.

La tabla de comunalidades es una herramienta útil, ya que permite saber qué parte de la varianza o dispersión de la variable se está logrando reproducir, mostrando la validez de las variables. Si el nivel de extracción que muestra la tabla de comunalidades es menor a (0.500), significa que la variable a estudiar no se está explicando bien dentro del modelo, debido a que no tiene un nivel importante de representación (Cox y Cox, 1994; Crespo, 1989). En este caso, se encontró que todas las variables resultaron claramente representadas, teniendo el nivel más alto la exportación de servicios, importación de servicios, importación de mercancías y exportación de bienes y servicios como porcentaje

del PIB, con valores de (0.991), (0.989), (0.989) y (0.987), respectivamente. Mientras que los niveles más bajos de extracción se dieron en el índice de desempeño logístico con un valor de (0.584), seguido del balance de la cuenta corriente con (0.643). Sin embargo, todas las variables cumplen con el criterio de estar por encima de (0.500), por lo que se validan los valores extraídos de las variables consideradas (véase tabla 2).

El grado de representación que va a tener cada uno de los componentes, es decir, el grado de confiabilidad se obtiene de la gráfica de sedimentación, donde cada componente considera cierta proporción de la varianza de las variables analizadas (Grubel y Lloyd, 1975; Kruskal y Wish, 1981). El primer componente muestra una representación de 26.03% de la dispersión de las variables, la segunda dimensión de 21.15%, la tercera 20.52%, la cuarta 13.09% y la quinta 6.4%, por lo que el porcentaje muestral total es de 87.19% (ver gráfica 2).

**Gráfica 2.** Sedimentación



**Fuente:** elaboración propia con base en los resultados obtenidos del Análisis Factorial de Correspondencias.

Los resultados que exhibe la Matriz de Componentes se terminan de precisar en la Matriz de Componentes Rotados alcanzando un mayor poder explicativo (Kendall, 1990), logrando que cada una de las variables se defina mejor en un solo componente. Esto se aprecia en variables como: plazo promedio para llevar a cabo una exportación, plazo promedio para llevar a cabo una importación, índice de desempeño logístico, entre otras, donde en la Matriz de Componentes (tabla 3) estas variables arrojan valores importantes en el componente uno y el componente dos. Mientras que, en la Matriz de Componentes Rotados (tabla 4), éstas mismas variables se definen mejor en un solo componente. De esta forma, todas las variables quedan claramente definidas en un espacio factorial, lo que permite un mejor análisis.



Los primeros resultados de la investigación los obtenemos de la Matriz de Componentes Rotados, donde quedan ya claramente definidas las variables en un espacio (Pérez, 2006). A fin de determinar las variables que inciden en la política comercial se agrupan las variables de la siguiente manera: en el factor uno quedan alineadas las variables volumen de exportaciones, volumen de importaciones, valor de las importaciones y valor de las exportaciones; en el factor dos, las variables exportaciones de mercancías, importaciones de mercancías, exportaciones de servicios e Importaciones de servicios; en el factor tres, exportaciones e importaciones de bienes y servicios, porcentaje del PIB, comercio de bienes y comercio de servicios; en el factor cuatro, número de documentos tanto para importar como para exportar e índice de desempeño logístico; y, por último, en el factor cinco, las variables balance de la cuenta corriente, plazo promedio para llevar a cabo una exportación y una importación.

La matriz de componentes rotados, de manera adicional, da cuenta de la relación que existe entre las propias variables, puesto que aquellas que se encuentren correlacionadas o bien que de alguna manera tengan el mismo enfoque o perspectiva de la problemática a estudiar tenderán a agruparse en un mismo componente, lo que permite ver qué variables están interconectadas entre sí (véase tabla 4).

De acuerdo con los primeros resultados obtenidos, se agrupan las variables con aquellas que tengan más asociación y por el grado de la varianza que están explicando, de modo que las variables se agrupan en cinco dimensiones. El primer factor agrupa las variables relacionadas con la magnitud del comercio internacional, distinguiéndose por ser las de mayor peso al explicar 26.034% de la varianza. El segundo factor considera las variables que muestran el valor monetario del comercio internacional, cuya proporción de la varianza explicada es de 21.153%. El tercer factor muestra con una varianza explicada de

**Tabla 2.** Tabla de comunalidades

Variables	Inicial	Extracción
Volumen de exportaciones.	1,000	,897
Volumen de importaciones.	1,000	,955
Valor de las exportaciones.	1,000	,914
Valor de las importaciones.	1,000	,947
Número de documentos para exportar.	1,000	,886
Número de documentos para importar.	1,000	,862
Balance de la cuenta corriente.	1,000	,643
Exportación de bienes y servicios (% PIB).	1,000	,987
Importación de bienes y servicios (% PIB).	1,000	,973
Plazo promedio para llevar a cabo una exportación.	1,000	,771
Plazo promedio para llevar a cabo una importación.	1,000	,842
Índice de desempeño logístico (1 = bajo y 5 = alto).	1,000	,584
Comercio de bienes (% PIB).	1,000	,815
Comercio de servicios (% PIB).	1,000	,661
Exportaciones de mercancías.	1,000	,983
Importaciones de mercancías.	1,000	,989
Exportaciones de servicios.	1,000	,991
Importaciones de servicios.	1,000	,989

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

**Fuente:** elaboración propia con base en los resultados obtenidos del Análisis Factorial de Correspondencias.

**Tabla 3.** Matriz de Componentes

Variables	Componente				
	1	2	3	4	5
Volumen de exportaciones.	,723	-,302	,522	-,108	,003
Volumen de importaciones.	,768	-,348	,475	-,094	,093
Valor de las exportaciones.	,780	-,401	,375	-,049	,038
Valor de las importaciones.	,791	-,333	,424	-,151	,093
Número de documentos para exportar.	,343	-,431	-,020	,648	-,404
Número de documentos para importar.	,142	-,276	-,225	,774	-,340
Balance de la cuenta corriente.	,191	-,300	,484	-,271	-,457
Exportación de bienes y servicios (% PIB).	-,402	,240	,795	,367	,029
Importación de bienes y servicios (% PIB).	-,414	,243	,761	,403	,031
Plazo promedio para llevar a cabo una exportación.	,422	-,188	-,206	,584	,417
Plazo promedio para llevar a cabo una importación.	,271	-,192	-,434	,602	,425
Índice de desempeño logístico (1=low to 5=high).	,095	,292	,481	-,156	,484
Comercio de bienes (% PIB).	-,286	,178	,769	,329	,055
Comercio de servicios (% PIB).	-,471	,284	,544	,242	-,065
Exportaciones de mercancías.	,625	,751	-,005	,037	-,164
Importaciones de mercancías.	,600	,782	-,067	,068	-,092
Exportaciones de servicios.	,483	,854	-,119	,111	-,047
Importaciones de servicios.	,534	,824	-,101	,072	-,093

Método de extracción: Análisis de Componentes Principales. Cinco componentes extraídos.

**Fuente:** elaboración propia con base en los resultados obtenidos del Análisis Factorial de Correspondencias.

**Tabla 4.** Matriz de Componentes Rotados

Variables	Componente				
	1	2	3	4	5
Volumen de exportaciones.	<b>,943</b>	,076	,029	,018	-,037
Volumen de importaciones.	<b>,973</b>	,051	-,024	-,007	,062
Valor de las exportaciones.	<b>,942</b>	,034	-,102	,094	,084
Valor de las importaciones.	<b>,964</b>	,074	-,093	-,036	,046
Número de documentos para exportar.	,309	-,051	,022	<b>,862</b>	,209
Número de documentos para importar.	-,021	-,010	,031	<b>,865</b>	,335
Balance de la cuenta corriente.	,523	-,139	,091	,163	<b>-,561</b>
Exportación de bienes y servicios (% PIB).	-,017	-,038	<b>,989</b>	-,039	-,078
Importación de bienes y servicios (% PIB).	-,049	-,036	<b>,983</b>	-,014	-,048
Plazo promedio para llevar a cabo una exportación.	,228	,069	-,075	,239	<b>,807</b>
Plazo promedio para llevar a cabo una importación.	-,005	,004	-,192	,266	<b>,857</b>
Índice de desempeño logístico (1=low to 5=high).	,256	,164	,372	<b>-,582</b>	,117
Comercio de bienes (% PIB).	,086	-,036	<b>,896</b>	-,043	-,046

Continuación de la tabla 4

Comercio de servicios (% PIB).	-,207	-,016	<b>,767</b>	-,035	-,169
Exportaciones de mercancías.	,152	<b>,979</b>	-,029	-,011	-,031
Importaciones de mercancías.	,090	<b>,987</b>	-,043	-,041	,049
Exportaciones de servicios.	-,056	<b>,987</b>	-,003	-,071	,092
Importaciones de servicios.	,005	<b>,991</b>	-,034	-,053	,043

Método de extracción: Análisis de Componentes Principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser. La rotación ha convergido en 6 iteraciones.

**Fuente:** elaboración propia con base en los resultados obtenidos del Análisis Factorial de Correspondencias.

**Tabla 5.** Dimensión explicada de la política comercial

Factor	Dimensión	Proporción de Varianza Explicada
Factor 1	Magnitud del comercio internacional.	26.034%
Factor 2	Valor monetario del comercio exterior.	21.153 %
Factor 3	Relevancia nacional del comercio exterior.	20.513%
Factor 4	Barreras no arancelarias.	13.069%
Factor 5	Demoras en el comercio internacional.	6.392%

**Fuente:** elaboración propia.

20.513% las variables relacionadas con la relevancia nacional del comercio exterior. El factor cuatro explica las variables que se vinculan con las barreras no arancelarias siendo del orden de 13.069% de la varianza. El factor cinco toma las variables asociadas a las demoras del comercio internacional con una proporción de la varianza de 6.392% (ver tabla 5).

La determinación del Índice de competitividad o la determinación de la puntuación o calificación de los factores no se obtiene directamente de los pasos explicados anteriormente. Este índice se deriva a partir de la información que se obtiene de las puntuaciones factoriales o *factor scores* (Cox y Cox, 1994).

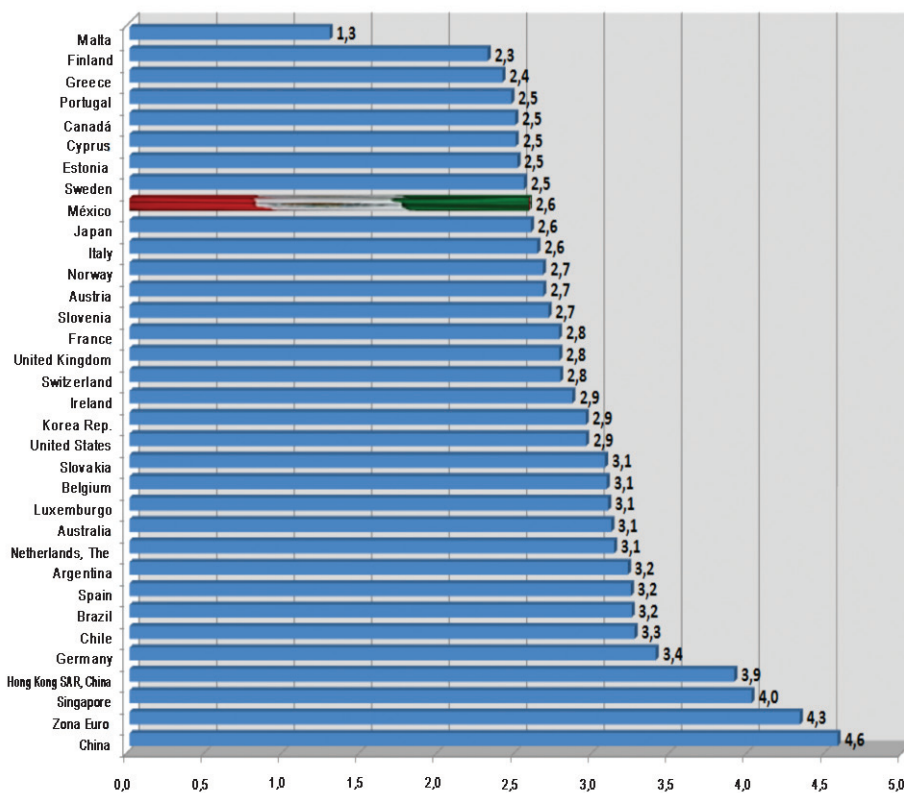
Para obtener las puntuaciones factoriales es necesario calcular un promedio ajustado de las cargas factoriales rotadas. Este promedio ajustado se obtiene de la suma de los valores absolutos de las cargas factoriales elevadas y divididas entre el número de variables con carga factorial en cada factor en cuestión; esto siempre y cuando estas variables estén altamente correlacionadas y no muestren alta correlación con otros factores distintos (Martínez, 2010). El índice de competitividad de la política comercial revela que la economía mejor ubicada es China, seguida en orden

descendente de la Zona Euro, Singapur, Hong Kong, Alemania, Chile, Brasil, España y Argentina. En la parte media se encuentran los Países Bajos, Australia, Luxemburgo, Bélgica, Eslovaquia, Estados Unidos, Corea, Irlanda, Suiza, Inglaterra, Francia, Eslovenia, Austria, Noruega, Italia, Japón y México. Mientras que en la parte baja se localizan Suecia, Estonia, Chipre, Canadá, Portugal, Grecia, Finlandia y Malta (ver gráfica 3). De manera particular, la Zona Euro ocupa la segunda posición situándose por abajo de China, mientras que Estados Unidos se ubica en la posición 15 de las 34 economías. México por su parte se encuentra en el lugar número 26. Asimismo, en forma desagregada, los países que integran la Zona Euro se encuentran tanto en las primeras posiciones (Alemania, España y Luxemburgo), como en los últimos lugares (Malta, Finlandia, Grecia y Portugal).

## DISCUSIÓN

Si bien la metodología aquí desarrollada la encontramos en el cálculo del índice de competitividad de *The Global Competitiveness Report* del Foro Económico Mundial (*World Economic Forum, 2009*), en el índice de competitividad del *World Competitiveness Yearbook* (IMD, 2009), en publicaciones de la CONAPO y el CIDE (2010), ta-

Gráfica 3. Índice de Competitividad de la Política Comercial



Fuente: elaboración propia con base en los resultados obtenidos del Análisis Factorial de Correspondencias.

les como el Índice de Competitividad del Estado de Puebla (2010), *Competitividad de las Ciudades Mexicanas* (2007), ésta no ha sido utilizada para el cálculo de un índice de competitividad en política comercial como es el caso de este estudio, constituyéndose en un trabajo pionero en este sentido.

Existen numerosas metodologías que han sido empleadas para medir la posición y dinamismo comercial del comercio exterior y su política comercial, entre las que destacan: las ventajas comparativas reveladas,<sup>3</sup> el Índice de Balassa<sup>4</sup>

(Balassa, 1966, 1979) y el Índice de Concentración/Diversificación<sup>5</sup> (Hirschmann, 1945). En estos trabajos, la variable que más se analiza es la magnitud del comercio exterior, ya que se incorporan datos como volumen de exportaciones e importaciones que, en la mayoría de los casos, muestran la relevancia de este tipo de variables. Un estudio realizado con el Índice de Balassa considera 5,000 productos, dando un *ranking* en cuanto a volumen de exportaciones y considerando once países de América Latina, quedando posicionados en los primeros lugares Chile, Brasil y México (Durán y Álvarez, 2008). Para la zona euro se consideran las variables magnitud del comercio y el valor monetario del comercio internacional, situándose en las primeras posiciones Alemania, Luxemburgo y Francia (Eurostat, 2009). Si bien los resultados de estos trabajos se encuentran en la misma dirección que los obtenidos en la presente investigación, la metodología aquí utilizada tiene la ventaja que además de comparar un gran número de casos –34 economías–, éstos son evaluados con un mayor número de indicadores y dimensiones.

<sup>3</sup> Índice que es utilizado para analizar las ventajas o desventajas comparativas de los intercambios comerciales de un país con sus socios comerciales.

<sup>4</sup> Mide el grado de importancia de un producto dentro de las exportaciones de un mercado a otro mercado, *versus* la importancia de las exportaciones del mismo producto en las exportaciones del mismo producto hacia el mundo.

<sup>5</sup> Mide el grado de importancia de un producto dentro de las exportaciones de un mercado a otro mercado, *versus* la importancia de las exportaciones del mismo producto en las exportaciones del mismo producto hacia el mundo.



En el contexto de la literatura del comercio internacional, los aspectos dinámicos del crecimiento económico mencionados por Schumpeter (1997) afirman que los países que se posicionan en los primeros lugares del índice de competitividad de política comercial propuesto obedecen a factores tales como la apertura de nuevos mercados, la conquista de nuevas fuentes de aprovisionamiento y el factor tecnológico.

## CONCLUSIONES

El Análisis de Componentes Principales, mediante el tratamiento multidimensional y multivariante, establece coordenadas determinadas por la cercanía o lejanía de las variables en el estudio. Es así que se agruparon las variables en cinco dimensiones: la dimensión uno es la magnitud del comercio exterior, la dos es el valor monetario del comercio exterior, la tres es la que expresa la relevancia nacional del comercio exterior, la cuatro muestra el comportamiento de las barreras no arancelarias y la cinco señala los países con mayores demoras en el comercio internacional.

Se concluye que, si bien las cinco variables presentadas en la hipótesis tienen un papel importante en la determinación de la competitividad de la política comercial, son la magnitud del comercio internacional, el valor monetario del comercio exterior y la relevancia nacional del comercio exterior los componentes que tienen una mayor relevancia, puesto que en conjunto explican 67.7% del total de la varianza. Con menor grado de importancia acorde con la proporción de la varianza explicada, se encuentra el componente barreras no arancelarias con 13.09% y la variable demoras al comercio inter-

nacional con 6.4%. Sin embargo, todas las variables impactan en la determinación de la competitividad de los países en materia de política comercial, por lo cual se comprueba la hipótesis planteada como lo muestra la tabla 4.

Dentro de las economías mejor posicionadas en el contexto internacional, según su Índice de competitividad de la política comercial se encuentran China en primer lugar, seguida de la Zona Euro, Singapur, Hong Kong, Alemania, Chile, Brasil, España y Argentina. Dentro de la Zona Euro sobresale Alemania por su quinta posición en el *ranking* mundial, constituyéndose en la economía más importante de esta área en lo que a este indicador se refiere.

México se localiza en la posición número 26 en materia de competitividad en la política comercial con 2.6 puntos, lo que lo ubica por debajo de la media (5.5). Dentro de los principales problemas a los que se enfrenta el país se encuentran el bajo valor monetario de las exportaciones respecto de los demás países, así como la existencia de gran número de barreras no arancelarias al comercio exterior. Esto conlleva a replantear la necesidad de fortalecer sus mercados dándole valor agregado a sus productos y servicios.

Los resultados permiten evaluar el grado de competitividad para cada uno de los países objeto de estudio, así como vislumbrar qué variables tienen un mayor impacto en su política comercial, lo que ayuda a identificar la dirección en torno a la cual deben dirigirse sus políticas y su aplicación práctica a fin de lograr un mejor posicionamiento internacional en materia de política comercial.

## LITERATURA CITADA

- BALASSA, B., Tariff Reductions and Trade in Manufactures among the Industrial Countries. *American Economic Review*, 56: 466-473, 1966.
- BALASSA, B., The Changing pattern of comparative advantage in manufactured goods. *The Review of Economics and Statistics*, 61(2): 259-266, 1979.
- Bank for International Settlements (2008). *Bank for International Settlements*. Disponible en <http://www.bis.org/forum/research.htm>, consultado el 21 de diciembre de 2010.
- BATISTA, J.; JOAN, S., *Análisis de Correspondencias y Técnicas de Clasificación: Su interés para la Investigación en las Ciencias Sociales y del Comportamiento*. Barcelona: Universidad de Barcelona, pp. 107-216, 1997.
- CABRERO, E., *Competitividad de las Ciudades Mexicanas 2007*. México: CIDE, 2007.
- CALLEALTA, F.J., *A New Measure of Dissimilarity Between Distributions: Application to the Analysis of Income Distributions Convergence in the European Union*. Madrid: Departamento de Estadística, Estructura Económica y O.E.I., pp. 42-52, 2005.
- CASTILLO, W.; RODRÍGUEZ, O., *Algoritmo de implementación del Análisis Factorial de Correspondencias*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica, Escuela de Matemáticas, pp. 8-20, 2002.
- CRESPO, F.H., A propósito de la polémica entre Ballance-Forstner-Murray y Bowen sobre la medida de la ventaja comparativa. *Documento de Trabajo*, No. 8. Instituto Superior de Economía: Lisboa, 1989.
- COX, T.F.; COX, M.A., *Multidimensional Scaling*. Londres: Chapman & Hall, pp. 15-35, 1994.
- DURÁN, J.E.; ÁLVAREZ, M., *Indicadores de comercio exterior y política comercial: mediciones de posición y dinamismo comercial*. Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), pp. 24-39, 2008.
- EUROSTAT. *External and intra-European Union trade*. Luxemburgo: European Commission, 2009.
- GRUBEL, H.G.; LLOYD, P., *Intra Industry trade: The Theory and Measurement of internationally trade in Differentiated Products*. Wiley: Nueva York, 1975.
- GUILLERMO, S., *Índice de Competitividad para el Municipio de Puebla*. Puebla: Universidad Autónoma de Puebla, 2010.
- HIRSCHMAN, A.O., *National Power and Structure of Foreign Trade*. Berkeley, CA: University of California Press, 1945.
- IMD, *World Competitiveness Yearbook (WCY)*. 2009. Recuperado el 17 de octubre de 2010 de IMD World Competitiveness Yearbook (WCY): [http://www.imd.org/research/publications/wcy/wcy\\_online.cfm](http://www.imd.org/research/publications/wcy/wcy_online.cfm).
- KENDALL, M.; W.R., B., *Dictionary of Statistical Term*. Edinburgh: Oliver and Boyd, pp. 25 -78, 1990.
- KIM, J.; MUELLER, C., *An introduction to factor analysis: What it is and how to do it*. Beverly Hills, CA: Sage Publications, 1978.
- KRUGMAN, P., *Economía Internacional, Teoría y Política*. España: Pearson, pp. 165-167, 2008.
- KRUGMAN, P., Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade. *American Economic Review*, 70: 950-959, 1980.
- KRUSKAL, J.; WISH, M., *Multidimensional Scaling*. Beverly Hills, CA: Sage Publications, pp. 37-47, 1981.
- MARTÍNEZ, M.E., *Indicadores de Competitividad: Una propuesta para su integración en el Municipio de Puebla*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2010.
- MIQUEL, S., *Investigación de Mercados*. Madrid: McGraw Hill, 1997.
- PÉREZ, L.C., *Técnicas de Análisis Multivariante de Datos*. Barcelona: Pearson/Prentice Hall, 2006.
- SCHUMPETER, J.A., *Teoría del Desarrollo Económico*. México: Fondo de Cultura Económica, 1997.
- *World Economic Forum*. The Global Competitiveness Report 2009. Recuperado el 15 de octubre de 2010 de World Economic Forum: <http://www.weforum.org/reports>.

## Biopelículas multi-especie: asociarse para sobrevivir

Multi-species biofilms: association to survive

Abraham Loera Muro,<sup>1</sup> Flor Yazmín Ramírez Castillo,<sup>2</sup> Francisco Javier Avelar González,<sup>3</sup>  
Alma Lilián Guerrero Barrera<sup>4</sup>

Revisión Científica

Loera Muro, A.; Ramírez Castillo, F. Y.; Avelar González, F. J.; Guerrero Barrera, A. L., Biopelículas multi-especie: asociarse para sobrevivir. 54, 49-56, 2012.

### RESUMEN

Las biopelículas son una estrategia de supervivencia para los microorganismos que les permite la colonización de ambientes hostiles, tejidos del hospedero o superficies inertes, aún en condiciones cambiantes y para las bacterias patógenas representan un mecanismo de dispersión de infecciones. Debido a lo anterior, el estudio de las biopelículas permite comprender nuevas formas de colonización, resistencia a antibióticos, transferencia horizontal de genes, entre otros mecanismos compartidos por los microorganismos que las conforman. Así, el propósito de la presente revisión es brindar un conocimiento general de estas comunidades, resaltando su importancia en el ambiente y las interacciones entre las especies que participan en su formación.

**Palabras clave:** biopelículas multi-especie, ciclo celular, matriz extracelular, resistencia antimicrobiana, quorum sensing, FISH.

**Key words:** multi-species biofilms, cell cycle, extracellular matrix, antimicrobial resistance, quorum sensing, FISH.

Recibido: 24 de Noviembre de 2011, aceptado: 25 de Enero de 2012

<sup>1</sup> Departamento de Morfología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, aloeramuro@yahoo.com.

<sup>2</sup> Departamento de Morfología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, florecilla\_aaajf@hotmail.com.

<sup>3</sup> Departamento de Fisiología y Farmacología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, fjavelar@correo.uaa.mx.

<sup>4</sup> Departamento de Morfología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, alguerre@correo.uaa.mx.

### ABSTRACT

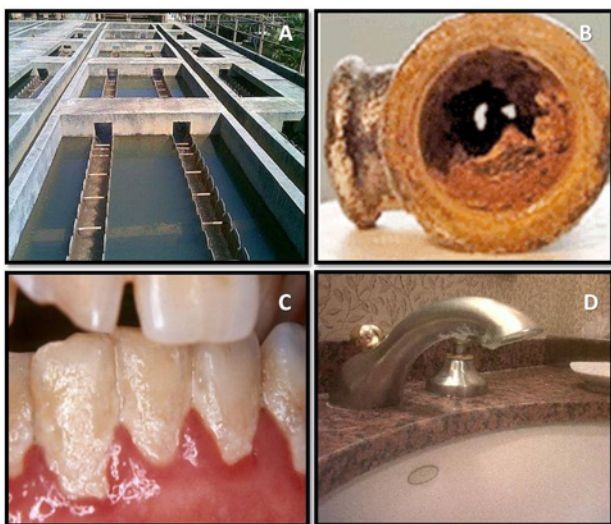
Biofilms are an ancient survival microorganism strategy that allows the colonization of hostile environments, host tissues or inert surfaces, even under changing conditions. For pathogenic this represents, a dispersal mechanism of infections. Therefore, the study of biofilms is important to understand new colonization strategies, antibiotic resistance, and horizontal gene transfer, among other mechanisms shared by microorganisms at the consortia. The purpose of this review is to provide a general understanding of these communities, highlighting their importance in the environment and interactions among species that form them.

### INTRODUCCIÓN

La formación de biopelículas es reconocida como una estrategia de supervivencia microbiana en diferentes ambientes que brinda resistencia a la desinfección, estrés ambiental y condiciones hostiles en microambientes adversos dentro de los tejidos del hospedero (Pereira *et al.*, 2010; Almeida *et al.*, 2011).

Las biopelículas son complejas comunidades tridimensionales de microorganismos embebidos en una matriz extracelular (MEC), en las cuales despliegan fenotipos únicos o característicos de adaptación especiales, comparados con la forma de vida libre de estos microorganismos, también conocida como planctónica (Ganguly y Mitchell, 2011; Trappetti *et al.*, 2011). En la naturaleza, las biopelículas multi-especie representan

el estilo de vida bacteriano preferido (Yang *et al.*, 2011). Su formación es dirigida por un conjunto de respuestas moduladas por la percepción de señales ambientales a través de sistemas específicos, entre los que se encuentra el *quorum sensing* (QS), que les permiten sobrevivir aún en ambientes extremadamente adversos para el desarrollo de su vida planctónica (Bordi y Bentzmann, 2011).



**Figura 1.** Presencia de biopelículas en la vida cotidiana. A) Se muestra su presencia en los sistemas de tratamiento de aguas residuales; B) en las redes de distribución de agua; C) en la placa dental; y D) en el baño de nuestra casa.

En nuestra vida cotidiana, las biopelículas están presentes en objetos comunes como los cepillos dentales en uso, los aires acondicionados, el sarro del cuarto de baño (Nazar, 2007) y en los muebles de cocina, así como en las tuberías de las redes de distribución de agua potable y de drenaje. También las podemos encontrar ocasionando problemas de salud importantes asociados con implantes, catéteres, sondas y otro tipo de materiales empleados de rutina en los hospitales (Yang *et al.*, 2011). Por otra parte, las biopelículas pueden ser aliados de gran utilidad como agentes de biorremediación en el tratamiento de aguas residuales y lodos activados y, en algunos casos, sirven como bioindicadores de la calidad del agua natural y en las redes de distribución (Almeida *et al.*, 2011) (figura 1).

Por lo anterior, el propósito de la presente revisión es introducir a los lectores en el estudio y comprensión de las biopelículas bacterianas,

enfaticando la importancia de las comunidades multi-especie en el ambiente.

### **Consortio microbiano: una ventaja contra el ambiente**

De manera natural, el crecimiento dominante de los microorganismos es a través de consorcios de múltiples especies, regulados por gran variedad de interacciones intra e inter-específicas importantes en su desarrollo, composición, estructura y función (Bowen y Koo, 2011; Høiby *et al.*, 2011). Al mantener microambientes selectivos, la población no depende de la multiplicación rápida, sino aumenta la oportunidad de interacciones mono y multi-específicas; se incrementa la probabilidad de la transferencia horizontal de genes, como genes de virulencia, resistencia a antibióticos y resistencia a drogas (Bordi y Bentzmann, 2011).

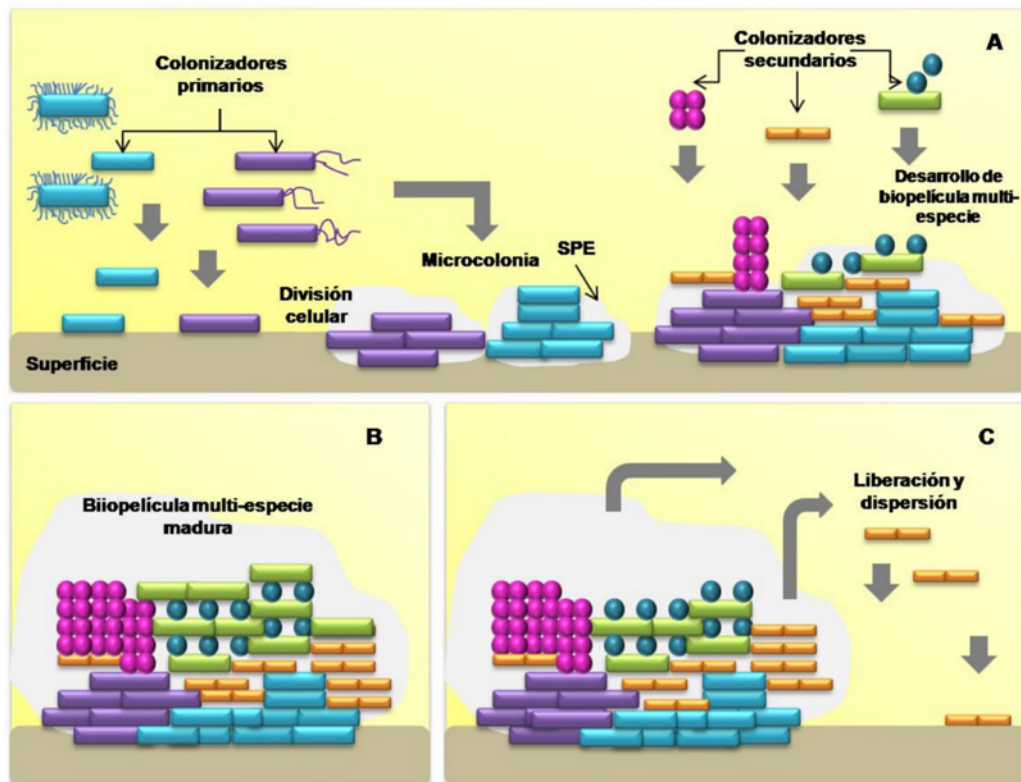
Las especies que conforman una biopelícula multi-especie viven en un tipo particular de simbiosis, que ha sido denominado *sociomicrobiología*. Funcionan como un comunidad activa, coordinada con múltiples influencias sinérgicas o antagónicas entre sus integrantes, con reglas propias de "comportamiento" que permiten el éxito del consorcio (Bordi y Bentzmann, 2011; Høiby *et al.*, 2011). En estas comunidades se favorece el crecimiento, reproducción, estabilidad estructural, difusión de sustancias y reserva de energía (Bowen y Koo, 2011). Adicionalmente, la biopelícula permite la resistencia a diferentes tipos de estrés ambiental, como falta de alimento, presencia de metales pesados, luz UV, desecación, agentes bactericidas y bacteriostáticos, diferencias de temperatura y de pH, amén de resistencia a fagocitosis, anticuerpos y otras defensas de los hospederos. Finalmente, la formación del consorcio puede verse correlacionada con una mayor resistencia a agentes antimicrobianos en infecciones en animales y/o humanos (Pereira *et al.*, 2010; Almeida *et al.*, 2011).

### **Desarrollo de biopelículas**

Las interacciones inter e intra-específicas guían la formación de una biopelícula multi-especie (Yang *et al.*, 2011) (figura 2). La etapa inicial en la formación es la adherencia sobre una superficie inerte o viva, la cual se inicia con la coagregación.

El fenómeno de coagregación actúa como estrategia para la adhesión entre bacterias asociadas, pero genéticamente distintas. Es mediada por interacciones fisicoquímicas y moléculas



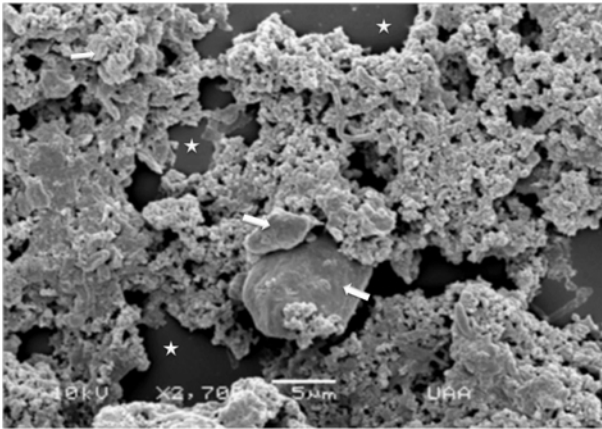


**Figura 2.** Formación de una biopelícula multi-especie. (A) Los colonizadores primarios cubren una superficie (viva o inerte), a manera de una biopelícula, multiplicándose y formando microcolonias, lo anterior permite la llegada de los colonizadores secundarios y su adhesión a las biopelículas; (B) maduración y formación de la biopelícula multi-especie, caracterizado por el incremento en la producción de sustancias poliméricas extracelulares (SPE); (C) promoción de la dispersión de células y cambio de células planctónica a células en biopelícula. Adaptado de Rickard *et al.* (2003).

llamadas adhesinas, que permiten la agregación secuencial y sucesiva de diferentes microorganismos a una superficie (Rickard *et al.*, 2003; Yang *et al.*, 2011). Al inicio del proceso se adhieren los colonizadores primarios y tempranos a la superficie, éstos se multiplican formando microcolonias que, finalmente, conforme con las condiciones microambientales, cubren totalmente la superficie colonizada, facilitando la llegada de los colonizadores tardíos o secundarios induciendo el desarrollo de los consorcios multi-especie (Bowen y Koo, 2011) (figura 2). El siguiente paso para el desarrollo de la biopelícula es la unión irreversible a la superficie y la multiplicación de las bacterias, seguida por el incremento de la producción de sustancias poliméricas extracelulares que refuerzan la adhesión celular y actúan como un "cemento intercelular" (Rickard *et al.*, 2003). El estadio siguiente involucra la liberación de células bacterianas que pueden propagarse hacia otros espacios, permitiendo la formación de nue-

vas biopelículas. La liberación puede deberse a sustancias secretadas por las bacterias (lietas de alginato, DNAsas, etc.), por la actividad de bacteriófagos dentro de la biopelícula, o bien, por mecanismos físicos (Loera *et al.*, 2008).

La formación de la matriz extracelular es clave para la biopelícula. La MEC está constituida por exopolisacáridos sintetizados por los microorganismos integrantes de la biopelícula, macromoléculas como proteínas, ácidos nucleicos y otros productos procedentes de la lisis bacteriana, que en conjunto se denominan sustancias poliméricas extracelulares (SPE). El ADN extracelular ayuda a la adhesión microbiana y aumenta la versatilidad genética del consorcio (Trappetti *et al.*, 2011). La arquitectura de la matriz no es sólida. Las bacterias en biopelículas viven en torreones celulares [figura 3] que se extienden en forma tridimensional desde la superficie a la cual están adheridas (Loera *et al.*, 2008).



**Figura 3.** Microscopia electrónica de una biopelícula encontrada en agua, pues se observan los torrones celulares en forma tridimensional donde viven las bacterias. Las flechas indican bacterias inmersas en matriz extracelular formando los torrones y las estrellas la superficie.

#### Interacciones en biopelículas multi-especie

La comunidad bacteriana constituye una sociedad microbiana multi-especie, con "reglas y patrones de comportamiento" propios (Bordi y Betzmann, 2011); con interacciones estables múltiples entre especies, que regulan la función de la comunidad microbiana (Hansen *et al.*, 2007). Además, las biopelículas presentan interacciones de competencia por nutrientes (Rendueles *et al.*, 2011) e inhibición del crecimiento de otras especies por secreción de sustancias tóxicas (Yang *et al.*, 2011) (tabla 1). *Escherichia coli*, por ejemplo, secreta polímeros durante la formación de su biopelícula que inhiben el crecimiento de *Staphylococcus aureus* y de otras bacterias Gram positivas, pero no así a bacterias Gram negativas (Rendueles *et al.*, 2011).

#### Comunicación inter e intra-específica en las biopelículas multi-especie

De manera análoga a lo que sucede en la comunicación celular de las células eucariotas que

forman tejidos, en las biopelículas moléculas señal pequeñas controlan la expresión de genes involucrados en una gran variedad de funciones y vías metabólicas, tanto entre los miembros de una misma especie como entre especies diferentes: producción de factores de virulencia, biosurfactantes, producción de SPE y movilidad bacteriana (Yang *et al.*, 2011).

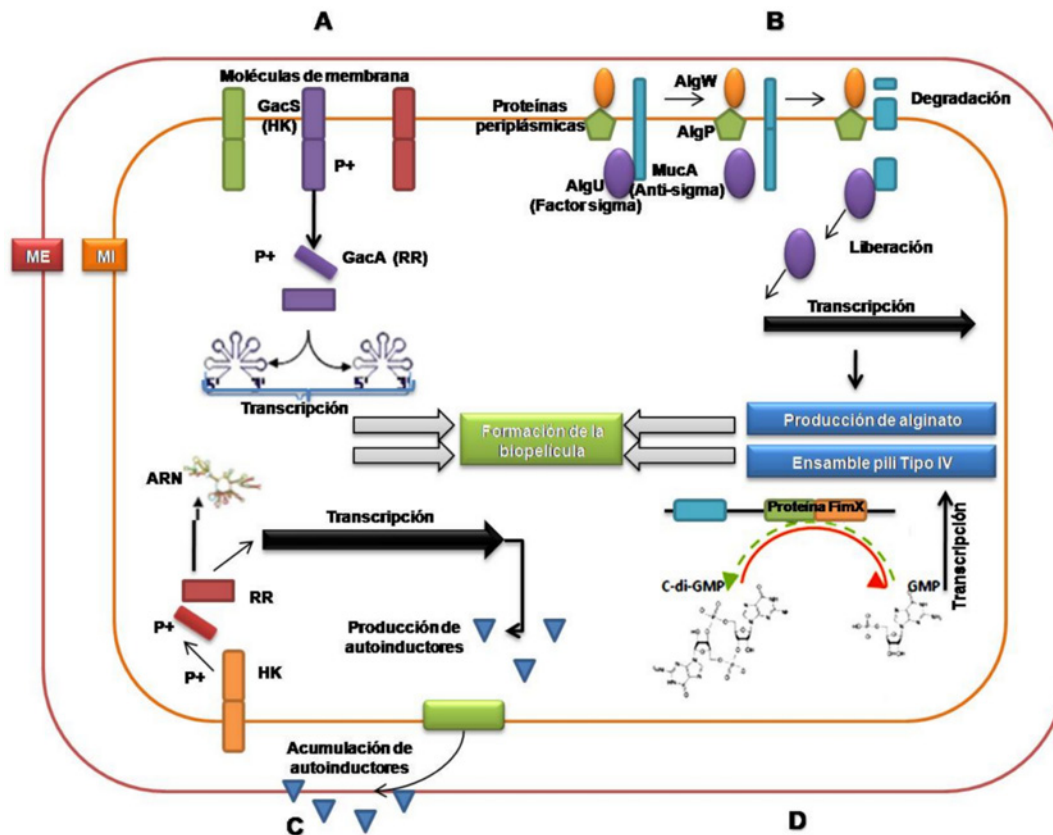
Distintas vías de regulación complejas integran señales ambientales a través de las cuales se disparan respuestas adecuadas (figura 4), entre estas vías se encuentran: los sistemas de dos componentes (TCS: por sus siglas en inglés "two-component systems") (figura 4A), las rutas de señalización de función extracitoplásmica (ECF: por sus siglas en inglés "extracytoplasmic function") (figura 4B), los sistemas QS (figura 4C) y otras moléculas, donde se incluye al c-di-GMP (figura 4D) como segundo mensajero procarionte (Bordi y Betzmann, 2011). Los TCS y el ECF son los principales mecanismos empleados por las bacterias para monitorear el medio externo e interno. Se monitorean nutrientes, iones, temperatura, estado REDOX, entre otros y se reacciona con respuestas adaptativas (Bordi y Betzmann, 2011).

El sistema de respuesta multicelular o QS coordina la expresión de genes necesarios para la formación de la biopelícula y detecta la densidad del consorcio (figura 4C), comprende el proceso de comunicación bacteriana que utiliza pequeñas moléculas denominadas autoinductores o feromonas, que median un gran rango de comunicaciones intra e inter-específicas determinando así la densidad de la población (Bordi y Betzmann, 2011; Yang *et al.*, 2011). Por ejemplo, en *S. aureus*, la transición entre células planctónicas y la formación de biopelículas es predominantemente controlada por el sistema QS (Bordi y Betzmann, 2011).

**Tabla 1.** Interacciones relevantes en comunidades microbianas en diversos ambientes

Tipo de interacción	Bacteria
Antagonismo	Bacterias marinas epifíticas; bacterias entéricas.
Comensalismo	<i>Acinetobacter spp/Pseudomonas putida</i> .
Competencia	<i>Klebsiella oxytoca/Burkholderia</i> .
Mutualismo	Bacterias de suelo; bacterias orales; bacterias marinas epifíticas.
Neutralismo	<i>Candida sp; Schizosaccharomyces spp; Saccharomyces spp</i> .
Sinergismo	<i>Microbacterium phyllosphaerae; Shewanella japónica; Dokdonia donghaensis</i> .

Fuente: Simões *et al.* (2007).



**Figura 4.** Vías de regulación que controlan la transición entre bacterias planctónicas y la formación de biopelículas. Las líneas representan la envoltura celular: la membrana externa (ME) es la línea púrpura y la membrana interna (MI) es la línea naranja. Se representan los mecanismos presentes en las bacterias Gram positivas (C) y Gram negativas (A, B y D). A) Formación de la biopelícula en *Pseudomonas aeruginosa* mediante la vía TCS, incluye una proteína sensor histidina cinasa (HK) y una proteína reguladora de la respuesta (RR) [GacS(HK)/GacA(RR)]. B) Control de la producción de sustancias poliméricas extracelulares de alginato en *P. aeruginosa* vía ECF, en la que interviene el factor regulador de la transcripción sigma AlgU – anti-sigma MucA – AlgP (MI) – AlgW (periplásmica). C) Control de la formación de biopelículas en *Staphylococcus aureus* a través de la vía QS. D) Control de la formación de la biopelícula en *P. aeruginosa* a través de la vía de segundos mensajeros c-di-GMP. Fuente: Bordi y Betzmann (2011).

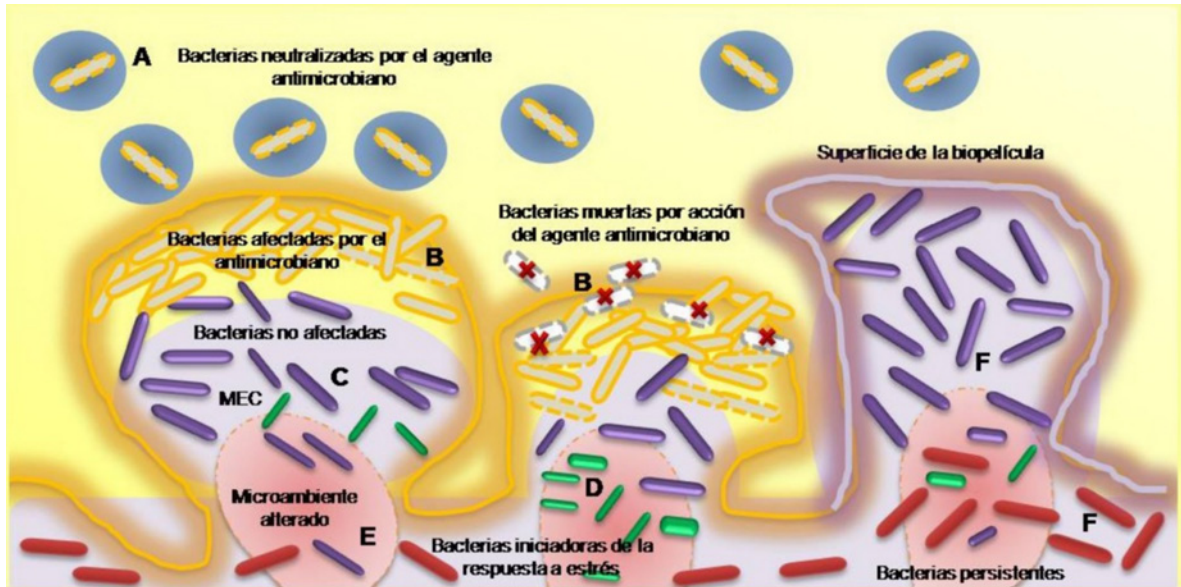
Finalmente, la vía de señalización mediante el segundo mensajero c-di-GMP (figura 4D), se relaciona con la estimulación de la formación de biopelículas vía la producción de organelos de adhesión, síntesis de SPE y el decremento de la movilidad de las células, que se asocia a su vez, a niveles elevados de c-di-GMP (Bordi y Betzmann, 2011).

### Resistencia antimicrobiana y su relación con la formación de biopelículas

Las infecciones persistentes constituyen un problema mundial para el ser humano (Chen y Wen, 2011). Se estima que 65% de las infecciones bacterianas involucra la formación de biopelículas y que causan infecciones crónicas (Chen y Wen, 2011), entre otras (Rayner et al., 1998; Wagner et al., 2003; Ciofu et al., 2005; Mazzoli, 2010; Chen

y Wen, 2011). Como se expuso, la formación de biopelículas es una estrategia microbiana común empleada por las bacterias patógenas para aumentar la resistencia a antibióticos y al sistema inmune del hospedero, haciendo uso de bombas de eflujo, adquisición de nuevas enzimas y mutaciones de drogas blanco y, por supuesto, de la MEC, que funciona como una barrera protectora ante la entrada de agentes antimicrobianos (Chen y Wen, 2011; Bordi y Bentzmann, 2011) (figura 5). Algunas interacciones en las biopelículas multi-especie promueven la resistencia a agentes antimicrobianos. Por ejemplo, *Candida albicans* induce la resistencia de *S. aureus* a vancomicina durante la formación de biopelículas (Harriott y Noverr, 2010).





**Figura 5.** Resistencia a agentes antimicrobianos en una biopelícula. A) Las bacterias planctónicas son neutralizadas por los agentes antimicrobianos. B) Las bacterias en la biopelícula más cercanas a la superficie reciben el daño del agente antimicrobiano. C) La matriz extracelular (MEC) retarda la velocidad de penetración del agente antimicrobiano a la biopelícula. D) Las bacterias generan una respuesta ante el estrés, haciendo que la actividad de las células cambie como respuesta a estímulos del ambiente y E) se genera un microambiente alterado. F) Bacterias persistentes se generan, las cuales son capaces de resistir a los agentes antimicrobianos permitiendo nuevamente la colonización de la superficie por parte de las bacterias en biopelícula.

### Técnicas para el estudio de la biopelícula

Existen distintas técnicas para el estudio de biopelículas, enfocándose cada una de ellas en su campo de aplicación. En el aspecto clínico, la detección oportuna de la formación de biopelículas en infecciones persistentes es un factor clave para combatir padecimientos. En este campo, las técnicas persiguen el desarrollo de antígenos y anticuerpos específicos para el diagnóstico terapéutico. Actualmente, se han desarrollado ensayos ELISA (del inglés "Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay", o bien, Ensayo por Inmunoabsorción Ligado a Enzimas) para anti-adhesinas de superficie, que son altamente expresadas en células en biopelículas para monitorear la formación de biopelículas, por ejemplo, de *Staphylococcus* en pacientes con injertos vasculares sintéticos (Chen y Wen, 2011).

Asimismo, se han desarrollado estrategias tales como sistemas de biopelículas artificiales, donde podemos destacar al ensayo de biopelículas en microplaca, utilizado para examinar eventos primarios en la formación de la biopelícula, detectar su dispersión y monitorear la adhesión microbiana a una superficie abiótica. La

técnica utiliza una microplaca de 96 pozos, en la cual las células se cultivan por cierto periodo. Las células adheridas a los pozos son teñidas con un medio de contraste (por ejemplo, cristal violeta 0.1%), lo que permite la visualización de los patrones de adhesión de las células a la superficie. Esta técnica permite la medición de la absorbancia en tiempos determinados para obtener ensayos semicuantitativos de la formación de la biopelícula (Meritt *et al.*, 2005; Labrie *et al.*, 2010).

La hibridación fluorescente *in situ* (FISH) acoplada a microscopía, es por mucho, la técnica más usada, pues se utiliza para analizar la composición y la localización de especies microbianas específicas en la biopelícula. La técnica FISH detecta secuencias de ácidos nucleicos por un oligonucleótido altamente específico para cada bacteria, que hibrida concretamente a su secuencia blanco complementaria en la célula (Yang *et al.*, 2011). Las células hibridadas fluorescen bajo cierta longitud de onda, puesto que el oligonucleótido está marcado con un fluorocromo o una proteína fluorescente. Las células son visualizadas a través de microscopía confocal (Sternberg *et al.*, 2006). Esta técnica es ampliamente utilizada, ya que el



equipo permite realizar cortes ópticos virtuales a lo largo de la imagen, obteniendo un mejor análisis con respecto a la localización y diseño de la biopelícula (Almeida *et al.*, 2011).

Existen también otras técnicas tales como el método de electroforesis en geles desnaturizantes en gradiente (DGGE) y la microscopía electrónica. La primera es aplicada para describir la diversidad microbiana e identificar especies individuales en biopelículas multi-especie; este método separa comunidades bacterianas a partir de amplificadores de PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) de ARN ribosomal 16S con base en su contenido en guanina y citosina. La segunda es utilizada para observar la estructura de la biopelícula en forma directa (figura 3) (Yang *et al.*, 2011).

#### Biopelículas bacterianas en el interior de nuestras células

Las bacterias patógenas son capaces de entrar a células epiteliales humanas por procesos de internalización, causando infecciones invasivas. *Bartonella henselae*, una bacteria capaz de colonizar las válvulas del corazón, invade a las células endoteliales vía *invasoma*, es decir, formando grandes agregados que se internalizan en las células eucariotas (Dehio, 1997). *Escherichia coli* enteropatógena (EPEC), causante de diarreas agudas, y *E. coli* uropatógena (UPEC), que provoca infecciones del tracto urinario, también pueden invadir el epitelio intestinal y el de vejiga urinaria en humanos y animales, respectivamente (Yamamoto *et al.*, 2009). Dentro de las células epiteliales de la vejiga, UPEC se mueve a través de la membrana por medio de compartimentos similares a un endosoma tardío, éste se rompe en el citosol de la célula huésped y se multiplica rápidamente, formando comunidades intracelulares tipo biopelícula que contienen hasta miles de bacterias (Wiles *et al.*, 2008).

Otros patógenos asociados con infecciones crónicas ligadas a la formación de biopelículas incluyen: *Pseudomonas aeruginosa* en la fibrosis quística con neumonía, *Haemophilus influenzae* y *Streptococcus pneumoniae* en otitis media crónica, *Staphylococcus aureus* en rinosinusitis crónica y *Mycobacterium tuberculosis* en la tuberculosis humana, entre otras, donde la biopelícula provee una estrategia de supervivencia como un reservorio de células que pueden repoblar y recolonizar sitios que previamente han sido tratados con drogas o antibióticos (Hall-Stoodley y Stoodley, 2009; Chen y Wen, 2011).

#### Conclusiones y perspectivas futuras

Las biopelículas son una extraordinaria estrategia de supervivencia que las bacterias y otros microorganismos han aprovechado por millones de años, permitiéndoles habitar bajo condiciones ambientales desfavorables, una incrementada resistencia a agentes antimicrobianos y una elevada transferencia horizontal de genes. Por todo lo anterior, el conocimiento del desarrollo de una biopelícula y las interacciones que existen dentro de ella, es de suma importancia, tanto para el tratamiento eficaz de enfermedades que son causadas por patógenos en este estado, así como para su utilización en beneficio del hombre, como es el caso de la biorremediación. Gracias al desarrollo de nuevas investigaciones encaminadas a descubrir las interacciones existentes dentro de estas estructuras y los genes implicados en su formación y desarrollo, además del avance de las técnicas para su estudio, como las mencionadas anteriormente, el conocimiento de las biopelículas se ha incrementado en los últimos años, permitiéndonos una mejor comprensión de estos consorcios, que forma parte del ciclo de vida de los microorganismos.

#### LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, C.; AZEVEDO, N.F.; SANTOS, S.; KEEVIL, C.; VIEIRA, M., Discriminating Multi-Species Populations in Biofilms with Peptide Nucleic Acid Fluorescence In Situ Hybridization (PNA FISH). *PLoS ONE*, 6(3): 147-186, 2011.
- BOWEN, W.H.; KOO, H., Biology of *Streptococcus mutans*-derived glucosyltransferases: Role in Extracellular Matrix Formation of Cariogenic Biofilms. *Caries Research*, 45: 69-86, 2011.
- BORDI, C.; DE BENTZMANN, S., Hacking into bacterial biofilms: a new therapeutic challenge. *Annals of Intensive Care*, 1(19), 2011.
- BRENCI, A.; MCFARLAND, K.A.; MCMANUS, H.R.; CASTANG, S.; MOGNO, I.; CHEN, L.; WEN, Y., The role of bacterial biofilms in persistent infections and control strategies. *International Journal of Oral Science*, 3: 66-73, 2011.

- CIOFU, O.; RIIS, B.; PRESSLER, T.; POULSEN, H.E.; HØIBY, N., Occurrence of hypermutable *Pseudomonas aeruginosa* in cystic fibrosis patients is associated with the oxidative stress caused by chronic lung inflammation. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 49: 2276-2282, 2005.
- DEHIO, C.; MEYER, M.; BERGER, J.; SCHWARZ, H.; LANZ, C., Interaction of *Bartonella henselae* with endothelial cells results in bacterial aggregation on the cell surface and the subsequent engulfment and internalization of the bacterial aggregate by a unique structure, the invasive. *Journal of Cell Science*, 110: 2141-2154, 1997.
- GANGULY, S.; MITCHELL, A., Mucosal biofilms of *Candida albicans*. *Current Opinion in Microbiology*, 14: 1-6, 2011.
- HALL-STOODLEY, L.; STOODLEY, P., Evolving concepts in biofilm infections. *Cellular Microbiology*, 11(7): 1034-1043, 2009.
- HANSEN, S.K.; RAINEY, P.B.; HAAGENSEN, J.A.; MOLIN, S., Evolution of species interactions in a biofilm community. *Nature*, 445: 533-536, 2007.
- HARRIOTT, M.M.; NOVERR, M.C., Ability of *Candida albicans* mutants to induce *Staphylococcus aureus* vancomycin resistance during polymicrobial biofilm formation. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 54: 3746-3755, 2010.
- HØIBY, N.; CIOFU, O.; JOHANSEN, H.K.; SONG, Z.; MOSER, C.; JENSEN, P.Ø.; MOLIN, S.; GIVSKOV, M.; TOLKER NIELSEN, T.; BJARNSHOLT, T., The clinical impact of the bacterial biofilms. *International Journal of Oral Science*, 3(2): 55-65, 2011.
- LABRIE, J.; PELLETIER-JACQUES, G.; DESLANDES, V.; RAMJEET, M.; AUGER, E.; NASH, J.H.E.; JACQUES, M., Effects of growth conditions on biofilm formation by *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Veterinary Research*, 41(3), 2010.
- LOERA, V.; GARCIDUEÑAS, C.; AVELAR, F.; RAMÍREZ, E.; GUERRERO, A., Biopelículas: estrategias de resistencia y ataque para la patogénesis bacteriana. *Scientiae Nature*, 10(2): 5-16, 2008.
- MAZZOLI, S., Biofilms in chronic bacterial prostatitis (NIH-II) and in prostatic calcifications. *Federation of European Materials Societies, Immunology & Medical Microbiology*, 59: 337-344, 2010.
- MERRITT, J.H.; KADOURI, D.E.; O'Toole, G.A., Growing and analyzing static biofilms. *Current Protocols in Microbiology*, 1B.1.1-1B.1.17, 2005.
- NAZAR, J., Biofilms bacterianos. *Revista Otorrinolaringología*, 67(1): 61-72, 2007.
- PEREIRA, A.L.; SILVA, T.N.; GOMES, A.C.; ARAÚJO, A.C.; GIAUGLIANNO, L.G., Diarrhea-associated biofilm formed by enteroaggregative *Escherichia coli* and aggregative *Citrobacter freundii*: a consortium mediated by putative F pili. *BioMedical Center Microbiology*, 10(57), 2010.
- RAYNER, M.G.; ZHANG, Y.; GORRY, M.C.; CHEN, Y.; POST, J.C.; EHRILH, G.D., Evidences of bacterial metabolic activities in culture-negative otitis media with effusion. *Journal of the American Medical Association*, 279: 296-299, 1998.
- RENDUELES, O.; TRAVIER, L.; LATOUR-LAMBERT, P.; FONTAINE, T.; MARGNUS, J.; DENAMUR, E.; CHINGO, J.M., Screening of *Escherichia coli* Species Biodiversity Reveals New Biofilm-Associated Antiadhesion Polysaccharides. *Malaysian Bio-industry Organisation*, 2(3): e00043-11, 2011.
- RICKARD, A.H.; GILBERT, P.; HIGH, N.J.; KOLENBRANDER, P.E.; HANDLEY, P.S., Bacterial coaggregation: an integral process in the development of multi-species biofilms. *Trends in Microbiology*, 11(2), 2003.
- SIMÕES, L.C.; SIMÕES, M.; VIEIRA, M.J., Biofilm Interactions between distinct bacterial genera isolated from drinking water. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(19): 6192-6200, 2007.
- STERNBERG, C.; TOLKER-NIELSEN, T., Growing and analyzing biofilms in flow cells. *Current Protocols in Microbiology*, Chapter 1, Unit 1B 2, 2006.
- TRAPPETTI, C.; OGUNNIYI, A.; OGGIONI, M.; PATON, J., Extracellular Matrix Formation Enhances the Ability of *Streptococcus pneumoniae* to Cause Invasive Disease. *PLoS ONE*, 6(5): e19844, 2011.
- WAGNER, C.; KONDELLA, K.; BERNSCHNEIDER, T.; HEPPERT, V.; WENTZENSEN, A.; HÄNSH, G.M., Post-traumatic osteomyelitis: analysis of inflammatory cells recruited into the site of infection. *Shock*, 20: 503-510, 2003.
- WILES, T.J.; KULESUS, R.R.; MULVEY, M.A., Origins and Virulence Mechanisms of Uropathogenic *Escherichia coli*. *Experimental and Molecular Pathology*, 85(1): 11-19, 2008.
- YAMAMOTO, D.; HERNÁNDEZ, R.T.; BLANCO, M.; GREUNE, L.; SCHIMIDT, M.A.; CARNEIRO, S.M.; DAHBI, G.; BLANCO, J.E.; GOMES, T.A.T., Invasiveness as a putative additional virulence mechanism of some atypical Enteropathogenic *Escherichia coli* strains with different uncommon intimin types. *BioMed Central Microbiology*, 9 235, 2009.
- Yang, L.; Liu, Y.; Wu, H.; Høiby, N.; Molin, S.; Song, Z., Current understanding of multi-species biofilms. *International Journal of Oral Science*, 74-81, 2011.

## Un tesoro perecedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel<sup>1</sup>

A perishable treasure in Mexico: tomato, technologies to prolong its shelf- life

Judith Ruiz Martínez,<sup>1</sup> António A. Vicente,<sup>2</sup> Julio César Montañez Saenz,<sup>3</sup>  
Raúl Rodríguez Herrera<sup>4</sup> y Cristóbal Noé Aguilar González<sup>5</sup>

Revisión Científica

Ruiz Martínez, J.; Vicente, A.A.; Montañez Saenz, J.C.; Rodríguez Herrera, R. y Aguilar González, C.N. Un tesoro perecedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel. 54, 42-48, 2012.

### RESUMEN

El tomate, a pesar de ser uno de los frutos de mayor consumo en todo el mundo y de gran importancia en México, presenta grandes pérdidas en postcosecha. A lo largo de los años se han empleado diversas técnicas para su conservación, las cuales abarcan desde bajas temperaturas y sustancias químicas hasta la aplicación de empaques para atmósferas modificadas (MAP) o de cubiertas comestibles a base de lípidos, polisacáridos y proteínas, con lo que se prolonga su vida de anaquel, siendo las cubiertas comestibles compuestas, con la adición de agentes antioxidantes, el método más utilizado. Aún se requieren de mayores estudios que permitan la obtención de un método que resuelva las pérdidas de toma-

**Palabras clave:** tomate, pérdidas postcosecha, cubiertas comestibles, conservación, calidad.

**Key words:** tomato, postharvest losses, edible coatings, preservation, quality.

Recibido: 6 de Enero de 2012, aceptado: 4 de Abril de 2012

<sup>1</sup> Departamento de investigación en alimentos. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, México, judith\_0205@hotmail.com.

<sup>2</sup> IBB-Institute for Biotechnology and Bioengineering, Centre of Biological Engineering, Universidade do Minho, Campus Gualtar 4710-057, Braga, Portugal, avicente@deb.uminho.pt.

<sup>3</sup> Departamento de investigación en alimentos. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, México, julio.montanez@uadec.edu.mx.

<sup>4</sup> Departamento de investigación en alimentos. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, México, rrh961@hotmail.com.

<sup>5</sup> Departamento de investigación en alimentos. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, México, cristobal.aguilar@uadec.edu.mx.

te en postcosecha y contribuya al mejoramiento de la economía de países en desarrollo que lo producen y comercializan. En este documento se analiza y describe la importancia del tomate, así como las técnicas que se han estado empleando con el fin de prolongar su vida de anaquel.

### ABSTRACT

Despite being one of the most consumed fruits worldwide, and one of the most important products in countries like Mexico, tomato fruit still presents huge postharvest losses. Through the years, there have been multiple techniques used for its preservation, from low temperatures and chemical substances, to modified atmospheres achieved with modified atmosphere packaging (MAP), or with the application of edible coatings made from several compounds (lipids, polysaccharides and proteins) that prolong the shelf life of tomato. Composite edible coatings, added with antioxidant agents, are among the most promising techniques. Nevertheless, more research efforts are needed to obtain a method that could solve the tomato loss issues and contribute to the economic improvement of developing countries that produce and commercialize them. This paper analyzes and describes the importance of tomato, as well as the techniques that have been used, aimed at extending its shelf life.

### INTRODUCCIÓN

El tomate o jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta perenne en forma de arbusto que se cultiva anualmente y puede desarrollarse de

forma rastrera, semi-erecta o erecta. Es uno de los frutos que contiene mayor cantidad de vitaminas y minerales, tiene bajo valor calórico y se caracteriza por un elevado contenido de agua, de 90 a 94%. Además, se reportan importantes contenidos de azúcares solubles (fructosa, glucosa y sacarosa), menor proporción de proteínas, fibra, ácidos orgánicos (cítrico y málico) y licopeno (Fernández-Ruiz *et al.*, 2004).

México es de los mayores productores de tomate a nivel mundial y el primero en exportación de dicho fruto. El cultivo, la cosecha y la comercialización del tomate genera millones de empleos de manera directa e indirecta, sin embargo, es una de las hortalizas que presenta mayores pérdidas de hasta un 50% del total de la producción por deterioro, tanto por factores físicos como biológicos (Bombelli y Wright, 2006). El objetivo de la presente revisión es describir la importancia del tomate, así como las técnicas que se han estado empleando con el fin de prolongar su vida de anaquel.

### Generalidades

Los tomates son diversos en tamaño y forma, sin embargo, una de las formas que prevalece es la elongada (Brewer *et al.*, 2007). Las plantas se encuentran recubiertas por una capa que las protege del medio exterior, la cutícula. Ésta es químicamente heterogénea en la naturaleza, se encuentra formada básicamente de una fracción lipídica, que es soluble en solventes orgánicos, y otra matriz insoluble, la cutina, la cual forma el entramado presente en la cutícula. La cutina es un biopolíester formado principalmente de la inter-esterificación de los ácidos hidroxialcanóicos C16 y C18, que diversos estudios señalan como un poliéster amorfo reticulado (Matas *et al.*, 2004).

Los tomates son una buena fuente de moléculas bioactivas, especialmente carotenoides, de los cuales destaca el licopeno, lo que les confiere no sólo un alto valor nutrimental, sino también propiedades benéficas para la salud por su gran actividad antioxidante, aportando un importante valor añadido desde el punto de vista del consumidor (Colle *et al.*, 2010). El licopeno representa un compuesto interesante para la industria de los alimentos, al utilizarlo como colorante, así como en la industria farmacéutica para prevención del cáncer y en la elaboración de cosméticos (Inserra, 2008). Además de los carotenoides, el tomate contiene una gran variedad de

antioxidantes, que son compuestos que inhiben las reacciones de oxidación. El contenido de antioxidantes del tomate depende principalmente de factores genéticos, ambientales y estado de maduración (Javanmardi y Kubota, 2006).

Los cultivos de tomate pertenecen a los de mayor comercialización en todo el mundo y el de mayor valor económico (INFOAGRO, 2011). Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción de los últimos años se debe, principalmente, al aumento en el rendimiento y, en menor proporción, al aumento de la superficie cultivada (FAO, 2009).

México se encuentra en el décimo lugar a nivel mundial en la producción de tomate, sin embargo, ocupa el primer lugar en exportación del fruto según datos de la SAGARPA (2011a); su principal mercado es Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) con 95%. Los estados con mayor aportación son Sinaloa, Baja California, Michoacán, Zacatecas y Jalisco, como se muestra en la figura 1 (SIAP, 2011); juntos totalizan 68% de la producción nacional (FAOSTAT, 2011).

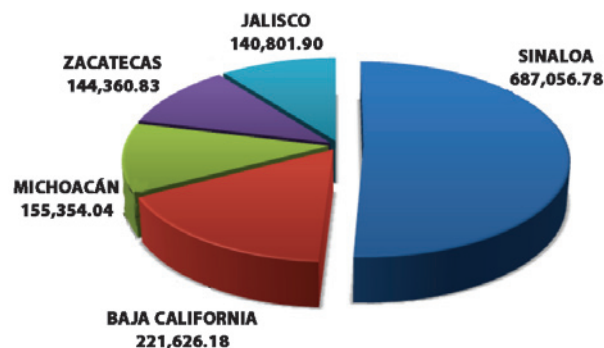


Figura 1. Estados con mayor producción de tomate en México (valores en toneladas) (SIAP, 2011).

En México, la oferta de tomate es sustentable con una producción de 2 millones de toneladas promedio al año, con activos rurales de un poco más de 70 mil hectáreas dedicadas a la siembra del tomate. Los tipos de tomate más importantes producidos, tanto a campo abierto como en agricultura protegida, son el tipo Saladette (el más producido), seguido por los tipos Bola (steak), Cherry, en Racimo y otras especialidades como los tipos Mimi y Campari (SAGARPA, 2011b), siendo el tomate Cherry el de mayor exportación, tanto a Estados Unidos y Canadá como a Japón (INEGI, 2009).



### Calidad

La calidad, es uno de los elementos más importantes de los productos de cualquier categoría, en términos del tomate, se refiere al cumplimiento de los atributos sensoriales y fisiológicos del fruto. La Norma Mexicana para productos alimenticios no industrializados para consumo humano para tomate, NMX-FF-031-197-SCFI, determina la clasificación con base en los grados de calidad del fruto, denotando al producto como México 1, México 2 y México 3. Para lo cual, se analizan factores como el color, sabor, apariencia y textura, así como de la minimización de riesgos biológicos, químicos y físicos para la salud humana, animal y vegetal (SAGARPA, 2010). El estándar de calidad del tomate se basa, primordialmente, en la uniformidad y en la ausencia de defectos de crecimiento y manejo. El tamaño no es un factor que defina el grado de calidad, pero puede influir de manera importante en las expectativas de su calidad comercial. En cuanto a la forma deseable del producto, se considera que debe ser redondo, forma globosa, globosa aplanada u ovalada, dependiendo del tipo, tener un color uniforme que vaya de anaranjado a rojo intenso, sin hombros verdes. Su apariencia debe ser lisa y con cicatrices pequeñas correspondientes a la punta floral y al pedúnculo, no debe presentar grietas de crecimiento, quemaduras de sol, daños por insectos, ni daño mecánico o magulladuras, además de ser firme al tacto, es decir, no estar suave ni deformarse fácilmente debido a sobremadurez.

Los tomates en estado verde maduro pueden almacenarse antes de que ocurra la maduración, a 12.5 °C durante 14 días, sin reducción significativa de su calidad sensorial y desarrollo de color. La pudrición puede aumentar si se les almacena más de dos semanas a esta temperatura. Después de alcanzar el estado maduro firme, la vida es generalmente de 8 a 10 días si se aplica una temperatura entre 7 y 10 °C. Durante la distribución comercial, es posible encontrar que se aplican temperaturas de tránsito o de almacenamiento de corto plazo inferiores a lo recomendado, por lo que es muy probable que ocurra daño por frío después de algunos días (IN-FOAGRO, 2011).

### Enfermedades

Entre los patógenos que causan enfermedades al tomate en postcosecha podemos encontrar a hongos como *Geotrichum candidum*, responsable de la pudrición ácida del tomate, así como

*Rhizopus stolonifer* Ehrenb. (Ex Fr.) Lind, donde se presentan formaciones llenas de agua y exudación de líquido. También destaca la presencia de *Alternaria arborescens* y *Stemphylium botryosum*, causando ambos la pudrición de moho negro. Por otra parte, el moho gris o pudrición del fruto por *Botrytis cinerea* impide que se lleve a cabo una maduración satisfactoria del fruto, ocasionando que la fruta afectada no sea vendible. La pudrición por *Fusarium oxysporum* se desarrolla en forma de ramillete algodonado de micelio blanco, que tiene tonalidades que van desde sombras de rosado y de anaranjado a violeta (Mahovic *et al.*, 2009).

En cuanto a las bacterias que causan deterioro, la más común y agresiva es *Erwinia carotovora*, causante de la pudrición blanda de los tomates. Afortunadamente estas bacterias no pueden penetrar directamente a través de la piel cerosa de un tomate, sin embargo, la presencia de pequeñas magulladuras le permiten infectar los tejidos del fruto. Ciertas especies de *Pseudomonas*, *Xanthomonas* y *Bacillus* pueden causar pudrición blanda en los tomates, con un modo de acción y signos, similares a los de *Erwinia* (Mahovic *et al.*, 2009).

Uno de los principales virus que causan enfermedades en este fruto es el virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV) (De la Torre *et al.*, 2002), el cual ha sido identificado en tomate proveniente del estado de Sinaloa, observándose síntomas diferentes tales como necrosis, clorosis, enaciones, atrofiados y lesiones locales (Contreras *et al.*, 2007). Además de verse afectados los frutos por insectos, entre los que destacan los pulgones, mosca blanca, orugas, gusanos y minador de la hoja (Productores de hortalizas, 2006).

### Conservación

Para combatir los diferentes factores que ocasionan deterioro en los tomates y conservar su calidad, se han empleado diversos métodos, entre los que se encuentran el uso de bajas temperaturas, tratamientos químicos y atmósferas modificadas, estas últimas obtenidas mediante la aplicación de empaques para atmósferas modificadas (MAP) y controladas o cubiertas comestibles.

El tomate se almacena a bajas temperaturas (10-15 °C) con la finalidad de prolongar su vida de anaquel. Sin embargo, por debajo de los 12.5 °C, los tomates pueden ser afectados por daño por enfriamiento, el cual es un término que se uti-

liza para describir el daño físico que ocurre en diversas plantas y productos vegetales como resultado de su exposición a bajas temperaturas, sin llegar a la congelación (Luengwilai *et al.*, 2012). La severidad de este daño es mayor en los tomates verdes que en los rojos y aumenta conforme al tiempo de almacenamiento y temperatura (Lu *et al.*, 2010).

Por otra parte, se han utilizado tratamientos químicos empleando soluciones de bicarbonato de potasio a bajas concentraciones por debajo de 2% para evitar fermentaciones, controlar el pH y para desarrollar texturas y sabores deseados, al mismo tiempo, resulta eficiente contra contaminación por bacterias y levaduras. Sin embargo, Bombelli y Wright (2006) reportan que el empleo exclusivo de bicarbonato de potasio no mejora la calidad de los tomates durante la postcosecha, por lo que el empleo de este tratamiento se considera que pudiera ser factible solamente al adicionarlo a algún otro componente, como las ceras.

En cuanto a MAP, uno de los métodos empleados son los empaques para atmósferas de esta clase, lo cual se refiere a la utilización de materiales especializados de empaque para contener un producto con una composición de gases específica que permite prevenir o retardar el deterioro postcosecha. Se han relacionado los cambios bioquímicos y fisiológicos con la alteración favorable del contenido de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en los productos. La combinación de niveles bajos de O<sub>2</sub> en películas de empaque y tratamiento térmico afectan el desarrollo de color en los tomates mediante varias vías. La aplicación adicional de calor, que inhibe parcialmente el desarrollo de color y los niveles bajos de oxígeno, hace este proceso más eficiente, aunque los mecanismos por los cuales se logra la acción sinérgica de estos factores resulta aún desconocida (Ali *et al.*, 2004). La aplicación de MAP en tomate es efectiva para el mantenimiento de la calidad tanto del fruto completo (figura 2) como cortado (Bailén *et al.*, 2006).

Las atmósferas controladas se han utilizado también para la conservación de los tomates, principalmente en estado verde, previniendo el ataque de bacterias como *Salmonella enteritidis* (Das *et al.*, 2006). Otro de los métodos de conservación de los tomates es la aplicación de cubiertas comestibles. Dichas cubiertas se definen como capas finas de cera u otro material que se



**Figura 2.** Aplicación de empaque con atmósferas modificadas para la conservación del tomate completo (Bestpackaging, 2010).

aplican sobre la superficie de los alimentos; han sido empleadas desde hace más de 800 años (Rahman, 2008). Una cubierta comestible debe garantizar la estabilidad del alimento y prolongar su vida útil.

De acuerdo a las condiciones de almacenamiento de frutas y hortalizas se deben considerar algunos factores tanto mecánicos y químicos que se involucran en el diseño de las cubiertas comestibles (Miranda, 2003). Las cubiertas comestibles pueden ser elaboradas a partir de biopolímeros, como polisacáridos, proteínas y lípidos, los cuales presentan bondades como su biodegradabilidad, comestibilidad, apariencia estética, buenas propiedades de barreras contra el oxígeno y vapor de agua, además de que en muchas ocasiones son obtenidos de residuos, lo que los hace altamente redituables.

Con base en su composición, las cubiertas pueden ser clasificadas en tres categorías, las hidrocoloidales, las lipídicas y las compuestas. Las hidrocoloidales son elaboradas a base de polisacáridos o proteínas, los cuales presentan baja permeabilidad al oxígeno, dióxido de carbono y lípidos, pero alta permeabilidad al vapor de agua, debido a la naturaleza hidrofílica (Krochta *et al.*, 1994).

Se ha demostrado la efectividad del uso de cubiertas a base de polisacáridos, como el quitosán y la goma arábiga, para retardar la maduración del tomate y reducir la incidencia de su pudrición (Ghaouth *et al.*, 1992; Casariego *et*

*al.*, 2008). Sin embargo, en el caso de la goma arábica, se requiere de mayores estudios sobre el intercambio de gases en el fruto, además de establecer la influencia de la cubierta sobre el crecimiento microbiano y sobre los procesos fisiológicos relacionados con el tomate (Ali *et al.*, 2010).

Por su parte, las cubiertas lipídicas, gracias a su hidrofobicidad, presentan baja permeabilidad al vapor de agua, por lo cual resultan efectivas para preservar la calidad de los tomates (Dávila Aviña *et al.*, 2011). Las ceras comestibles son significativamente más resistentes al transporte de humedad que la mayoría de las películas elaboradas con otro tipo de lípidos, incluso de las que no son elaboradas con lípidos. La aplicación de una capa de lípidos como suplemento en la superficie de frutas reemplaza las ceras naturales de la cutícula, las cuales pueden ser parcialmente removidas durante el lavado. Las ceras naturales que se aplican a productos perecederos frescos para reducir la transpiración son: cera de abejas, cera de carnauba, cera de candelilla y cera de salvado de arroz, entre otras (Bósquez Molina y Vernon Carter, 2005).

Los modelos de cubiertas compuestas están elaboradas con la mezcla de proteínas y lípidos o polisacáridos y lípidos. En la actualidad, las investigaciones se han focalizado sobre este tipo de cubiertas porque combinan las ventajas de cada uno de los componentes utilizados, reduciendo así sus desventajas, como la elevada permeabilidad a la humedad de las cubiertas proteicas y glicerol (Kim *et al.* 2001; Durango *et al.*, 2011). Se han realizado estudios donde se prueba la combinación de proteína de soya, ácido oléico, carboximetil celulosa y glicerol, con la adición de benzoato de potasio, obteniéndose resultados favorables para prolongar la vida de anaquel de los tomates (Nandane y Jain, 2011). Galietta *et al.* (2005) reportan el empleo exitoso de proteínas de suero de leche en combinación con monoestearato de glicerilo acetilado para la conservación de tomates.

El hallazgo más reciente dentro del campo de las cubiertas comestibles compuestas se refie-

re a la implementación de aditivos y elementos bioactivos como antioxidantes, tales como el ácido elágico (Ochoa, *et al.*, 2011) y antimicrobianos. La tendencia actual de obtención de dichos compuestos es a partir de residuos industriales y aceites esenciales de diversas plantas (Sánchez González *et al.*, 2011), lo cual representa una opción de bajo costo, al incluir materias primas de deshecho y que además han demostrado ser útiles en la protección de los frutos contra patógenos (Campos *et al.*, 2011).

Aunque existen abundantes reportes sobre recubrimientos comestibles (Cerqueira *et al.*, 2009; Jiang *et al.*, 2010; Janharasskul *et al.*, 2011; Bonilla *et al.*, 2012), se requieren de mayor cantidad de estudios, en particular, referentes a su aplicación *in vivo* (Galietta *et al.*, 2005).

## CONCLUSIONES

A pesar de que se han aplicado diversos métodos para la conservación del tomate, éste sigue presentando pérdidas. Si bien, la utilización de cada una de las tecnologías de manera individual resulta eficiente, la tendencia actual se basa en el uso sinérgico de las tecnologías de conservación, como las bajas temperaturas con atmósferas modificadas (Tano *et al.*, 2007) y recubrimientos comestibles, estos últimos, a su vez, formulados mediante la mezcla de diversos elementos como proteínas, polisacáridos, lípidos y antioxidantes que ayuden a fortalecer las barreras naturales del fruto para su conservación, obteniendo así productos de mejor calidad y valor nutritivo. El aprovechamiento de residuos agroindustriales para la obtención de moléculas bioactivas, como los antioxidantes, con los cuales pueda llevarse a cabo la formulación de mejores recubrimientos comestibles, que además de proporcionar beneficios a la salud humana, otorguen protección a los frutos, representa una buena alternativa para la reducción de pérdidas en postcosecha de hortalizas como el tomate, con lo cual se logre fortalecer la economía de los productores y por ende, la economía de los países en desarrollo que lo producen y comercializan, como México.

**LITERATURA CITADA**

- ALI, S.; NAKANO, K.; MAEZAWA, S., Combined effect of heat treatment and modified atmosphere packaging on the color development of cherry tomato. *Postharvest Biology and Technology*, 34: 113-116, 2004.
- BAILÉN, G.; GUILLÉN, F.; CASTILLO, S.; SERRANO, M.; VALERO, D.; MARTÍNEZ ROMERO, D., Use of Activated Carbon inside Modified atmosphere packages to maintain tomato fruit quality during cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 2229-2235, 2006.
- BOMBELLI, E.; WRIGHT, E., Tomato fruit quality conservation during post-harvest by application of potassium bicarbonate and its effect on *Botrytis cinerea*. *Ciencia e Investigación Agraria*, 33: 167-172, 2006.
- BONILLA, J.; ATARÉS, L.; VARGAS, M.; CHIRALT, A., Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: possibilities and limitations. *Journal of Food Engineering*, 110: 208-213, 2012.
- BÓSQEZ MOLINA, E.; VERNON CARTER, E.J., Efecto de plastificantes y calcio en la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de goma de mezquite y cera de candelilla. *Revista Mexicana de Ingeniería química*, 4: 157-162, 2005.
- BREWER, M.T.; MOYSEENKO, J.B.; MONFORTE, A.J.; VAN DER KNAAP, E., Morphological variation in tomato: a comprehensive study of quantitative trait loci controlling fruit shape and development. *Journal of Experimental Botany*, 58 (6): 1339-1349, 2007.
- CAMPOS, C.; GERSCHENSON, L.; FLORES, S., Development of Edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food and Bioprocess Technology*, 4: 849-875, 2011.
- CASARIEGO, A.; SOUZA, B.W.S.; VICENTE, A.A.; TEIXEIRA, J.A.; CRUZ, L.; DÍAZ, R., Chitosan coating surface properties as affected by plasticizer, surfactant and polymer concentrations in relation to the surface properties of tomato and carrot. *Food Hydrocolloids*, 22: 1452-1459, 2008.
- CERQUEIRA, M.; LIMA, A.; TEIXEIRA, J.; MOREIRA, R.; VICENTE, A., Suitability of novel galactomannans as edible coatings for tropical fruits. *Journal of Food Engineering*, 94: 372-378, 2009.
- COLLE, I.; LEMMENS, L.; TOLESA, G.; VAN-BUGGENHOUT, S.; DE-VLEESCHOUWER, K.; VAN-LOEY, A.; HENDRICKX, M., Lycopene degradation and isomerization kinetics during thermal processing of an olive oil/tomato emulsion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 12784-12789, 2010.
- CONTRERAS, R.; DEPESTRE, T.; RODRÍGUEZ, Y. El virus del bronceado del tomate (TSWV) y su incidencia en el cultivo del pimiento. *Temas de ciencia y tecnología*, 11(32): 33-39, 2007.
- DAS, E.; GÜRAKAN, G.C.; BAYINDIRLI, A., Effect of controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and gaseous ozone treatment on the survival of *Salmonella enteritidis* on cherry tomatoes. *Food microbiology*, 23(5): 430-438, 2006.
- DÁVILA AVIÑA, J.E.; VILLA RODRÍGUEZ, J.; CRUZ VALENZUELA, R.; RODRÍGUEZ ARMENTA, M.; ESPINO DÍAZ, M.; AYALA ZAVALA, J.F.; OLIVAS OROZCO, G.I.; HEREDIA, B.; GONZÁLEZ AGUILAR, G., Effect of edible coatings, storage time and maturity stage on overall quality of tomato fruits. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6(1): 162-171, 2011.
- DE LA TORRE, R.; CERVANTES, L.; HOUSTON, H.; VALVERDE, R., Variación fenotípica de algunos aislamientos mexicanos del virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV). *Agrociencia*, 36(2): 211-221, 2002.
- DURANGO, A.M.; SOARES, N.; ARTEAGA, M.R., Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 9: 122-128, 2011.
- FERNÁNDEZ RUIZ, V.; GALIANA, L.; SÁNCHEZ MATA, M.C., Internal quality characterization of fresh tomato fruits. *Hort Science*, 39(2): 339-345, 2004.
- GALIETTA, G.; HARTE, F.; MOLINARI, D.; CAPDEVIELLE, R.; DIANO, W., Aumento de la vida útil poscosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 6(2): 117-123, 2005.
- GHAOUTH, A.; PONNAMPALAM, R.; CASTAIGNE, F.; ARUL, J., Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. *HortScience*, 27(9): 1016-1018, 1992.
- INSERRA, P., Dietary intake of lycopene and risk of prostate cancer. *Wild-type food in health promotion and disease prevention*, 3: 463-467, 2008.
- INEGI. Productos del reino vegetal. *Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos*. Secc. 2 Cap. 7: 33-34, 2009.
- JANJARASSKUL, T.; MIN, S.; KROCHTA, J. Storage stability of ascorbic acid incorporated in edible whey protein films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 12428-12432, 2011.
- JAVANMARDI, J.; KUBOTA, C., Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41: 151-155, 2006.



- JIANG, Y.; LI, Y.; CHAI, Z.; LENG, X., Study of the Physical Properties of whey protein isolate and gelatin composite films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 5100-5108, 2010.
- KIM, S.-J., USTUNOL, Z. Solubility and Moisture Sorption Isotherms of whey-protein-based edible films as influenced by lipi and plasticizer incorporation. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 9: 4388-4391, 2001.
- KROCHTA, J.; BALDWIN, E.; NISPEROS CARRIEDO, M., Cubiertas y películas comestibles para mejorar la calidad de los alimentos. *Technomic Publishing*, Co. Basilea, Suiza, 1994.
- LU, J.; CHARLES, M.; VIGNEAULT, C.; GOYETTE, B.; VIJAYA, G.S.; RAGHAVAN, V., Effect of heat treatment uniformity on tomato ripening and chilling injury. *Postharvest Biology and Technology*, 56: 155-162, 2010.
- LUENGWILAI, K.; BECKLES, D.; SALTVEIT, M., Chilling-injury of harvested tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Micro-Tom fruit is reduced by temperature pre-treatments. *Postharvest biology and technology* (63): 123-128, 2012.
- MAHOVIC, M.J.; SARGENT, S.A.; BARTZ, J.A.; LON KAN, E.E., Identificación y control postcosecha de las enfermedades del tomate en la Florida. *University of Florida IFAS Extension*. Publicación HS1080. 2009.
- MATAS, A.J.; CUARTERO, J.; HEREDIA, A., Phase transitions in the biopolyester cutin isolated from tomato fruit cuticles. *Thermochimica Acta*, 409: 165-168, 2004.
- MIRANDA, M., Comportamiento de películas de quitosán compuesto en un modelo de almacenamiento de aguacate. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47: 331-336, 2003.
- NANDANE, A.S.; JAIN, R.K., Effect of composite edible coating treatment on physical, textural and microbial quality of tomatoes stored at ambient conditions. *International Journal of Emerging trends in Engineering and Development*, 2(1), 2011.
- OCHOA, E.; SAUCEDO POMPA, S.; ROJAS MOLINA, R.; DE LA GARZA, H.; CHARLES RODRÍGUEZ, A.V.; AGUILAR, C.N., Evaluation of a Candelilla wax-based edible coating to prolong the shelf life quality and safety of apples. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6(1): 92-98, 2011.
- Productores de Hortalizas. Plagas y enfermedades del tomate. *Guía de identificación y manejo*. 6-23. 2006.
- RAHMAN, M.S., Surface treatments and Edible coatings in food preservation. *Handbook of Food Preservation*. Second edition. Chapter 21: 477, 2008.
- SAGARPA, Jitomate. *Monografía de cultivos*. 2-10. 2010
- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; VARGAS, M.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C.; CHIRALT, A.; CHÁFER, M., Use of essential oils in bioactive edible coatings. *Food Engineering Reviews*, 3: 1-16, 2011.

### Dictiotopografía

- Bestpackaging. Passive, active and dynamic modified atmosphere packaging. De: bestpackaging.com. Consultado en marzo de 2012.
- FAO. Importancia económica del cultivo en la región, país y el mundo. De: fao.org. Consultado en marzo de 2009.
- FAOSTAT. Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de Tomate. De: faostat.fao.org. Consultado en octubre de 2011.
- INFOAGRO. El cultivo del tomate. De: infoagro.com/hortalizas/tomate3.htm. Consultado en octubre de 2011.
- SAGARPA. La exportación de jitomate mexicano genera ingresos por mil 200 mdd anuales. De: sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/Paginas/2010-B133.aspx. Consultado en octubre de 2011a.
- SAGARPA. Estudio de oportunidades de Mercado e inteligencia comercial y estudio de logística internacional de tomate. De: sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios\_promercado/TOMATE.pdf, consultado en octubre de 2011b.
- SIAP. Producción agrícola, cíclicos y perennes 2010, tomate rojo. De: siap.sagarpa.gob.mx. Consultado en noviembre de 2011.
- SOLORAF. Cómo consumir el tomate. De: soloraf.es/elraf/como\_consumir\_el\_tomate\_raf. Consultado en noviembre de 2011.

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

### Guía para Autores

***Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes***, es una revista arbitrada, científica y multidisciplinaria con periodicidad cuatrimestral, editada por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Tiene como objetivo principal promover el desarrollo de la investigación y la producción científica con estándares de calidad en el ámbito local, nacional e internacional.

El primer número se publicó en el año de 1990 y hasta el momento se han editado más de 50. Su distribución está dirigida a instituciones de educación superior, centros de investigación, bibliotecas y dependencias de gobierno, además tiene 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: Actualidad Iberoamericana, **DIALNET, DOAJ, HELA, LATINDEX, PERIÓDICA y REDALYC.**

En su estructura considera dos secciones: 1) *Editorial*, que incluye el Directorio, un Consejo Editor y un Comité Editorial de distinguida trayectoria, y 2) *Artículos científicos*, inéditos y originales 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 Acces** 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. Sólo 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. 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.

### I. Tipos de publicaciones

*Investigación y Ciencia* acepta tres tipos de contribuciones: artículos científicos de investigación, revisiones y notas científicas o comunicaciones cortas, sin embargo, se da prioridad a los primeros de tal manera que cada número debe contener un máximo de dos artículos de revisión o notas científicas. El autor debe indicar en qué sección desea que su manuscrito sea incluido.

**Artículos de investigación:** son artículos que informan resultados de investigaciones, cuyos temas queden comprendidos en las áreas del conocimiento anteriormente indicadas y que sean de interés científico por su relevancia.

**Artículos de revisión científica:** son artículos que resumen y analizan un tema científico de importancia, pueden ser revisiones del estado actual de un campo de investigación o estudios de caso.

**Notas científicas o comunicaciones cortas:** son artículos cortos de temas relevantes de ciencia y tecnología que describen o explican un hallazgo y que por su mérito científico ameritan 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.

### II. Estructura del contenido

#### Artículos 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 cumplirlo se deberá justificar):

**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.

**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 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 (*key words*).

**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 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 qué resultados se obtuvieron y 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:

**Libros:**

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

**Publicaciones periódicas:**

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.

**Páginas electrónicas en sección aparte con el título de Dictiotopografía:**

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.

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, título, portal. De: URL, fecha de consulta.

En el texto se citará de la siguiente manera: (Aguilar, 2000: 15) o Aguilar (2000: 15); (Aguilar y Camacho, 2001: 15) o Aguilar y Camacho (2001: 15); (Aguilar *et al.*, 2002: 15) o Aguilar *et al.* (2002: 15). 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 referidas al 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.

En las figuras 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 al pie de cada Tabla y/o Figura, el contenido de las mismas en *cursivas*.

Además de las tablas o figuras, el artículo se debe acompañar de al menos una 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 *dpi.* 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.

#### Artículos de revisión científica

Deben incluir título, nombres de los autores y sus datos, resumen (*abstract*) y palabras clave (*key words*) 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, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación. No deberá ser menor de cinco ni mayor de 15 cuartillas.

#### Notas científicas

Deben incluir título, nombres de los autores y sus datos, resumen (*abstract*) y palabras clave (*key words*) en español y su versión en inglés. El texto deberá escribirse de continuo y sin espacio extra entre los párrafos. La literatura citada, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación. No deberá ser mayor de cinco cuartillas.

### III. 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 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.

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 la 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.

### IV. 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.

### V. 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 ilus-

traciones, 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](mailto: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.

### VI. 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](mailto:revistaiyc@correo.uaa.mx)  
[www.uaa.mx/investigacion/revista](http://www.uaa.mx/investigacion/revista)

