

# CienciaUAT

Órgano de Difusión de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística



VERDAD, BELLEZA, PROBIDAD

Registro ISSN 2007-7521



Número 2

VOLUMEN

7

ENE-JUN 2013



EDICIÓN ESPECIAL DE



## Alimentos, Nutrición y Salud



# EFECTO ANTIFÚNGICO DE EXTRACTOS DE PLANTAS ORIGINARIAS DEL ESTADO DE PUEBLA SOBRE *COLLETOTRICHUM GLOEOSPORIOIDES*

<sup>1</sup>Patricia Aguilar-Alonso, <sup>1</sup>Addí Rhode Navarro-Cruz, <sup>1</sup>Alexandra Briseida Sánchez-Flores, <sup>2</sup>María de la Cruz Meneses-Sánchez y <sup>1</sup>Raúl Ávila-Sosa\*

<sup>1</sup>Departamento de Bioquímica-Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

<sup>2</sup>Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria, Edificio 105E, CP 72570, Puebla, Puebla, México.

\*Autor para correspondencia: raul.avila@correo.buap.mx

## ANTIFUNGAL EFFECT OF PLANT EXTRACTS FROM THE STATE OF PUEBLA ON *COLLETOTRICHUM GLOEOSPORIOIDES*

Fecha de Recepción: 14 de marzo de 2013.

Fecha de Aceptación: 07 de junio de 2013.

### RESUMEN

*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., es el agente causal de la antracnosis, una enfermedad que causa pérdidas considerables en la producción de frutos tropicales. El objetivo de este estudio fue evaluar extractos vegetales de plantas que crecen comúnmente en el estado de Puebla y que puedan inhibir a *C. gloeosporioides*. Extractos oleosos y etanólicos de hojas de capulín (*Prunus serotina* subsp. *Capuli*), nogal (*Juglans regia*), pirul (*Schinus molle*), ruda (*Ruta chalepensis*) y marubio (*Marrubium vulgare*) fueron obtenidos, y se determinó la concentración mínima inhibitoria (CMI), empleando diferentes concentraciones de extractos oleosos y etanólicos (150 a 2000 mg L<sup>-1</sup>). Con los resulta-

dos obtenidos de la CMI se evaluó el crecimiento radial a concentraciones menores y se ajustaron al modelo de Gompertz modificado para evaluar el crecimiento máximo en la fase estacionaria, la fase lag y la velocidad máxima de crecimiento. Tanto los extractos oleosos de ruda (500 mg L<sup>-1</sup>) y capulín (750 mg L<sup>-1</sup>), como los extractos etanólicos de ruda (150 mg L<sup>-1</sup>) y pirul (300 mg L<sup>-1</sup>), presentaron la mayor inhibición sobre *C. gloeosporioides*, afectando significativamente ( $P < 0.05$ ) las variables crecimiento máximo y velocidad de crecimiento radial (en un 60 % de reducción) del fitopatógeno.

**PALABRAS CLAVE:** *Prunus serotina* subsp. *Capuli*, *Schinus*

*molle*, *Ruta chalepensis*, antimicrobianos de origen natural.

### ABSTRACT

*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. is the causal agent of anthracnose, a fungal disease that causes considerable losses in postharvest of tropical fruits production. The aim of this study was to evaluate plant extracts that commonly grow in the State of Puebla, which can inhibit *C. gloeosporioides*. and ethanol extracts from the leaves of capulín (*Prunus serotina* subsp. *Capuli*), nogal (*Juglans regia*), pirul (*Schinus molle*), ruda (*Ruta chalepensis*) and marubio (*Marrubium vulgare*) leaves were obtained. Minimum inhibitory concentration (MIC) was determined using different

concentrations of the extracts (150 to 2000 mg L<sup>-1</sup>). Radial growth was evaluated with concentrations below the MIC values; data were fitted to the modified Gompertz model to evaluate maximum growth in the stationary phase, the lag phase and the maximum growth rate. Chloroform extracts of ruda (500 mg L<sup>-1</sup>), capulín (750 mg L<sup>-1</sup>) and ethanol extracts of ruda (150 mg L<sup>-1</sup>) and pirul (300 mg L<sup>-1</sup>) showed an antifungal effect on *C. gloeosporioides*, significantly affecting ( $P < 0.05$ ) maximum growth and radial growth rate of the phytopathogen fungi (60 % of growth inhibition).

**KEYWORDS:** *Prunus serotina* subsp. *Capuli*, *Schinus molle*, *Ruta chalepensis*, natural antimicrobials.

## INTRODUCCIÓN

La antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., es una de las enfermedades que afecta a frutos de importancia comercial, sobre todo en regiones con temperaturas y humedades relativas elevadas. Generalmente se presenta en todas las etapas fenológicas del cultivo, y causa pérdidas considerables en la producción, pre-cosecha y postcosecha de frutos tropicales como mango y papaya. En México esta enfermedad se encuentra diseminada en las entidades federativas donde se producen frutas tropicales y subtropicales, con ataques destructivos en la floración, fructificación y postcosecha.

El patógeno afecta hojas, ramas, inflorescencias y frutos, ocasionando severos daños que demeritan la calidad externa e interna de los frutos en cosecha y poscosecha, lo que causa pérdida de valor comercial y menor rendimiento por unidad de superficie. La enfermedad inicia con manchas pequeñas y redondas, tornándose acuosas y de color oscuro cuando está en estado avanzado. Además de provocar daño superficial, la lesión también penetra en el fruto deteriorando la pulpa, provocando que los frutos se pudran totalmente y se desprendan de la planta con facilidad (Suzuki y col., 2010; Intra y col., 2011).

Comúnmente el control de la antracnosis se lleva a cabo mediante la aplicación de compuestos químicos como el proclorax, oxiclورو de cobre, captan, ortocida, carbendazina, clorotalonil y la combinación de sulfato cúprico y cal hidratada, cuya aplicación repetitiva ha generado resistencia por el patógeno (Huerta y col., 2009; Bobbarala y col., 2009).

Como una alternativa a esta

problemática, desde hace tiempo se sabe que las plantas producen compuestos antimicrobianos que pueden estar presentes en diferentes órganos, es decir, semillas, hojas, flores, etc., que se pueden usar para controlar enfermedades en productos hortofrutícolas. En este contexto, extractos de plantas de las familias botánicas Sapotaceae (*Achras sapota*, *Chrysophyllum cainito* y *Pouteria sapota*), Fabaceae (*Pachyrhizus erosus*), leguminosas (*Phytocellulose dulce*), solanáceas (*Cestrum nocturnum*) y Verbenaceae (*Lantana camara*) proporcionaron una serie de productos derivados (flavonoides, fenoles, terpenos, aceites esenciales, alcaloides, lectinas y polipéptidos), que han mostrado un efecto antimicrobiano en diversas enfermedades fúngicas de frutos como *C. gloeosporioides*, *Rhizopus* spp., *Aspergillus* spp. y *Mucor* spp. (Bautista-Baños y col., 2002; 2008, Barrera-Necha y col., 2003, 2004; Chukwuemeka y Anthonia, 2010). En los últimos años se han reportado alrededor de 40 especies de plantas diferentes para controlar *C. gloeosporioides* (Hernández-Albiter y col., 2005, 2007; Barrera y col., 2008; Bluma y col., 2008; Brand y col., 2010; Ávila-Sosa y col., 2011). Por tanto, el objetivo de este estudio fue el de evaluar extractos vegetales de plantas que crecen en el estado de Puebla como inhibidores del agente causal de la antracnosis.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Material biológico

Hojas de capulín (*Prunus serotina* subsp. *Capuli*), nogal (*Juglans regia*), pirul (*Schinus molle*), ruda (*Ruta chalepensis*) y marubio (*Marrubium vulgare*) fueron recolectadas en la población de Santa María Nenzintla, Puebla, México. La identificación taxonó-

mica se realizó en el Herbario y Jardín Botánico de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), las muestras fueron secadas a temperatura ambiente ( $20 \pm 5$  °C) y se molieron utilizando una licuadora (Osterizer blender 4655-13, México, D.F.), el polvo resultante se guardó en frascos de vidrio en un lugar seco a temperatura ambiente.

### Obtención de extractos

Los extractos oleosos se obtuvieron mediante extracción en Soxhlet. Se colocaron en la parte media del cuerpo extractor del sistema, cartuchos de papel filtro (Whatman no. 2) con aproximadamente 16 g de hojas molidas, se usó cloroformo como solvente (Aldrich Chemical Co. México, D.F.); y se realizó una extracción continua por 2 h; para separar el solvente del extracto se realizó una destilación simple en rotavapor (Yamato RE200, Santa Clara, CA. USA) a 65 °C (Ávila-Sosa y col., 2011). Para los extractos etanólicos, se colocaron en un frasco de vidrio estéril con tapa 5 g de hojas molidas y 25 mL de alcohol etílico absoluto (Aldrich Chemical Co. México, D.F.), el frasco se cerró, se agitó mecánicamente hasta humedecer completamente el polvo de hojas y se guardó en un lugar limpio y seco, permaneciendo en reposo 24 h, a temperatura ambiente ( $20 \pm 5$  °C); después la mezcla se filtró y se separó el solvente con un rotavapor (Yenjita y col., 2010).

### Aislamiento e identificación de

*Colletotrichum gloeosporioides* *C. gloeosporioides* fue aislado según lo reportado por Peraza y col. (2005) a partir de papayas (*Carica papaya* L.) con síntomas claros de antracnosis. Se limpió con hipoclorito de sodio (Aldrich Chemical Co. México,

D.F.) el contorno del área con las características de la infección, y se realizó un raspado con asa estéril, después se inoculó en Papa Dextrosa Agar (PDA) (Merk, México, D.F.) y se incubó a  $28 \pm 2$  °C por 12 días, hasta observar que la muestra presentara un desarrollo completo en las cajas. Las colonias con mayor coincidencia morfológica a la reportada en la bibliografía fueron seleccionadas para un microcultivo. Finalmente se realizó la observación microscópica (Zeiss Primo Star, Gottingen, Alemania) con azul de lactofenol (Merk, México, D.F.).

### Evaluación de la CMI y ensayo antifúngico

Para determinar la CMI se utilizaron placas de PDA a las que se agregaron diferentes concentraciones de los extractos oleosos y etanólicos (150, 300, 450, 600, 750, 900, 1200, 1500, 1800 y 2000 mg L<sup>-1</sup>). Se utilizaron testigos del crecimiento del hongo con PDA, PDA + cloroformo y PDA + etanol. Cada placa fue inoculada con un asa que contenía esporas del hongo en el centro de la misma y se incubaron a  $18 \pm 2$  °C en estufa de cultivo (BG E-41, México, D.F.) por 11 días, tiempo en el que se observó un crecimiento completo sobre la placa control de PDA. Se determinó la CMI con la ausencia de crecimiento del hongo (Voda y col., 2008).

Para el ensayo antifúngico se hizo crecer el hongo por 7 días en PDA, posteriormente se vertieron 10 mL de agua destilada y se raspó con asa estéril hasta recuperar una suspensión de esporas, las cuales se cuantificaron con un hemocitómetro (Sigma Bright-Line, Kansas City, KA USA) y microscopio (Zeiss Primo Star, Gottingen, Alemania) para determinar el número de esporas por mL. Se prepararon placas de PDA con los extractos usando concentraciones inferiores a las

mínimas inhibitorias determinadas y en el centro de las mismas se colocaron 20  $\mu\text{L}$  de una solución de esporas a una concentración aproximada de 107 esporas  $\text{mL}^{-1}$ , se incubaron a  $18 \pm 2$  °C por 11 días. El crecimiento radial se midió cada 24 h hasta que las placas control de PDA presentaron un crecimiento completo (Ortiz y col., 2006). Todos los ensayos se realizaron por cuadruplicado.

Análisis de datos y modelización: Debido a que las curvas de crecimiento en el ensayo antifúngico presentaron un comportamiento no lineal los datos fueron ajustados a la ecuación de Gompertz modificada:

$$\ln\left(\frac{D_t}{D_0}\right) = A \exp(-\exp(v_{\max} * e / A)(\lambda - t) + 1)$$

donde  $D_0$  es el diámetro en cm al tiempo cero,  $D_t$  es el diámetro de la colonia a un tiempo  $t$ ,  $A$  es el crecimiento máximo del hongo en la fase estacionaria (cm),  $\lambda$  es la fase lag del hongo (días),  $v_{\max}$  es la velocidad máxima de crecimiento ( $\text{cm d}^{-1}$ ), y  $e = \ln^{-1}(1)$  (Char

y col., 2007). Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95 %, para el análisis de medias se utilizó la prueba de Tukey con ayuda del programa Minitab 14 (Minitab Inc. Minneapolis MIN, USA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las CMI en las que se observó una inhibición visible sobre el crecimiento in vitro de *C. gloeosporioides*, fueron diferentes para los extractos oleosos y etanólicos de cada especie. Como se observa en la Tabla 1, se experimentó hasta una concentración máxima de 2000  $\text{mg L}^{-1}$ , en donde los extractos oleosos y etanólicos de marubio y el extracto oleoso de nogal no mostraron efecto inhibitorio. Los que presentaron la CMI más baja fueron los extractos etanólicos de ruda (150  $\text{mg L}^{-1}$ ) y pirul (300  $\text{mg L}^{-1}$ ), estas concentraciones son menores a las reportadas por Ávila-Sosa y col. (2011), quienes utilizaron extractos etanólicos de orégano mexicano, jarilla y pericón con una CMI de 400  $\text{mg}$

**Tabla 1.**

**Concentraciones mínimas inhibitorias (CMI) de los extractos etanólicos y oleosos de capulín (*Prunus serotina* subsp. *Capuli*), nogal (*Juglans regia*), pirul (*Schinus molle*), ruda (*Ruta chalepensis*) y marrubio (*Marrubium vulgare*) sobre la inhibición de *C. gloeosporioides*.**

Table 1. Minimum inhibitory concentrations (MIC) of ethanolic and chloroform extracts of capulín (*Prunus serotina* subsp. *Capuli*), nogal (*Juglans regia*), pirul (*Schinus molle*), ruda (*Ruta chalepensis*), and marrubio (*Marrubium vulgare*) on *C. gloeosporioides* inhibition.

PLANTA	CMI ( $\text{mg L}^{-1}$ )	
	EXTRACTOS ETANÓLICOS	EXTRACTOS OLEOSOS
Capulín	1800	750
Nogal	1800	(-)
Pirul	300	1200
Ruda	150	500
Marrubio	(-)	(-)

(-) No presentó CMI a concentración máxima de 2000  $\text{mg L}^{-1}$ .

$\text{L}^{-1}$ , evidenciando con esto que las especies de ruda y pirul presentaron un mayor efecto inhibitorio a una menor concentración.

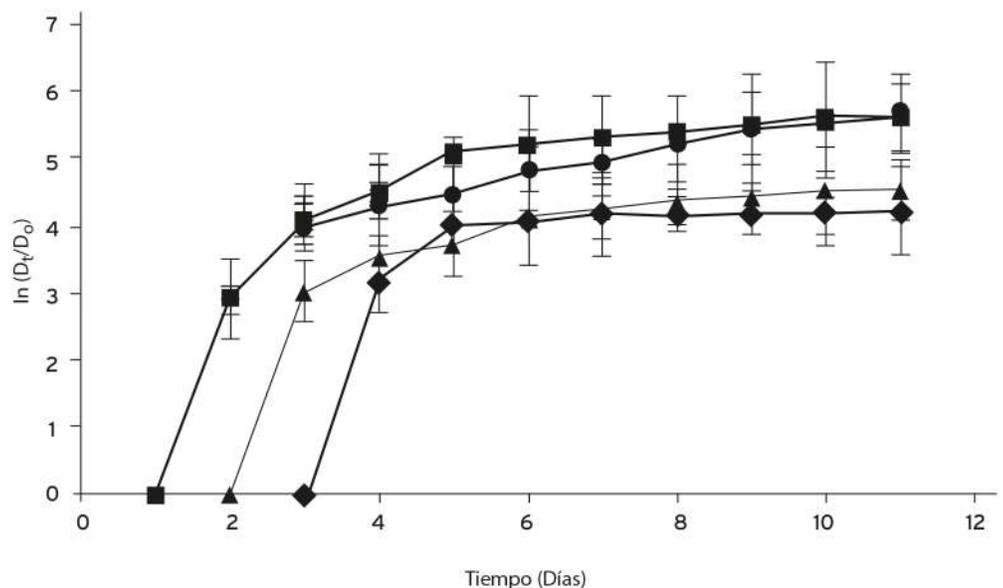
Ensayo antifúngico y modelización del crecimiento radial El crecimiento de *C. gloeosporioides* se vio afectado de manera diferente para los extractos oleosos

y etanólicos de cada especie. De acuerdo con la Figura 1, se observa que la fase de adaptación en el extracto oleoso de ruda es más alargada que en los testigos y en el extracto de capulín, las fases exponenciales para el control sin extracto y sin cloroformo son similares, lo que demuestra que el uso del cloroformo como sol-

**Figura 1.**

**Crecimiento de *C. gloeosporioides* (■) en presencia de cloroformo (●) y los extractos oleosos de ruda (◆ 500  $\text{mg L}^{-1}$ ) y capulín (▲ 750  $\text{mg L}^{-1}$ ) durante 11 días.**

Figure 1. Growth curves of *C. gloeosporioides* (■) with chloroform (●) and chloroform extracts of ruda (◆ 500  $\text{mg L}^{-1}$ ) and capulín (▲ 750  $\text{mg L}^{-1}$ ) for 11 days.



vente de extracción no afecta a *C. gloeosporioides*. La fase exponencial que presenta *C. gloeosporioides* en los extractos oleosos se ve afectada por la concentración de los extractos de capulín y ruda presentes en el medio de cultivo generando una disminución en el crecimiento radial. Con respecto a los extractos etanólicos se observa en las curvas de crecimiento (Figura 2) que la fase lag y la fase exponencial se ven modificadas en los extractos de pirul y ruda; se presenta un efecto fungistático por parte de los extractos, ya que retrasa la adaptación y el crecimiento normal de *C. gloeosporioides* al medio de cultivo; el extracto etanólico de ruda posee principios activos que provocan que el hongo necesite más tiempo de adaptación disminuyendo el crecimiento exponencial.

Al realizar la modelización matemática de las curvas de crecimiento radial (Tabla 2) con la ecuación de Gompertz, éstas mostraron un coeficiente de correlación promedio de  $0.9853 \pm$

0.034, lo que confirma un adecuado ajuste del modelo matemático. La obtención de las variables biológicas derivadas de esta ecuación sirven para describir el efecto del desarrollo de *C. gloeosporioides* (Figura 2) en ausencia y presencia de los extractos con actividad antifúngica, y confirman lo visto en las cinéticas de crecimiento. Existen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para los valores de crecimiento máximo (A) y velocidad máxima de crecimiento ( $v_{max}$ ) entre los extractos etanólicos de capulín, nogal, pirul y ruda, el extracto oleoso de ruda y los testigos, siendo los extractos de ruda los que presentan la mayor actividad antifúngica ( $150 \text{ mg L}^{-1}$ ). En general a concentraciones menores a las CMI de los extractos disminuye la velocidad de crecimiento de *C. gloeosporioides*, lo que sugiere que los principios activos actúan como compuestos tóxicos que afectan a las células y provocan su disminución en el crecimiento radial. No hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para los valor-

**Tabla 2.**

Valores de la ecuación de Gompertz  $\bar{Y}$  (media  $\pm$  desviación estándar) para los extractos etanólicos y oleosos de capulín (*Prunus serotina* subsp. *Capuli*), nogal (*Juglans regia*), pirul (*Schinus molle*) y ruda (*Ruta chalepensis*) sobre la inhibición de *C. gloeosporioides*.

Table 2. Gompertz  $\bar{Y}$  parameters (mean  $\pm$  standard deviation) for ethanolic and chloroform extracts of capulín (*Prunus serotina* subsp. *Capuli*), nogal (*Juglans regia*), pirul (*Schinus molle*) y ruda (*Ruta chalepensis*) on *C. gloeosporioides* inhibition.

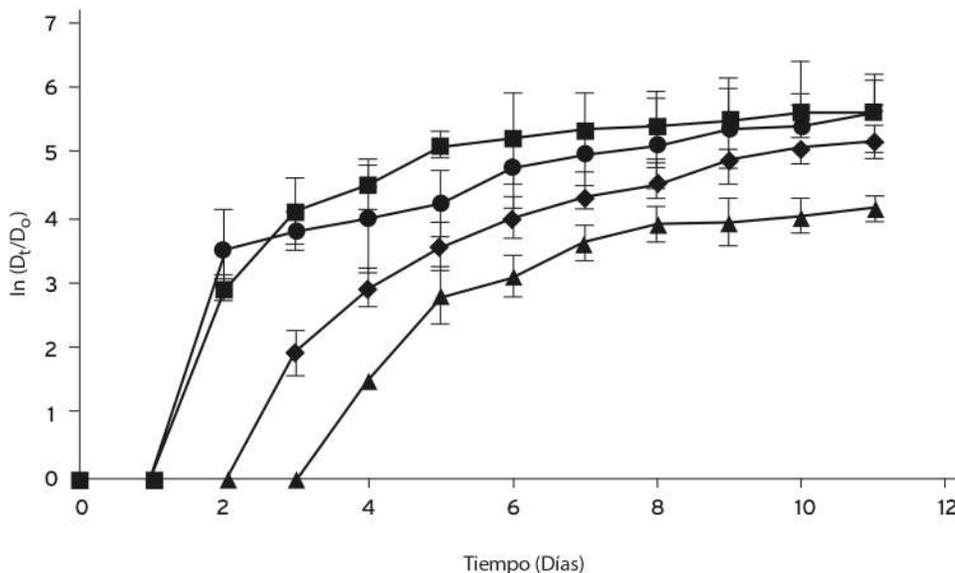
	A Crecimiento Máximo	$v_{max}$ (cm d <sup>-1</sup> ) Velocidad de Crecimiento	$\lambda$ (d) Fase lag
<b>EXTRACTOS OLEOSOS</b>			
Testigo	6.27 $\pm$ 0.56 <sup>a</sup>	0.59 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	2.42 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>
Testigo + Cloroformo	4.85 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	0.62 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	2.82 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>
Pirul 1200 mg L <sup>-1</sup>	5.27 $\pm$ 0.39 <sup>a</sup>	0.42 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	2.02 $\pm$ 0.29 <sup>a</sup>
Capulín 750 mg L <sup>-1</sup>	6.23 $\pm$ 0.83 <sup>a</sup>	0.43 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	2.78 $\pm$ 0.40 <sup>a</sup>
Ruda 500 mg L <sup>-1</sup>	3.11 $\pm$ 0.73 <sup>b</sup>	0.37 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	2.69 $\pm$ 0.32 <sup>a</sup>
<b>EXTRACTOS ETANÓLICOS</b>			
Testigo	6.27 $\pm$ 0.56 <sup>a</sup>	0.59 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	2.42 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>
Testigo + Etanol	7.25 $\pm$ 1.89 <sup>a</sup>	0.59 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	2.82 $\pm$ 0.79 <sup>a</sup>
Capulín 1800 mg L <sup>-1</sup>	5.20 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	0.68 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	2.30 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>
Nogal 1800 mg L <sup>-1</sup>	5.25 $\pm$ 0.21 <sup>b</sup>	0.48 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	2.67 $\pm$ 0.35 <sup>a</sup>
Pirul 300 mg L <sup>-1</sup>	5.58 $\pm$ 0.43 <sup>b</sup>	0.56 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	2.48 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>
Ruda 150 mg L <sup>-1</sup>	3.11 $\pm$ 0.39 <sup>c</sup>	0.32 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	2.73 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Medias con distinta letra en columnas para cada tipo de extracto son estadísticamente diferentes (Tukey  $P < 0.05$ ).

**Figura 2.**

Crecimiento de *C. gloeosporioides* (■) en presencia de etanol (●) y los extractos etanólicos de pirul (◆ 300 mg L<sup>-1</sup>) y ruda (▲ 150 mg L<sup>-1</sup>) durante 11 días.

Figure 2. Growth curves of *C. gloeosporioides* (■) with ethanol (●) and ethanolic extracts of pirul (◆ 300 mg L<sup>-1</sup>) and ruda (▲ 150 mg L<sup>-1</sup>) for 11 days.



es de fase lag ( $\lambda$ ) entre los extractos y los testigos.

Tanto López-Malo y col. (2005) como Helal y col. (2007) coinciden en afirmar que los antimicrobianos de origen natural provocan en mohos daños irreversibles en paredes, membranas y organelos celulares, polarizando el potencial de membrana y alterando la doble capa lipídica provocando un mayor flujo de electrones en la misma y alterando su homeostásis. Sangeetha y col. (2013) afirman que la mayoría de extractos derivados de plantas contienen una alta concentración de compuestos fenólicos que son capaces de reducir la velocidad de crecimiento del patógeno afectando a los sitios activos de las enzimas y el metabolismo celular. De Costa y Gunawardhana (2012) y Sellamuthua y col. (2013) reportan que los componentes de diversos extractos derivados de plantas mostraron una capacidad de aumentar la capacidad antioxidante y la capacidad de absorción de oxígeno en los tejidos vegetales, incluyendo en los sistemas enzimáticos y no enzimáticos. La influencia de estos componentes puede causar un gran impacto en la mejora de la resistencia de los tejidos de las plantas frente a patógenos y reducir el deterioro fisiológico (Tzortzakis, 2010; Maqboola y col., 2012; Shi y col., 2012).

Los resultados presentes muestran valores similares de inhibición de *C. gloeosporioides* utilizando diferentes extractos de plantas a los obtenidos por Ávila-Sosa y col. (2011), quienes encontraron efectos similares con extractos etanólicos y oleosos de pericón (*Tagetes lucida*), jarilla (*Baccharis salicifolia*) y orégano (*Lippia berlandieri* var. Scanner).

Bolívar y col. (2009) lograron inhibir *C. gloeosporioides* con extractos de rabo de alacrán (*Heliotropium indicum*) a concentraciones superiores a 2000 mg L<sup>-1</sup> sólo que utilizaron la técnica de papel impregnado, y Guerrero y col. (2007) reportaron la inhibición de *C. gloeosporioides* con extractos de la planta conocida como hojasén (*Flourensia cernua*) a 500 mg L<sup>-1</sup>, y demostraron un mayor efecto fungicida al usar una mezcla de metanol-cloroformo, encontrando un porcentaje de inhibición micelial a concentración de 4000 mg L<sup>-1</sup>. Baños y col. (2004) utilizaron concentraciones similares a las de este trabajo con extractos de ajo (*Allium sativum*), hierba santa (*Piper auritum*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) para inhibir *C. gloeosporioides*. Otros estudios como el de Hernández y col. (2007), encontraron reducciones significativas sobre el crecimiento micelial de *C. gloeosporioides* de extractos acuosos de ajo (*Allium sativum* L.), acuyo (*Piper auritum* HBK.), guayaba (*Psidium guajava* L.) y eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus* Labill.), evidenciando un efecto fungistático electivo que dependió de la especie de la planta y del patógeno.

#### CONCLUSIONES

Los extractos de ruda (*Ruta chalepensis*), pirul (*Schinus molle*) y capulín (*Prunus serotina* subsp. *Capuli*) presentan, en condiciones *in vitro*, la mayor inhibición del crecimiento radial sobre *C. gloeosporioides*. Todos los extractos con actividad antifúngica a concentraciones inferiores a la concentración mínima inhibitoria afectan tanto el crecimiento máximo como la velocidad de crecimiento radial. Este estudio contribuye al conocimiento de este tipo de plantas que crecen en el Estado de Puebla y que se

#### REFERENCIAS

- Ali, A., Muhammad, M. T. M., Sijam, K., and Siddiqui, Y. (2010). Potential of chitosan coating in delaying the postharvest anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) of Eksotika II papaya. *International Journal of Food Science and Technology*. 45(1): 2134-2140.
- Ávila-Sosa, R., Gastélum, G., García, M., Meneses, M. C., Navarro, A. R., and Dávila, R. M. (2011). Evaluation of different Mexican plant extracts to control anthracnose. *Food Bioprocess Technology*. 4(5): 655-659.
- Baños, P. E., Zavaleta, M. E., Colinas, M. T., Luna, I. y Gutiérrez, J. G. (2004). Control biológico de *Colletotrichum gloeosporioides* [(Penz.) Penz. y Sacc.] en papaya maradol roja (*Carica papaya* L.) y fisiología postcosecha de frutos infectados. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 22(2): 198-205.
- Barrera, L. L., Bautista, S., Flores, H.E., and Rojas, A. (2008). Efficacy of essential oil on the conidial germination, growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc. and control of postharvest diseases in papaya (*Carica papaya* L.). *Plant Pathology Journal*. 7(2): 174-178.
- Barrera-Necha, L. L., Bautista-Baños, S., Bravo-Luna, L., Bermúdez-Torres, K., Jiménez-Estrada, M., and Reyes-Chilpa, R. (2003). Antifungal activity against postharvest fungi by extracts and compounds of *Pithecellobium dulce* seeds (Huamuchil). *Acta Horticulturae*. 628(9): 761-766.
- Barrera-Necha, L. L., Bautista-Baños, S., Bravo-Luna, L., García-Suárez, F. J., Alavéz-Solano, D., and Reyes-Chilpa, R. (2004). Antifungal activity of seed powders, extracts and secondary metabolites of *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban (Fabaceae) against three postharvest fungi. *Mexican Journal Phytopathology*. 22(4): 356-361.
- Bautista-Baños, S., Barrera-Necha, L. L., Bravo-Luna, L., and Bermúdez-Torres, K. (2002). Antifungal activity of leaf and stem extracts from various plant species on the incidence of *Colletotrichum gloeosporioides* of papaya and mango fruit after storage. *Mexican Journal of Phytopathology*. 20(1): 8-12.
- Bautista-Baños, S., Barrera-Necha, L. L., Hernández-Lauzardo, A., Velázquez del Valle, M., Alia-Tejacal, I. y Guillén-Sánchez, D. (2008). Polvos, extractos y fracciones de hojas de *Cestrum nocturnum* L. y su actividad antifúngica en dos aislamientos de *Fusarium* spp. *Revista UDO Agrícola*. 8(1): 42-51.
- Bluma, R., Amaiden, M. R., and Etcheverry, M. (2008). Screening of Argentine plant extracts: Impact on growth parameters and aflatoxin B<sub>1</sub> accumulation by *Aspergillus* section *Flavi*. *International Journal of Food Microbiology*. 122(1): 114-125.
- Bobbarala, V., Katikala, P., Duggirala, V., and Penumajji, S. (2009). Control of phytopathogenic fungi *Colletotrichum graminicola* using medicinal plant methanolic extracts. *Drug Invention Today*. 1(1): 3-6.
- Bolívar, K., Sanabria, M. E.,

- Rodríguez, D., Camacaro, M., Ulacio, D., Cumana, L. J. y Crescente, O. (2009). Potencial efecto fungicida de extractos vegetales en el desarrollo in vitro del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. y de la antracnosis en frutos de mango. *Revista UDO Agrícola*. 9(2): 175-179.
- Brand, S. C., Blume, E., Brião, F., Mendes, P., Bergoli, M., and Magalhães, L. (2010). Garlic and rosemary extracts in the induction of phaseolin in beans and fungitoxicity on *Colletotrichum lindemuthianum*. *Ciência Rural*. 40(9): 1881-1887.
- Char, C. D., Guerrero, S. N., and Alzamora S. M. (2007). Growth of *Eurotium chevalieri* in milk jam: influence of pH, potassium sorbate and water activity. *Journal of Food Safety*. 27(1): 1-6.
- Chukwumeka, N. O. and Anthonia, A. B. (2010). Antifungal effects of pawpaw seed extracts and papain on postharvest *Carica papaya* L. fruit rot. *African Journal of Agricultural Research*. 5(12): 1531-1535.
- Corkidi, B., Rojas, A., Balderas, K. A., Sangabriel, J. C., Serrano, L. Y., and Galindo, E. (2010). Una nueva herramienta para la caracterización precisa y cuantitativa de la antracnosis del Mango, de utilidad para fitopatólogos, productores y exportadores. *Claridades Agropecuarias*. 18(198): 39-47.
- De-Costa, D. M. and Gunawardhana, H. M. D. M. (2012). Effects of sodium bicarbonate on pathogenicity of *Colletotrichum musae* and potential for controlling postharvest diseases of banana. *Postharvest Biology and Technology*. 68(1): 54-63.
- Guerrero, R. E., Solís, G. S., Hernández, C. F., Flores, A., Sandoval, V. y Jasso, D. (2007). Actividad biológica *in vitro* de extractos de *Flourensia cernua* D.C. en patógenos de postcosecha: *Alternaria alternata* (FR:FE.) Keissl., *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. y *Penicillium digitatum* (Pers.; Fr.) Sacc. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 25(1): 48-53.
- Helal, G. A., Sarhan, M. N., Abu Shala, A. N., and El-Khair, E. K. (2007). Effect of *Cymbopogon citratos* L. essential oil on the growth morphogenesis and aflatoxin production of *Aspergillus flavus* ML2-strains. *Journal of Basic Microbiology*. 47(1): 5-15.
- Hernández, L., Bautista, S. y Velázquez, G. M. (2007). Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 30(1): 119-123.
- Hernández-Albíter, R. C., Bravo-Luna, L., Bautista-Baños, S. y Barrera-Necha, L. L. (2005). Actividad antifúngica de extractos vegetales en hongos postcosecha. Estado actual del conocimiento. *Biótica*. 2(2): 115-155.
- Hernández-Albíter, R. C., Barrera-Necha, L. L., Bautista-Baños, S., and Bravo-Luna, L., (2007). Antifungal potential of crude plant extracts on conidial germination of two isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc. *Mexican Journal of Phytopathology*. 25(1): 86-89.
- Huerta, G., Holguín, F., Benítez, F. A. y Toledo, J. (2009). Epidemiología de la Antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc.] en Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo en el Soconusco, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 27(2): 93-105.
- Intra, B., Mungsuntisuk, I., Nihira, T., Igarashi, Y., and Panbangred, W. (2011). Identification of actinomycetes from plant rhizospheric soils with inhibitory activity against *Colletotrichum* spp., the causative agent of anthracnose disease. *BMC Research Notes*. 4(1): 98-107.
- López-Malo, A., Alzamora, S. M., and Palou, E. (2005). *Aspergillus flavus* growth in the presence of chemical preservatives and naturally occurring antimicrobial compounds. *International Journal of Food Microbiology*. 99(1): 119-128.
- Maqboola, M., Alia, A., Aldersona, P. G., Mohamedb, M. T. M., Siddiquic, Y., and Zahid, N. (2011). Postharvest application of gum arabic and essential oils for controlling anthracnose and quality of banana and papaya during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*. 62(1): 71-76.
- Nunes, C. A. (2012). Biological control of postharvest diseases of fruit. *European Journal of Plant Pathology*. 133(1): 181-196.
- Ortiz, Y., Spengler, I., Collado, I., and Hernández, R. (2006). The antifungal activity of wildddrol and its biotransformation by *Colletotrichum gloeosporioides* (penz.) Penz. & Sacc. and *Botrytis cinerea* Pers. Fr. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 54(20): 7517-7521.
- Sangeetha, G., Thangavelu, R., Usha Rani, S., and Muthukumar, A. (2013). Antimicrobial activity of medicinal plants and induction of defense related compounds in banana fruits cv. Robusta against crown rot pathogens. *Biological Control*. 64(1): 16-25.
- Sellamuthua, P. S., Sivakumara, D., Soundya, P., and Korstenb, L. (2013). Essential oil vapours suppress the development of anthracnose and enhance defence related and antioxidant enzyme activities in avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 81(1): 66-72.
- Shi, X., Li, B., Qin, G., and Tian, S. (2012). Mechanism of antifungal action of borate against *Colletotrichum gloeosporioides* related to mitochondrial degradation in spores. *Postharvest Biology and Technology*. 67(2): 138-143.
- Suzuki, T., Tanaka-Miwa, C., Ebihara, Y., Ito, Y., and Uematsu, S. (2010). Genetic polymorphism and virulence of *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from strawberry (*Fragaria X ananassa* Duchesne). *Journal of Genetic Plant Pathology*. 76(1): 247-253.
- Tzortzakis, N. G. (2010). Ethanol, vinegar and *Origanum vulgare* oil vapour suppress the development of anthracnose rot in tomato fruit. *International Journal of Food Microbiology*. 142(1): 14-18.
- Voda, K., Boh, B., Vrtačnik, M., and Pohleven, F. (2003). Effect of the antifungal activity of oxygenated aromatic essential oil compounds on the white-rot *Trametes versicolor* and the brown-rot *Coniophora puteana*. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 51(1): 51-59.
- Yenjitia, P., Issarakraisila, M., Intanaa, W., and Chantrapromma, K. (2010). Fungicidal activity of compounds extracted from the pericarp of *Areca catechu* against *Colletotrichum gloeosporioides* in vitro and in mango fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 55(1): 129-132.

# FORMICIDAE (HYMENOPTERA) DEL ESTADO DE TAMAULIPAS, MÉXICO

## FORMICIDAE (HYMENOPTERA) FROM THE STATE OF TAMAULIPAS, MEXICO

<sup>1</sup>Juana María Coronado-Blanco\*, <sup>2</sup>Dmitry A. Dubovikoff, <sup>1</sup>Enrique Ruíz-Cancino,  
<sup>3</sup>Miguel Vásquez-Bolaños, <sup>1</sup>Karíá Yolanda Flores-Maldonado y <sup>4</sup>Jorge Víctor Horta-Vega.

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Victoria "Adolfo López Mateos", Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C. P. 87149.

<sup>2</sup> Department of Entomology, Faculty of Biology and Soil Sciences, St. Petersburg State University, 7/9 Universitetskaya nab. San Petersburgo, Rusia. C. P. 199034.

<sup>3</sup> Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Centro de Estudios en Zoología, Universidad de Guadalajara, Carretera Guadalajara-Nogales Km. 15.5, Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México. C. P. 45100.

<sup>4</sup> Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Boulevard Emilio Portes Gil 1301, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. C. P. 87010.

\*Autora para correspondencia: jmcoronado@uat.edu.mx.

Fecha de recepción: 30 de noviembre de 2012.

Fecha de aceptación: 5 de febrero de 2013.

### RESUMEN

Las hormigas son insectos que participan en muchas de las cadenas alimenticias terrestres; algunas especies son plagas, otras son enemigos naturales de diversos artrópodos. El objetivo de este artículo es informar sobre los géneros y especies de hormigas presentes en el Museo de Insectos de la Facultad de Agronomía [hoy Facultad de Ingeniería y Ciencias (FIC)] de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (MIFA-UAT), así como de los registros para el Estado de Tamaulipas, México. Se determinó taxonómicamente el material de Formicidae del MIFA-UAT y se recopiló información de diversas colecciones y publicaciones en México. Se encontró que, en el Estado de Tamaulipas, los formicidos se han colectado desde hace más de dos décadas, y

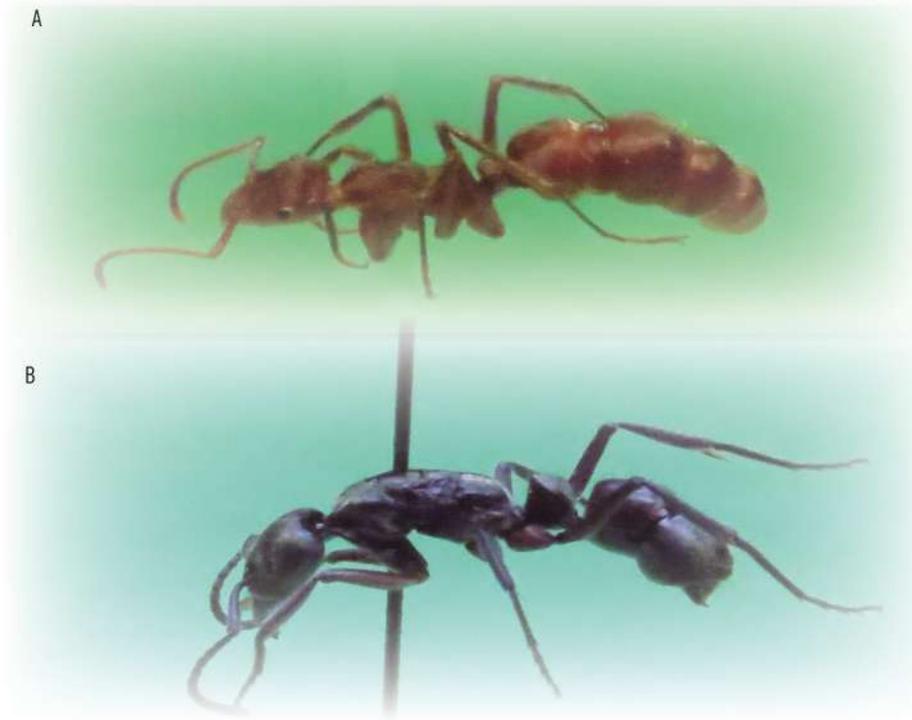
que esta familia se encuentra representada por nueve subfamilias, 53 géneros y 155 especies y en el MIFA-UAT por ocho subfamilias, 35 géneros y 60 especies. Los géneros con mayor diversidad son *Pheidole* (20 especies), *Pseudomyrmex* (12), *Neivamyrmex* (11), *Camponotus* (10) y *Crematogaster* (8). El MIFA-UAT posee casi el 70 % de los géneros de hormigas registradas en Tamaulipas.

**PALABRAS CLAVE:** hormigas, biodiversidad, himenópteros.

### ABSTRACT

Ants are insects participating in many of the terrestrial food chains; some species are pests, others are natural enemies of diverse arthropods. The objective of this article is to

inform about the genera and species of ants that occurs in the Insects Museum of the Facultad de Agronomía [today Facultad de Ingeniería y Ciencias (FIC)] of the Universidad Autónoma de Tamaulipas (MIFA-UAT) and the records to the State of Tamaulipas, Mexico. Material of Formicidae in MIFA was determined taxonomically and it was compiled information about Formicidae in different collections and publications in Mexico, it was found than in the State of Tamaulipas, ants have been collected for more than two decades and than this family is represented by nine subfamilies, 53 genera and 155 species, and in MIFA-UAT by eighth subfamilies, 35 genera and 60 species. Genera with more diversity are *Pheidole* (20 species), *Pseudomyrmex* (12), *Neivamyrmex* (11), *Camponotus* (10) and

**Figura 1.****Especie: A) *Ectatomma tuberculatum* y B) *Pachycondyla villosa*.****Figure 1. Species: A) *Ectatomma tuberculatum* and B) *Pachycondyla villosa*.**

*Crematogaster* (8). MIFA-UAT contains almost 70% of genera recorded in Tamaulipas.

**KEYWORDS:** ants, biodiversity, hymenoptera.

**INTRODUCCIÓN**

Vásquez (2011) enlista un total de 884 especies de hormigas registradas para México, pertenecientes a 86 géneros, 33 tribus y once subfamilias, mientras que para el Estado de Tamaulipas cita 40 géneros y 105 especies; en su revisión no incluye los datos de Ruíz y Coronado (2002), entre otros. Los Estados con mayor número de géneros registrados son: Veracruz (68), Chiapas (47), Tabasco (43), Tamaulipas (40), Yucatán y Nuevo León (39 c/u), estando mejor representada la región sureste del país. Sin embargo, los estados con mayor número de especies registradas son Veracruz (279), Hidalgo (218), Chiapas (148), Baja California (146) y Tabasco (144). En una publicación más reciente, Vásquez (2012) indica que en México se conocen 914 especies de hormigas, pero no incluye el listado de las otras 30 especies no citadas en Vásquez (2011).

En el Estado de Tamaulipas se han publica-

do algunos trabajos por investigadores de Texas Tech University (Jusino y Phillips, 1992; Phillips y col., 2005), quienes estuvieron en varias expediciones en la Reserva de la Biosfera El Cielo, organizadas por investigadores del Instituto de Ecología Aplicada y de la FIC-UAT en 1994 y 1995. Desde esa época, se han estudiado las hormigas tamaulipecas (Flores y col., 1999).

Ruíz y Coronado (2002) elaboraron un listado de los artrópodos terrestres registrados para los Estados de Tamaulipas y Nuevo León, entre ellos la familia Formicidae, con 183 especies para ambos estados. En 2005, Vásquez realizó una expedición a localidades de Tamaulipas y de San Luis Potosí, publicando recientemente un listado de las especies de hormigas del noreste de México (Alatorre y Vásquez, 2010). Coronado y col. (2012) registraron el listado de especies de Formicidae en el MIFA de la FIC-UAT.

En el Instituto Tecnológico de Cd. Victoria se han efectuado algunos estudios sobre las hormigas de la localidad (Rosas y col., 2008) y sobre la respuesta de algunas especies como *Pheidole dentigula* Smith (Horta y col., 2010a), *Solenopsis geminata*, *Tapinoma* sp., *Tapinoma melanocephalum*, *Pheidole* sp. y *Pheidole* gpo. *punctatissima*

(Horta y col., 2010b) al reclutamiento de carbohidratos. Investigadores de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) de Coahuila, también realizaron estudios de especies de hormigas tamaulipecas, principalmente en las localidades de Llera, Matamoros y Nuevo Laredo (Sánchez y col., 2005; Quezada y col., 2009; Sánchez y col., 2009; Sánchez, 2010; Quezada y col., 2011).

Recientemente, como resultado de una estancia de Dubovikoff en la UAT, se publicó un capítulo de libro entre especialistas de Tamaulipas y de Rusia (Coronado y col., 2012).

Debido a la necesidad de conocer la información de la familia Formicidae generada hasta el momento en el Estado de Tamaulipas, el objetivo del presente trabajo es dar a conocer los géneros y especies de hormigas reportadas en dicha entidad federativa e informar sobre las que se encuentran presentes en el MIFA-UAT.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

Para obtener la lista actualizada de los Formicidae de Tamaulipas, se realizó una compilación de las publicaciones que incluyen al menos una especie de esta familia (Jusino y Phillips, 1992; Flores y col., 1999; Ruíz y Coronado, 2002; Flores y González, 2005; Phillips y col., 2005; Sánchez y col., 2005; Eguía y col., 2008; Rosas y col., 2008; Quezada y col., 2009; Sánchez y col., 2009; Alatorre y Vásquez, 2010; Horta y col., 2010a; Horta y col., 2010b; Sánchez, 2010; Quezada y col., 2011; Vásquez, 2011; Coronado y col., 2012; Flores, 2012; y la base de datos de AntWeb, 2012).

De las citas anteriores se elaboró la Tabla 1 usando los nombres válidos de las especies y eliminando las sinonimias. El orden de las subfamilias obedece a un arreglo taxonómico, de manera general se sigue el criterio de clasificación taxonómica propuesto por Bolton y col. (2006) y del Bolton's Catalogue and Synopsis (2012). El orden de las fuentes de información es cronológico.

**Tabla 1.****Especies de Formicidae (Hymenoptera) registradas para el estado de Tamaulipas (según varios autores – ver final de la Tabla).**

Table 1. Species of Formicidae (Hymenoptera) recorded for the State of Tamaulipas (according to several authors – see the end of this Table).

NO.	SUBFAMILIA, TRIBU Y ESPECIE	FUENTE*	MIFA-UAT (2013)	NO.	SUBFAMILIA, TRIBU Y ESPECIE	FUENTE*	MIFA-UAT (2013)
<b>I</b>	<b>SUBFAMILIA: DOLICHODERINAE Forel, 1878</b>			<b>39</b>	<i>Pseudomyrmex gracillis</i> (Fabricius, 1804)	R, V, C	+
	<b>TRIBU: Leptomyrmecini Emery, 1913</b>			<b>40</b>	<i>Pseudomyrmex oculatus</i> (Smith, 1855)	R, V	+
	<i>Azteca</i> Forel, 1878 °	R	+	<b>41</b>	<i>Pseudomyrmex pallidus</i> (Smith, 1855)	R, V, C	+
<b>1</b>	<i>Dorymyrmex bicolor</i> Wheeler, 1906	R, V, C	+	<b>42</b>	<i>Pseudomyrmex seminole</i> Ward, 1985	R, V, C	+
<b>2</b>	<i>Dorymyrmex bureni</i> (Trager, 1988)	V	+	<b>43</b>	<i>Pseudomyrmex simplex</i> (Smith, 1877)	R, V, C	+
<b>3</b>	<i>Dorymyrmex flavopectus</i> Smith, 1944	V		<b>IV</b>	<b>SUBFAMILIA: CERAPACHYINAE Forel, 1893</b>		
<b>4</b>	<i>Dorymyrmex flavus</i> McCook, 1880	R, V	+		<b>TRIBU: Acanthostichini Emery, 1901</b>		
<b>5</b>	<i>Dorymyrmex insanus</i> (Buckley, 1866)	F		<b>44</b>	<i>Acanthostichus texanus</i> Forel, 1904	R	+
<b>6</b>	<i>Dorymyrmex lipan</i> Snelling, 1995	V			<b>TRIBU: Cerapachyini Forel, 1893</b>		
<b>7</b>	<i>Forelius damiani</i> (Guerrero y Fernández, 2008)	**MIFA-UAT	+	<b>45</b>	<i>Cerapachys augustae</i> Wheeler, 1902	R, V	
<b>8</b>	<i>Forelius kieferi</i> Wheeler, 1934	V		<b>V</b>	<b>SUBFAMILIA: ECITONINAE Forel, 1893</b>		
<b>9</b>	<i>Forelius mccooci</i> (McCook, 1880)	R, C	+		<b>TRIBU: Ecitonini Forel, 1893</b>		
<b>10</b>	<i>Forelius pruinosus</i> (Roger, 1863)	R, V, C	+	<b>46</b>	<i>Eciton burchellii</i> (Westwood, 1842)	R, V, C	+
	<i>Linepithema</i> Mayr, 1866 °	R		<b>47</b>	<i>Eciton mexicanum</i> Roger, 1863	R, V	
	<b>TRIBU: Tapinomini Emery, 1913</b>			<b>48</b>	<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	R, V	
<b>11</b>	<i>Liometopum apiculatum</i> Mayr, 1870	R, V, C, F	+	<b>49</b>	<i>Labidus praedator</i> (Smith, 1858)	R, V	+
<b>12</b>	<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)	H2, F	+	<b>50</b>	<i>Neivamyrmex crassiscapus</i> Watkins, 1990	R, V	
<b>II</b>	<b>SUBFAMILIA: FORMICINAE Latreille, 1809</b>			<b>51</b>	<i>Neivamyrmex diabolus</i> (Forel, 1912)	R	
	<b>TRIBU: Camponotini Forel, 1878</b>			<b>52</b>	<i>Neivamyrmex harrisii</i> (Haldeman, 1852)	R, V	+
<b>13</b>	<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, 1858)	R, V	+	<b>53</b>	<i>Neivamyrmex leonardi</i> (Wheeler, 1915)	R, V, A	
<b>14</b>	<i>Camponotus decipiens</i> Emery, 1893	V		<b>54</b>	<i>Neivamyrmex melshaemeri</i> (Haldeman, 1852)	R, V, A	
<b>15</b>	<i>Camponotus discolor</i> (Buckley, 1866)	R		<b>55</b>	<i>Neivamyrmex minor</i> (Cresson, 1872)	R	
<b>16</b>	<i>Camponotus etiolatus</i> Wheeler, 1904	R, V		<b>56</b>	<i>Neivamyrmex nigrescens</i> (Cresson, 1872)	R, V	
<b>17</b>	<i>Camponotus festinatus</i> (Buckley, 1866)	R	+	<b>57</b>	<i>Neivamyrmex opacithorax</i> (Emery, 1894)	R, V	+
<b>18</b>	<i>Camponotus laevigatus</i> (Smith, 1858)	☼ Museo ITCV (NR)		<b>58</b>	<i>Neivamyrmex pauxillus</i> (Wheeler, 1903)	R	
<b>19</b>	<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870	V	+	<b>59</b>	<i>Neivamyrmex pilosus</i> (Smith, 1858)	R, V	
<b>20</b>	<i>Camponotus pellarius</i> Wheeler, 1914	V		<b>60</b>	<i>Neivamyrmex swainsonii</i> (Shuckard, 1840)	R, V	
<b>21</b>	<i>Camponotus planatus</i> Roger, 1863	R, C	+	<b>61</b>	<i>Nomamyrmex esenbeckii</i> (Westwood, 1842)	R, V	
<b>22</b>	<i>Camponotus sericeiventris</i> (Guérin-Méneville, 1838)	V, F	+	<b>VI</b>	<b>SUBFAMILIA: ECTATOMMINAE Emery, 1895</b>		
	<b>TRIBU: Formicini Latreille, 1809</b>				<b>TRIBU: Ectatommini Emery, 1895</b>		
	<i>Formica</i> Linnaeus, 1758 °	R, C, F	+	<b>62</b>	<i>Ectatomma ruidum</i> (Roger, 1860)	R, V	+
	<b>TRIBU: Lasiini Ashmead, 1905</b>			<b>63</b>	<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792), (Figura 1a)	R, V, C	+
<b>23</b>	<i>Myrmecocystus mexicanus</i> Wesmael, 1838	F (NR)		<b>VII</b>	<b>SUBFAMILIA: PONERINAE Lepeletier, 1835</b>		
<b>24</b>	<i>Myrmecocystus placodops</i> Forel, 1908	R, V	+		<b>TRIBU: Ponerini Lepeletier, 1835</b>		
	<b>TRIBU: Plagiotelepini Forel, 1886</b>			<b>64</b>	<i>Hypoponera opaciceps</i> (Mayr, 1887)	R, V	
<b>25</b>	<i>Brachymyrmex depilis</i> Emery, 1893	☼ Museo ITCV (NR)		<b>65</b>	<i>Hypoponera opacior</i> (Forel, 1893)	R, V	+
<b>26</b>	<i>Nylanderia arenivaga</i> (Wheeler, 1905)	R		<b>66</b>	<i>Hypoponera punctatissima</i> Roger	R	+
<b>27</b>	<i>Nylanderia bourbonica</i> (Forel, 1886)	R		<b>67</b>	<i>Leptogenys elongata</i> (Buckley, 1866)	R, A, C	+
<b>28</b>	<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	V		<b>68</b>	<i>Odontomachus brunneus</i> (Patton, 1894)	☼ Museo ITCV (NR)	
<b>29</b>	<i>Nylanderia terricola</i> (Buckley, 1866)	R, V		<b>69</b>	<i>Odontomachus clarus</i> Roger, 1861	R, V, C	+
<b>30</b>	<i>Nylanderia vividula</i> (Nylander, 1846)	R		<b>70</b>	<i>Odontomachus laticeps</i> Roger, 1861	R, V, A	
<b>31</b>	<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)	R, C	+	<b>71</b>	<i>Pachycondyla apicalis</i> (Smith, 1857)	A	
<b>III</b>	<b>SUBFAMILIA: PSEUDOMYRMECINAE Smith, 1952</b>			<b>72</b>	<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	R, V, C	+
	<b>TRIBU: Pseudomyrmecini Smith, 1952</b>			<b>73</b>	<i>Pachycondyla villosa</i> (Fabricius, 1804), (Figura 1b)	R, V, C	+
<b>32</b>	<i>Pseudomyrmex apache</i> Creighton, 1953	R		<b>74</b>	<i>Ponera pennsylvanica</i> Buckley, 1866	A	
<b>33</b>	<i>Pseudomyrmex brunneus</i> (Smith, 1877)	R			<b>TRIBU: Platythererini Emery, 1901</b>		
<b>34</b>	<i>Pseudomyrmex caeciliae</i> (Forel, 1913)	R, V			<i>Platythyrea</i> Roger, 1863 °	R	+
<b>35</b>	<i>Pseudomyrmex ejectus</i> (Smith, 1858)	R, V, C	+	<b>75</b>	<i>Platythyrea punctata</i> (Smith, 1858)	R	
<b>36</b>	<i>Pseudomyrmex elongatulus</i> (Dalla Torre, 1892)	C (NR)	+	<b>VIII</b>	<b>SUBFAMILIA: PROCERATIINAE Emery, 1895</b>		
<b>37</b>	<i>Pseudomyrmex elongatus</i> (Mayr, 1870)	R, V, C	+		<b>TRIBU: Proceratiini Emery, 1895</b>		
<b>38</b>	<i>Pseudomyrmex ferrugineus</i> (Smith, 1877)	R, V, C	+				

NO.	SUBFAMILIA, TRIBU Y ESPECIE	FUENTE*	MIFA-UAT (2013)	NO.	SUBFAMILIA, TRIBU Y ESPECIE	FUENTE*	MIFA-UAT (2013)
76	<i>Proceratium mancum</i> Mann, 1902	A		119	<i>Pogonomyrmex rugosus</i> Emery, 1895	R, V	
77	<i>Proceratium mexicanum</i> de Andrade, 2003	V		120	<i>Pogonomyrmex tenuispinus</i> Forel, 1914	R, V	
78	<i>Proceratium micrommatum</i> (Roger, 1863)	R, V		<b>TRIBU: Pheidolini Emery, 1877</b>			
79	<i>Proceratium pergandei</i> (Emery, 1895)	R		121	<i>Aphaenogaster texana</i> Wheeler, 1915	R, V	
<b>IX SUBFAMILIA: MYRMICINAE Lepeletier, 1835</b>				122	<i>Pheidole absurda</i> Forel, 1886	R	
<b>TRIBU: Adelomyrmecini Fernández, 2004</b>				123	<i>Pheidole arctos</i> Wilson, 2003	V, A	
80	<i>Adelomyrmex myops</i> (Wheeler, 1910)	V, A		124	<i>Pheidole bilimeki</i> Mayr, 1870	V	+
<b>TRIBU: Attini Smith, 1858</b>				125	<i>Pheidole cielana</i> Wilson, 2003	V, A	
81	<i>Apterostigma pilosum</i> Mayr, 1865	R, V		126	<i>Pheidole constipata</i> Wheeler, 1908	R	
82	<i>Atta cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)	R		127	<i>Pheidole crassicornis</i> Emery, 1895	R, V	
83	<i>Atta mexicana</i> (Smith, 1858), (Figura 2)	R, V, C	+	128	<i>Pheidole dentata</i> Mayr, 1886	R, V	
84	<i>Atta texana</i> (Buckley, 1860)	R, V		129	<i>Pheidole dentigula</i> Smith, 1927	HI, V	
85	<i>Cyphomyrmex flavidus</i> Pergande, 1896	R, V		130	<i>Pheidole desertorum</i> Wheeler, 1906	R	
86	<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1853)	R, S3, V	+	131	<i>Pheidole floridana</i> Emery, 1895	R	
87	<i>Chyphomyrmex wheeleri</i> Forel, 1900	R		132	<i>Pheidole hyatti</i> Emery, 1896	☼Museo ITCV	
88	<i>Mycetosoritis hartmanni</i> (Wheeler, 1907)	R, S3, V		133	<i>Pheidole metallescens</i> Emery, 1895	R	
89	<i>Mycocarpus smithi</i> (Forel, 1893)	R, V	+	134	<i>Pheidole mooreorum</i> Wilson, 2003	V	
90	<i>Trachymyrmex arizonensis</i> (Wheeler, 1907)	A		135	<i>Pheidole nubicola</i> Wilson, 2003	V, A	
91	<i>Trachymyrmex turrifex</i> (Wheeler, 1903)	R, S3, V, A	+	136	<i>Pheidole nuculiceps</i> Wheeler, 1908	V	
<b>TRIBU: Blepharidattini Wheeler &amp; Wheeler, 1991</b>				137	<i>Pheidole piceonigra</i> Emery, 1922	A	
92	<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	R, V	+	138	<i>Pheidole pilifera</i> (Roger, 1863)	V	
<b>TRIBU: Cephalotini Smith, 1949</b>				139	<i>Pheidole punctatissima</i> Mayr, 1870	V	+
93	<i>Cephalotes minutus</i> (Fabricius, 1804)	V, C	+	140	<i>Pheidole soritis</i> Wheeler, 1908	V	
94	<i>Cephalotes texanus</i> (Santschi, 1915)	R	+	141	<i>Pheidole tepicana</i> Pergande, 1896	R, V	
95	<i>Procryptocerus scabriusculus</i> Forel, 1899	V, C	+	<b>TRIBU: Solenopsidini Forel, 1893</b>			
<b>TRIBU: Crematogastrini Forel, 1893</b>					<i>Carebara</i> Westwood, 1840 °	A	
96	<i>Crematogaster cerasi</i> (Fitch, 1855)	V	+	142	<i>Monomorium cyaneum</i> Wheeler, 1914	R, V, C	+
97	<i>Crematogaster crinosa</i> Mayr, 1862	V		143	<i>Monomorium ebeninum</i> Forel, 1891	R, V	
98	<i>Crematogaster laeviuscula</i> Mayr, 1870	R	+	144	<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)	☼Museo ITCV (NR)	+
99	<i>Crematogaster lineolata</i> (Say, 1836)	V		145	<i>Monomorium marjoriae</i> (DuBois, 1986)	R, V	
100	<i>Crematogaster minutissima</i> Mayr, 1870	R, V		146	<i>Monomorium minimum</i> (Buckley, 1867)	V	+
101	<i>Crematogaster patei</i> Buren, 1968	R, V		147	<i>Solenopsis azteca</i> Forel, 1893	☼Museo ITCV (NR)	
102	<i>Crematogaster rifeina</i> Buren, 1968	R, V		148	<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)	R, S2, H2, V, C, F	+
103	<i>Crematogaster torosa</i> Mayr, 1870	R, V (☼Museo ITCV: NR - error)	+	149	<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972	R, S1, S2, Q, V	
<b>TRIBU: Dacetini Forel, 1892</b>				150	<i>Solenopsis molesta</i> (Say, 1836)	R, V	
104	<i>Strumigenys brevicornis</i> Mann, 1922	R, V		151	<i>Solenopsis texana</i> Emery, 1895	V	+
105	<i>Strumigenys louisianae</i> Roger, 1863	☼Museo ITCV (NR)		152	<i>Solenopsis xyloni</i> McCook, 1880	R	
106	<i>Strumigenys ludia</i> Mann, 1922	R, V		<b>TRIBU: Stenammini Ashmead, 1905</b>			
107	<i>Strumigenys subdentata</i> Mayr, 1877	V		153	<i>Rogeria creightoni</i> Snelling, 1973	R, V	+
<b>TRIBU: Formicoxenini Forel, 1893</b>				154	<i>Stenammina huachucanum</i> Smith, 1957	A	
108	<i>Cardiocondyla emeryi</i> Forel, 1881	R	+	<b>TRIBU: Tetramoriini Emery, 1895</b>			
109	<i>Cardiocondyla nuda</i> (Mayr, 1866)	R		155	<i>Tetramorium spinosum</i> (Pergande, 1896)	V	
110	<i>Cardiocondyla wroughtonii</i> (Forel, 1890)	V		* La presente tabla fue elaborada por la primera autora, considerando las siguientes fuentes de información: R = Ruiz y Coronado (2002); S1 = Sánchez y col. (2005); S2 = Sánchez y col. (2009); HI = Horta y col. (2010a); H2 = Horta y col. (2010b); S3 = Sánchez (2010); Q = Quezada y col., 2011; V = Vásquez (2011); C = Coronado y col. (2012); F = Flores (2012); A = AntWeb (2012). **Determinada por Dubovikoff, publicado en revista local en Rusia [MIFA = Museo de Insectos de la Facultad de Agronomía (hoy Facultad de Ingeniería y Ciencias); UAT = Universidad Autónoma de Tamaulipas].			
111	<i>Nesomyrmex wilda</i> (Smith, 1943)	R		☼Material en Museo del ITCV (publicado localmente, en coautoría y asesoría de Karla Flores, Jorge Horta y Miguel Vásquez, coautores de esta investigación).			
112	<i>Temnothorax pergandei</i> (Emery, 1895)	R		NR = Nuevo Registro, el autor lo cita así en su publicación. NR- Error = Los autores que citan las especies están ordenados cronológicamente, existe error en el registro cuando la especie ya había sido reportada anteriormente por otro autor. + = Presente en MIFA. ° Solo se ha reportado la existencia del género en Tamaulipas. Nota: Cuando el nombre ha cambiado en el tiempo, el nombre del descriptor va entre paréntesis.			
113	<i>Temnothorax subditivus</i> (Wheeler, 1903)	R, V (☼Museo ITCV: NR - error)	+				
114	<i>Temnothorax texanus</i> (Wheeler, 1903)	R, V					
115	<i>Xenomyrmex floridanus</i> Emery, 1896	R, V					
<b>TRIBU: Myrmeciniini Ashmead, 1905</b>							
116	<i>Myrmecina harrisoni</i> Brown, 1967	R, V					
<b>TRIBU: Myrmicini Lepeletier, 1835</b>							
117	<i>Pogonomyrmex barbatus</i> (Smith, 1858)	R, V	+				
118	<i>Pogonomyrmex desertorum</i> Wheeler, 1902	R, V, C	+				

**Figura 2.***Especie Atta mexicana.*Figure 2. *Atta mexicana* species.

Empleando las claves taxonómicas que se utilizan para Formicidae, se identificaron las diferentes especies de esta familia que se encuentran depositadas en el Museo de Insectos de la Facultad de Agronomía [hoy Facultad de Ingeniería y Ciencias (FIC)] de la UAT. En el Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, en la colección particular de uno de los coautores (Flores, Cd. Victoria, Tamaulipas), en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - CUCBA (Vásquez, Zapopan, Jalisco), así como en la UAAAN, se encuentran depositadas las otras especies.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El listado de hormigas más completo para México es el de Vásquez (2011) quien incluyó 105 especies en 40 géneros para el Estado de Tamaulipas; en su revisión no incluye los datos de Ruíz y Coronado (2002), ni de Sánchez y col. (2005), Sánchez y col. (2009), Horta y col. (2010a), Horta y col. (2010b), Sánchez (2010), Quezada y col. (2011), y se añaden los registros más recientes de Coronado y col. (2012), Flores (2012) y las indicadas en la página de AntWeb (2012). En la actualidad, con el total de registros de las publicaciones de los autores anteriormente mencionados, se conocen 155 especies de nueve subfamilias y 53 géneros de hormigas del Estado de Tamaulipas. En la Tabla 1 se enlistan las especies de hormigas tamaulipecas en una versión más actualizada.

Coronado y col. (2012) indican que en la "Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México" publicada por Vásquez (2011) se incluye a las del Estado de Tamaulipas en 33 publicaciones [Creighton, 1930; Smith, 1963; Brown, 1967; Buren, 1968; Cole, 1968; Kempf, 1972; Snelling, 1976; Baroni, 1978; Smith, 1979; Ward, 1985; Watkins, 1982; DuBois, 1986; Jusino & Phillips, 1992; de Andrade & Baroni, 1999; Flores y col., 1999; Flores, 2000; Longino & Snelling, 2002; MacCay & MacKay, 2002; Baroni y de Andrade, 2003; Fernández, 2003; Longino, 2003; MacKay, 2003; Wilson, 2003; Flores y González, 2005; Phillips y col., 2005; Pacheco, 2007; Vásquez, 2007; Eguía y col., 2008; Rosas y col., 2008; Longino, 2009; Longino y Cox, 2009; Quezada y col., 2009 y Alatorre y Vásquez, 2010] - todas citadas en Coronado y col. (2012). Debido a ello, dichas fuentes de información no son incluidas en la Tabla 1 porque ya son incluidas en la revisión de Vásquez (2011).

El MIFA de la FIC-UAT, cuenta con una colección de especies de Formicidae pertenecientes a siete subfamilias, 23 géneros y 28 especies identificadas (Coronado y col., 2012). Actualmente el MIFA contiene 2,600 especímenes pertenecientes a ocho subfamilias, 35 géneros y 60 especies determinadas y sólo en tres géneros no se han identificado las especies. Ahora se está reportando para el MIFA a la subfamilia Cerapachyinae con el género *Acanthostichus*. De

las nueve subfamilias reportadas para el Estado de Tamaulipas, no se cuenta únicamente con especímenes de la subfamilia Proceratinae, por lo que es necesaria la colecta de más material en diferentes tipos de vegetación (Figura 3) y municipios del Estado, así como la colaboración con especialistas de la familia, la cual ya ha iniciado con miembros del Cuerpo Académico Consolidado de Entomología Aplicada de la FIC-UAT, siendo una de sus líneas de investigación la Taxonomía de Hymenoptera, orden cuyos miembros (avispas, abejas y hormigas) son de gran importancia en el control biológico de las plagas (Hanson, 2006), así como de la polinización de las flores (Griswold y col., 2006).

**CONCLUSIONES**

Se conocen 155 especies y 53 géneros de nueve subfamilias de hormigas del Estado de Tamaulipas. El Museo de Insectos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (MIFA-UAT) posee casi el 70 % de las hormigas registradas en el Estado y casi el 40 % de las especies.ii

**AGRADECIMIENTOS**

A los revisores del presente artículo por sus valiosos comentarios. Al proyecto PROMEP "Taxonomía y ecología de fauna y microbiota en comunidades forestales y cultivos" de la Red de Cuerpos Académicos y a la UAT, por su apoyo.

**Figura 3.***Espina de Mimosaceae donde viven hormigas.*

Figure 3. Spine of Mimosaceae where ants live.

**REFERENCIAS**

- AntWeb. (2012). Bolton world catalogs ants. [En línea]. Disponible en: <http://www.antweb.org/world.jsp>. Fecha de consulta: 10 de marzo de 2012.
- Alatorre, C. E. y Vásquez, M. (2010). Lista comentada de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del norte de México. *Dugesiana*. 17(1): 9-36.
- Bolton's catalogue and synopsis. (2012). [En línea]. Disponible en: <http://gap.entclub.org/>. Fecha de consulta: 1 de enero de 2012.
- Bolton, B., Alpert G., Ward, P. S. and Naskrecki, P. (2006). *Bolton's catalogue of ants of the world: 1758-2005*. Massachusetts: Harvard University Press, Cambridge. CDroom.
- Coronado, J. M., Dubovikoff, D. A., Ruíz, E. y Vásquez, M. (2012). Formicidae (Hymenoptera) en el Museo de insectos (MIFA) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. En Ruíz, E. y Coronado, J. M. (Coords.). *Recursos Naturales*. Libro electrónico. Cd. Victoria, Tamaulipas, México: Fomento Editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. 280 Pp.
- Eguía, B. L., Rosas, M. y Flores, K. Y. (2008). Respuesta de reclutamiento a tres azúcares en la hormiga *Pheidole dentigula*, *Entomología Mexicana*. (7): 127-131.
- Flores, K. Y. (2012). *Hormigas de la zona semiárida de Bustamante, Tamaulipas, México*. En Ruíz, E. y Coronado, J. M. (Coords.). *Recursos Naturales*. Libro electrónico. Cd. Victoria, Tamaulipas, México: Fomento Editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. 280 Pp.
- Flores, K. Y. y González, H. (2005). *La mirmecofauna en árboles de mango*. En Sánchez, G., Reyes, P. y Dirzo R. (Eds.). *Historia natural de la reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México*. (483-488Pp). Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
- Flores, K. Y., Phillips, S. A. & Sánchez, G. (1999). The myrmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) along an altitudinal gradient in the Sierra Madre Oriental of Northeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 44 (4): 457-461.
- Griswold, T., Hanson, P. E. y Alves, I. (2006). Las abejas. En Hanson, P. E. y Gauld I. D. (Eds.). *Hymenoptera de la región neotropical* (pp. 734-785). *Memoirs of the American Entomological Institute* 77. 994 Pp.
- Hanson, P. E. (2006). La importancia económica de los himenópteros. En Hanson, P. E. y Gauld, I. D. (Eds.). *Hymenoptera de la región neotropical* (pp. 101-117). *Memoirs of the American Entomological Institute*. 77 - 994 Pp.
- Horta, J. V., Eguía, B., Ruíz, E. and Brussolo, R. (2010a). Recruitment response to six carbohydrates in the ant *Pheidole dentigula* Smith, 1927 (Hymenoptera: Formicidae), *Entomological News*. 121(3): 290-297.
- Horta, J. V., Hernández, D., Carrillo, L. C., Martínez, I., Flores, K. Y. y Brussolo, R. M. (2010b). Respuesta de reclutamiento a Trealosa en cinco especies de hormigas. *Entomología Mexicana*. 9:840-843.
- Jusino, A. R. and Phillips S. A. (1992). Fauna de las hormigas de la reserva de la Biosfera El Cielo. *Biotam*. 4: 41-54.
- Phillips, S. A. Jr., Sánchez, G. y Jusino, R. (2005). *Hormigas indicadoras de disturbio*. En Sánchez, G., Reyes, P. y Dirzo R. (Eds.). *Historia natural de la reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México* (489-496Pp). Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
- Quezada, J., Delgado, E. M., Sánchez, S., Díaz, H. y Calixto, A. (2011). Initial assesment of the impact of the recent invader, *Solenopsis invicta* Buren, on resident ant assemblages in Matamoros, Mexico. *Southwestern Entomologist*. 36(1): 61-76.
- Quezada, J., Sánchez, S., Delgado, E. M., Díaz, H. y Calixto, A. (2009). Análisis multivariado de la fauna de hormigas y su asociación con *Solenopsis invicta* Buren en Matamoros, Tamaulipas, México. *Entomología Mexicana*. 8: 229-234.
- Rosas, M., Horta, J. V., Flores, K. Y. y Correa, A. (2008). Formicidae de la zona urbana de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. *Entomología Mexicana*. 7: 804-807.
- Ruíz, E. y Coronado, J. M. (2002). *Artrópodos terrestres de Tamaulipas y Nuevo León*. Universidad Autónoma de Tamaulipas: Serie Publicaciones Científicas CIDAFF-UAT No. 2. México. 377 pp.
- Sánchez, S. R. (2010). Some fungus-growing ants (Hymenoptera: Formicidae) from northeastern Mexico. *Florida Entomologist*. 93(4): 501-504.
- Sánchez, S. R., Chacón, M. C. and Resendez, D. (2009). Identification of fire ants (Hymenoptera: Formicidae) from northeastern Mexico with morphology and molecular markers. *Florida Entomologist*. 92(1): 107-115.
- Sánchez, S. R., Patrock, R. J. and Gilbert, L. E. (2005). The red imported fire ant is now in Mexico: Documentation of its wide distribution along the Texas-Mexico border. *Entomological News*. 116(5): 363-366.
- Vásquez, M. (2011). Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México. *Dugesiana*. 18(1): 95-133.
- Vásquez, M. (2012). *Diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en México*. En: Ruíz, E. y Coronado, J. M. (Coords.). *Recursos Naturales*. Libro electrónico (pp. 179-189). Cd. Victoria, Tamaulipas, México: Fomento Editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. 280 Pp.

# FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS, ÍNDICE DE MASA CORPORAL Y PORCENTAJE DE GRASA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: UN ESTUDIO LONGITUDINAL

Karina Franco-Paredes\* y Elia Herminia Valdés-Miramontes.

*FOOD CONSUMPTION FREQUENCY, BODY MASS INDEX AND BODY FAT PERCENTAGE AMONG UNIVERSITY STUDENTS: A LONGITUDINAL STUDY*

*Centro de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición, Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara. Av. Enrique Arreola Silva 883, Ciudad Guzmán, Jalisco, México, C.P. 49000.*

\*Autor para correspondencia: [karina.franco@cusur.udg.mx](mailto:karina.franco@cusur.udg.mx)

Fecha de Recepción: 30 de marzo de 2013.  
Fecha de Aceptación: 19 de junio de 2013.

## RESUMEN

El estilo de vida de los estudiantes universitarios es considerado un factor que favorece la ingestión inadecuada de alimentos, ocasionando cambios importantes en su peso corporal. El propósito de la presente investigación fue analizar longitudinalmente la frecuencia de consumo de alimentos, el índice de masa corporal (IMC) y el porcentaje de grasa de jóvenes que ingresan a la universidad. Participaron 96 estudiantes de primer ingreso a una institución pública de educación superior (mujeres = 59 y varones = 37) con una edad promedio de 19.81 años (DE = 2.64). Los jóvenes universitarios contestaron el Cuestionario de Frecuencia de Consumo de Alimento en tres momentos diferentes, con un intervalo de seis meses; también fueron

medidos y pesados para obtener el IMC y el porcentaje de grasa. Los resultados del ANOVA mostraron que el IMC aumentó significativamente entre el primer y segundo tiempo tanto en las mujeres ( $F = 3.58, P < 0.05$ ) como en los varones ( $F = 3.01, P < 0.05$ ); el porcentaje de grasa aumentó significativamente en los tres tiempos tanto en las mujeres ( $F = 4.75, P < 0.05$ ) como en los varones ( $F = 3.29, P < 0.05$ ). La frecuencia de consumo de grasas-aceites aumentó significativamente entre el primer y segundo tiempo en ambos géneros ( $F = 2.88, P < 0.05$ , mujeres;  $F = 3.71, P < 0.05$ , varones) y la frecuencia de consumo de azúcares aumentó en cada tiempo para ambos géneros ( $F = 6.45, P < 0.001$ , mujeres;  $F = 7.85, P < 0.001$ , varones). Estos hallazgos muestran que se modificó el IMC, el porcentaje de grasa y la frecuencia de

consumo de alimentos de los jóvenes, siendo relevante el cambio en los primeros meses de su ingreso a la universidad.

**PALABRAS CLAVE:** Consumo de alimento, índice de masa corporal, porcentaje de grasa, jóvenes universitarios.

## ABSTRACT

Life style of college students promotes inappropriate food intake patterns that cause important changes in their corporal weight. The aim of this research was to longitudinally analyze food consumption frequency, Body Mass Index (BMI) and body fat percentage in young students entering university. The sample consisted of 96 students enrolled in first semester at a public university

(female = 59, male = 37). Their average age was 19.81 years (SD = 2.64). Participants were asked to complete the Food Frequency Questionnaire in three different moments with six-month intervals; their height and weight were also measured three times to obtain the BMI and body fat percentage. ANOVA showed that BMI increased significantly between the first and second moment for women ( $F = 3.58, P < 0.05$ ) and for men ( $F = 3.01, P < 0.05$ ); body fat percentage increased each time for women ( $F = 4.75, P < 0.05$ ) and for men ( $F = 3.29, P < 0.05$ ). The fat consumption frequency increased significantly between the first and the second moment for both men and women ( $F = 2.88, P < 0.05$ , women;  $F = 3.71, P < 0.05$ , men), and sugar consumption frequency increased each time for both men and women ( $F = 6.45, P < 0.001$ , women;  $F = 7.85, P < 0.001$ , men). Findings show that BMI, body fat percentage and food consumption frequency changed mainly during the first months at the university.

**KEYWORDS:** Food intake, body mass index, fat percentage, university students.

## INTRODUCCIÓN

La población universitaria es considerada un grupo especialmente vulnerable desde el punto de vista nutricional, debido a los cambios que suelen presentar en su composición corporal y en su alimentación. En la mayoría de los jóvenes, el periodo de los estudios universitarios suele ser el momento en que asumen por primera vez la responsabilidad de su alimentación. Por tanto, se trata de un periodo crítico para el desarrollo de hábitos alimentarios, que son importantes para su salud actual y futura (Arroyo y col., 2006). La alimentación de los jóvenes que ingresan a la universidad, generalmente se ve modificada como resultado de los cambios de tipo social, económico, cultural y psicológico a los que se enfrentan; ocasionando problemas de malnutrición tanto por deficiencia como por exceso (Vargas-Zárate y col., 2010).

Diversas investigaciones han documentado, que la dieta de los jóvenes universitarios se caracteriza por el consumo de grandes cantidades de carnes con grasas saturadas (Figura 1), refrescos, postres y dulces altos en carbohidratos (Huang y col., 2003), y por el consumo inadecuado de verduras y frutas

(Durán y col., 2009; Vázquez y col., 2010); en un ambiente de ejercicio físico escaso o nulo. Por ejemplo, Becerra-Bulla y col. (2012), encontraron que aproximadamente una cuarta parte de los estudiantes universitarios consumía refresco de 2 a 3 veces por semana. Asimismo, identificaron un alto consumo de comida rápida una vez por semana (29.1 %) y de 2 a 3 veces por semana (15.5 %); en tanto que 27.7 % adicionaba grasa a los alimentos (margarinas, mayonesas y aderezos) de 2 a 3 veces por semana. Franco y col. (2012), detectaron que el consumo de azúcares aumentó de un semestre a otro en estudiantes de ambos géneros, y en las mujeres también aumentó el consumo de alimentos de origen animal, cereales, grasas y aceites. Por otro lado, Díaz y col. (2005), identificaron que el consumo de frutas y verduras fue deficiente tanto en estudiantes universitarios de España, como de México, y más del 50 % de los estudiantes de ambos países consumían diariamente azúcar, dulces, así como refrescos con y sin gas.

Respecto al peso corporal, los estudios han mostrado que cantidades importantes de jóvenes universitarios presentan un peso

inadecuado. Por ejemplo, se ha encontrado que entre 4.5 y 21.3 % de los jóvenes presentan bajo peso, entre 9.1 y 27.8 % sobrepeso y entre 2.1 y 11.1 % obesidad (Arroyo y col., 2006; Duran y col., 2009; Franco y col., 2012; Morán y col., 2007; Peña y col., 2009; Pulido y col., 2011; Vargas-Zárate y col., 2010). Asimismo, Cossio-Bolaños y col. (2011), encontraron que los varones presentan valores promedio superiores de masa muscular en comparación con las mujeres; y las mujeres presentan valores promedio superiores de masa grasa y porcentaje de grasa que los varones.

Sin duda, el estilo de vida de los jóvenes universitarios incluye factores que a corto o largo plazo pueden generar problemas como obesidad, enfermedades cardiovasculares, diabetes, hipertensión y algunos tipos de cáncer. Las investigaciones han mostrado que los jóvenes modifican sustancialmente su consumo de alimento; sin embargo, la mayoría de los estudios han sido transversales. Por tanto, el propósito de esta investigación fue analizar longitudinalmente la frecuencia de consumo de alimento, el IMC y el porcentaje de grasa de jóvenes que ingresan a la universidad.

## Figura 1.

*Diversas investigaciones han documentado que la dieta de los jóvenes universitarios se caracteriza por el consumo de grandes cantidades de carnes con grasas saturadas (Huang y col., 2003). Figure 1. A number of studies have found that university students' food intake includes large quantities of meat with saturated fat (Huang y col., 2003).*



Tomado de: [http://farm3.staticflickr.com/2561/3881599230\\_5e7530e326\\_z.jpg?zz=1](http://farm3.staticflickr.com/2561/3881599230_5e7530e326_z.jpg?zz=1)

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Diseño y tipo de estudio

Se realizó una investigación longitudinal de tipo observacional con un diseño de medidas repetidas, debido a que las variables de interés fueron medidas en tres momentos diferentes (Hernández y col., 2011).

### Participantes

El tamaño de la muestra fue determinado por conveniencia y el tipo de muestreo fue no probabilístico de tipo intencional. La muestra inicial estuvo conformada por 120 estudiantes (mujeres = 74 y varones = 46) de primer ingreso a una institución pública de educación superior en Guzmán, Jalisco, México. Al final de la investigación se consideraron válidos los casos que habían participado en las tres evaluaciones y que tenían 18 o más años de edad, por lo que la muestra final quedó conformada por 96 casos (mujeres = 59 y varones = 37). La edad de las mujeres osciló entre 18 y 25 años (M = 19.52; DE = 2.44) en tanto que para los varones osciló entre 18 y 27 años (M = 20.25; DE = 2.89). Ningún participante presentaba enfermedades al momento de las evaluaciones, y en el caso de las mujeres no estaban embarazadas.

### Instrumentos

Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos. Es un instrumento que mide el consumo habitual de alimentos. Está conformado por 85 reactivos con seis opciones de respuesta que van desde consumo diario hasta no se consume. Se incluyen alimentos de cinco grupos: origen animal, cereales, frutas y verduras, grasas-aceites y azúcares. La respuesta del evaluado representa las veces que incluye el alimento en su consumo habitual, no representan raciones (Suverza y col., 2004). La consistencia interna del instrumento en investigaciones previas ha sido adecuada (Alfa = 0.87 y 0.90; Franco y col., 2012).

Estadímetro (Tanita HR200, Japón). Es una escala métrica que permite obtener la estatura o la longitud de un individuo, con una precisión de 1 mm.

Báscula (InBody 230, Corea). Realiza un análisis mediante bioimpedancia bioeléctrica de manera segmental, multifrecuencia y octopolar con una precisión de 100 g, y proporciona parámetros como el IMC y el porcentaje de grasa.

**Tabla 1.**

**ANOVA para el índice de masa corporal y el porcentaje de grasa.**

*Table 1. ANOVA for body mass index and body fat percentage.*

Tiempo	Mujeres			F	Varones			F	
	T1	T2	T3		T1	T2	T3		
IMC	M	21.62 <sup>a</sup>	22.79 <sup>b</sup>	23.49	3.58*	23.19 <sup>a</sup>	24.02 <sup>b</sup>	23.34	3.01*
	DE	4.69	4.71	4.70		4.09	3.49	3.73	
Porcentaje de grasa	M	30.11 <sup>a</sup>	31.77 <sup>b</sup>	32.77 <sup>c</sup>	4.75*	20.6 <sup>6a</sup>	21.55 <sup>b</sup>	22.48 <sup>c</sup>	3.29*
	DE	8.39	7.95	7.69		7.32	7.11	6.92	

Nota: Las medias en la misma fila que no comparten los superíndices difieren a un nivel

\*P < 0.05 en la prueba Post Hoc de Tukey.

### Procedimiento

Se realizaron tres evaluaciones con un periodo de seis meses entre cada una. Al inicio de la investigación se solicitó permiso al profesor de cada grupo de clases y se pidió la participación voluntaria de los estudiantes de primer ingreso, explicándoles que era un estudio longitudinal que requería su participación en tres tiempos diferentes. La aplicación del cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos se llevó a cabo en forma grupal en las aulas de clase en cada evaluación; uno de los investigadores permaneció en el lugar para contestar preguntas o dudas de los estudiantes. Una vez que terminaron de contestar el cuestionario, los participantes fueron llevados a un consultorio en donde una licenciada en nutrición los midió y pesó, empleando el estadímetro Tanita HR200 y la báscula InBody 230 para obtener el IMC y el porcentaje de grasa. El protocolo de la investigación fue aprobado por el comité de ética de la institución.

### Análisis de datos

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico Statistical Package for Social Sciences (SPSS) versión 15 para Windows. El IMC fue analizado considerando la clasificación propuesta por el comité de expertos de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003), bajo peso IMC inferior a 18.5, peso normal IMC > 18.5 a < 25, sobrepeso IMC > 25 a < 30, obesidad > 30. Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para analizar si existían diferencias entre cada tiempo en cuanto al IMC, el porcentaje de grasa y la frecuencia de consumo de alimento para cada género.

### RESULTADOS

El IMC promedio para el total de la muestra en cada uno de los tres tiempos fue 22.83 (DE = 4.46), 23.24 (DE = 4.32) y 23.44 (DE = 4.33). En la Tabla 1 se presenta el promedio y la desviación estándar del IMC y del porcentaje de grasa para cada tiempo por género. El ANOVA mostró que el IMC aumentó significativamente entre el primer y segundo tiempo tanto en las mujeres como en los varones. Asimismo, el porcentaje de grasa corporal, aumentó significativamente en cada tiempo en ambos géneros. Por otro lado, se analizó el porcentaje de casos de acuerdo a la clasificación del IMC (Tabla 2). Como se observa el porcentaje de mujeres con bajo peso aumentó entre el primer y segundo tiempo, el porcentaje de mujeres con sobrepeso aumentó en cada tiempo en tanto que el de obesidad disminuyó. En el caso de los varones, el bajo peso fue nulo en el tercer momento y el porcentaje de obesidad aumentó en cada tiempo.

El análisis de la frecuencia de consumo de alimento mostró que sólo hubo cambios significativos en cuanto a la frecuencia de consumo de grasas-aceites y azúcares. El ANOVA mostró que la frecuencia de consumo de grasas-aceites aumentó entre el primer y el segundo tiempo tanto en las mujeres (F = 2.88, P < 0.05) como en los varones (F = 3.71, P < 0.05). La frecuencia de consumo de azúcares aumentó significativamente en cada tiempo tanto en las mujeres (F = 6.45, P < 0.01) como en los varones (F = 7.85, P < 0.001). Posteriormente, se identificaron los cinco alimentos de los grupos grasas-aceites y azúcares en los que se presentaron

**Tabla 2.**

**Porcentaje de casos de acuerdo a la clasificación de la OMS para el índice de masa corporal (2003).**

*Table 2. Percentage of cases according to OMS classification for body mass index (2003).*

	Mujeres			Varones		
	Tiempo					
	1	2	3	1	2	3
<b>Bajo peso</b>	15.3	18.6	10.2	5.9	8.8	0
<b>Peso normal</b>	62.6	59.3	57.6	64.7	64.7	71.4
<b>Sobrepeso</b>	13.6	15.3	27.1	26.5	20.6	20
<b>Obesidad</b>	8.5	6.8	5.1	2.9	5.9	8.6

cambios importantes, encontrándose que los principales cambios fueron en la frecuencia de consumo semanal y quincenal. En general, la frecuencia de consumo semanal/quincenal aumentó del primer al segundo tiempo para la mayoría de los alimentos, y en algunos casos (mantequilla, aderezo, mayonesa, refresco y sustituto de azúcar) disminuyó en el tercer momento, sin embargo, el consumo fue mayor que el registrado en el primer tiempo (Tabla 3).

## DISCUSIÓN

En esta investigación se encontraron cambios importantes tanto en el IMC como en el porcentaje de grasa de ambos géneros. Llama la atención el resultado obtenido en el porcentaje de grasa no sólo porque aumentó en los tres tiempos, sino porque fue superior a los valores óptimos para jóvenes. En las mujeres se consideran valores normales entre 20 y 30 % y en los varones entre 12 y 20 % (Bray, 1993). Los porcentajes obtenidos en la presente investigación están por arriba del límite superior tanto en los varones (20.66 - 22.48 %) como en las mujeres (30.11 y 32.77 %), hallazgo que es consistente con lo encontrado por Cosío-Bolaños y col. (2011).

La malnutrición, es considerada un factor de riesgo para otras enfermedades. La obesidad está relacionada con el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas (Córdova-Villalobos, 2009); en tanto que el bajo peso se asocia con los trastornos de la conducta alimentaria (Gaete y col., 2012). La prevalencia de malnutrición, encontrada en esta investigación coincidió con el rango de los valores obtenidos en investigaciones previas en muestras de estudiantes universi-

tarios (Arroyo y col., 2006; Durán y col., 2009; Franco y col., 2012; Morán y col., 2007; Peña y col., 2009; Pulido y col., 2011; Vargas-Zárate y col., 2010), y la prevalencia de sobrepeso y obesidad fue menor a la informada en la última Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Gutiérrez y col., 2012).

Una dieta correcta debe ser satisfactoria en el aspecto biológico, psicológico y social (Casanueva y col., 2005). Es decir, no sólo debe aportar los nutrimentos suficientes para el funcionamiento óptimo del organismo, también debe resultar placentera para el comensal y acorde con las costumbres. La alimentación

del individuo durante las diferentes etapas de su vida es de gran importancia, puesto que llevar una dieta correcta contribuye a un estilo de vida saludable. En la presente investigación se encontró que los jóvenes modificaron significativamente la frecuencia de consumo de grasas-aceites y azúcares. Destacó el aumento en la frecuencia de consumo de mantequilla, aderezos, margarina, mayonesa, helado de crema, jugos industrializados y refresco. El consumo de estos productos confirma la dieta identificada en jóvenes universitarios, es decir, consumo de grandes cantidades de carnes refrescos, postres, dulces altos en carbohidratos y alimentos con alto contenido en grasas (Becerra-Bulla y col., 2012; Díaz y col., 2005; Franco y col., 2012; Huang y col., 2003). El consumo frecuente de grasas-aceites y azúcares puede estar relacionado con el alto porcentaje de tejido adiposo encontrado, así como con el sobrepeso y la obesidad identificados tanto en las mujeres como en los varones. Estos hallazgos deben considerarse debido a que Casanueva y col. (2005) advierten que los jóvenes no establecen la relación entre el estilo de vida actual y el riesgo de enfermar en el futuro, por lo que es evidente la necesidad

**Tabla 3.**

**Porcentaje para el consumo de alimentos de los grupos grasas-aceites y azúcares.**  
*Table 3. Percentage for food consumption of fats-oil and sugar groups.*

Tiempo	Mujeres			Varones		
	Consumo semanal/quincenal					
	1	2	3	1	2	3
<b>Grasas-aceites</b>						
Mantequilla	41.9	58.9	52.4	35.1	51.3	34.1
Sustituto de crema	15.2	24.3	15.2	10.8	18.9	18.9
Aderezos	36.7	45	41.7	29.7	35	32.4
Margarina	33.3	45	31.7	24.3	21.6	32.4
Mayonesa	45	58.3	48.3	37.8	48.6	54
<b>Azúcares</b>						
Helado de crema	40.4	40.4	46.9	37.8	43.2	35.1
Jugos industrializados	41.7	41.7	58.3	35.1	37.8	67.5
Refresco	35	53.3	40	21.6	29.7	40.5
Sustituto de azúcar	8.4	18.5	11.8	10.8	21.6	13.5
Refresco light	6.6	3.4	6.6	0	10.8	10.8

de que reciban educación nutricional. Se ha documentado que los cambios que conlleva ingresar al ambiente universitario, tales como los altos niveles de estrés académico, la separación total o gradual de la familia nuclear y, en algunos casos, el cambio de residencia, provocan que los jóvenes alteren sus hábitos alimentarios, incluyendo la frecuencia de consumo (Pulido y col. 2011). En la presente investigación el cambio sustancial en cuanto a la frecuencia de consumo se presentó en los primeros seis meses de los estudios universitarios, disminuyendo posteriormente pero sin regresar a los valores iniciales. En un estudio realizado por Troncoso y Amaya (2009), se encontró que los estudiantes universitarios consideran que modifican su alimentación ya sea por los horarios o tiempos destinados a las actividades académicas que deben realizar o por las situaciones de estrés a las que se ven expuestos.

Una fortaleza de la presente investigación, fue realizar una evaluación longitudinal, debido a que se mostró que los primeros seis meses son cruciales para que se presenten alteraciones en la alimentación de los estudiantes y por consiguiente en su peso corporal. Estudios transversales han mostrado, que la salud de los jóvenes de los últimos semestres está más afectada en comparación con la salud de los jóvenes de los primeros semestres (Pulido y col., 2011; Racette y col., 2005). Por tanto, es necesario que se realicen investigaciones en las que se de seguimiento por más tiempo a los jóvenes. Asimismo, es recomendable incluir otras variables, por ejemplo, analizar la calidad de la dieta, el número de porciones consumidas, gasto energético y actividad física, para contar con más información que permita entender mejor los cambios en la alimentación de los jóvenes. También es necesario tomar en cuenta que se trabajó con una muestra no probabilística y que debido al número de participantes, no fue posible realizar pruebas estadísticas para los datos de la clasificación del IMC y la frecuencia de consumo de alimentos específicos, por lo que no es posible generalizar los resultados.

## CONCLUSIONES

La presente investigación confirmó que los jóvenes evaluados se encuentran en riesgo nutricional, debido a que después de su ingreso a la universidad presentaron cambios importantes en el IMC, el porcen-

taje de grasa y la frecuencia de consumo de alimento, cambios que se acentuaron entre la primera y la segunda evaluación. El exceso de grasa debe considerarse una señal de alerta para la salud de los jóvenes universitarios, debido a que puede convertirse en un factor de riesgo metabólico-cardiovascular. Por tanto, es necesario que se desarrollen programas preventivos,

para contribuir a la formación de estilos de vida saludables en los adultos jóvenes que están a punto de iniciar una vida laboral, realizar estudios de posgrado y/o asumir la responsabilidad de formar una familia, actividades que les demandarán tiempo completo, por lo que su estancia en la universidad quizá sea la última oportunidad para que reciban educación nutricional. ||

## REFERENCIAS

- Arroyo, M., Rocandio, A. M., Ansotegui, L., Pacual, E., Salces, I. y Rebato, E. (2006). Calidad de la dieta, sobrepeso y obesidad en estudiantes universitarios. *Nutrición Hospitalaria*. 21:673-679.
- Bray, G. A. (1993). Fat distribution and body weight. *Obesity Research*. 1:203-205.
- Becerra-Bulla, F., Pinzón, G. y Vargas-Zárate, M. (2012). Estado nutricional y consumo de alimentos de estudiantes universitarios admitidos a la carrera de Medicina. Bogotá, Colombia, *Revista de la Facultad de Medicina*. 60 (Supl): S3-S12.
- Casanueva, E., Kaufer, M. y Pérez, A. (2005). *Nutriología Médica*. México: Editorial Médica Panamericana.
- Córdova-Villalobos, J. A. (2009). Sobrepeso y obesidad, problemas de salud pública en México. *Cirugía y Cirujanos*. 77: 421-422.
- Cossio-Bolaños, M. A., De-Arruda, M., Moyano, A., Gañán, E., Pino, L. M. y Lancho, J. L. (2011). Composición corporal de jóvenes universitarios en relación a la salud. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 31: 15-21.
- Díaz, M. C., Riba, M., Rodríguez, A. M. y Mora, M. T. (2005). Patrón alimentario de estudiantes universitarios: comparación entre culturas. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*. 11: 8-11.
- Durán, S., Castillo, M. y Vío, F. (2009). Diferencias en la calidad de vida de estudiantes universitarios de diferente año de ingreso del campus Antumapu. *Revista Chilena de Nutrición*. 36: 200-209.
- Franco, K., Zepeda, G., Díaz, F., Valdés, E. y Magaña, C. (2012). Análisis prospectivo de la composición corporal y el consumo de alimento en estudiantes de nuevo ingreso a la universidad que cambian de residencia. *Revista Mexicana de Investigación en Psicología*. 4: 91-98.
- Gaete, M. V., López, C. y Matamala, M. (2012). Trastornos de la conducta alimentaria en adolescentes y jóvenes. Parte I. Epidemiología, clasificación y evaluación inicial. *Revista Médica de Clínica las Condes*. 23: 566-578.
- Gutiérrez, J. P., Rivera-Dommarco, J., Shamah-Levy, T., Villalpando-Hernández, S., Franco, A., Cuevas-Nasu, L., Romero-Martínez, M. y Hernández-Ávila, M. (2012). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales*. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública (MX).
- Hernández, S. R., Fernández, C. C. y Baptista, L. P. (2011). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill.
- Huang, T. T, Harris, K. J., Lee, R. E., Nazir, N., Born W., and Kaur, H. (2003). Assessing overweight, obesity, diet and physical activity in college students. *Journal of American College Health*. 52: 83-86.
- Morán, A. C., Cruz, L. V. e Iñárritu, M. C. (2007). Índice de masa corporal y la imagen corporal percibida como indicadores del estado nutricional en universitarios. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*. 50: 76-79.
- Organización Mundial de la Salud. (2003). *Régimen alimentario, nutrición y actividad física*. 132ª Sesión del Comité Ejecutivo. Washington, D. C.: Autor.
- Peña, L., Cano, A., Burguete, A., Castro, L., León, M. y Castellanos, A. (2009). Efectos atribuibles a la procedencia de estudiantes universitarios sobre su estado nutricional: foráneos y locales. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 29: 40-45.
- Pulido, M. A., Coronel, M., Vera, F. y Barousse, T. (2011). Salud física, hábitos alimentarios y ejercicio en estudiantes de licenciatura de la Universidad Intercontinental. *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*. 13: 65-82.
- Racette, S. B., Deusinger, S. S., Strube, M. J., Highstein, G. R., and Deusinger, R. H. (2005). Weight changes, exercise and dietary patterns during freshman and sophomore years of college. *Journal of American College Health*. 53: 245-251.
- Suverza, A., Salinas, A., y Perichart, O. (2004). *Historia clínico-nutricional*. Universidad Iberoamericana: México.
- Troncoso, C. y Amaya, J. P. (2009). Factores sociales en las conductas alimentarias de estudiantes universitarios. *Revista Chilena de Nutrición*. 36: 1090-1097.
- Vargas-Zárate, M., Becerra-Bulla, F. y Prieto-Suárez, E. (2010). Evaluación antropométrica de estudiantes universitarios. Bogotá, Colombia. *Revista de Salud Pública*. 10: 433-442.
- Vázquez, M. B., Witriw, A. M. y Reyes, T. C. (2010). Estudio preliminar sobre la ingesta alimentaria en estudiantes universitarios de las carreras de medicina y arquitectura en la Universidad de Buenos Aires, Arg. *Diaeta*. 28: 14-17.

# VALIDACIÓN DE FUENTES ACADÉMICAS DE INTERNET: INVESTIGACIÓN CON DOCENTES Y ESTUDIANTES DE LA UAT, CAMPUS VICTORIA

*VALIDATION OF ACADEMIC INTERNET SOURCES:  
RESEARCH WITH TEACHERS AND STUDENTS OF UAT,  
CAMPUS VICTORIA*

**Susana Gómez-Loperena y  
Ma. Isabel Alcocer-Tinajero\*.**

Unidad Académica de Derecho y Ciencias Sociales, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Cd. Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87149.

\*Autora para correspondencia:  
mialcocer@uat.edu.mx

Fecha Recepción: 15 de octubre de 2012.  
Fecha Aceptación: 12 de marzo de 2013.

## RESUMEN

El Internet como medio de transmisión de información académica crea un reto para las comunidades e instituciones de educación superior. Es una herramienta de bajo costo que exige que docentes y estudiantes asuman nuevas prácticas para la búsqueda y validación de fuentes de información académica. El

objetivo del estudio fue describir y comparar el comportamiento de docentes y estudiantes de nivel licenciatura al buscar información académica en Internet y al validar sus fuentes digitales. Se encuestó a 255 docentes y a 333 estudiantes, de las siete Unidades Académicas de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), Campus Victoria, en los periodos 2011-3 y 2012-1. Los encuestados hicieron 488 menciones de fuentes digitales, que para su análisis fueron categorizadas según su origen. Además, las fuentes de información fueron divididas en: "genéricas", "con nombre propio" y "buscadores". Se encontró que los docentes aportaron sólo el 21.3 % de todas las menciones de fuentes digitales expresadas en las encuestas, el 78.6 % fueron aportadas por los estudiantes. Más de la mitad de los docentes encuestados reportaron validar la veracidad de la fuente, mientras casi tres cuartas partes de los estudiantes indicaron que sí las validaron, aunque solo el 45 % de ellos manifestaron saber hacerlo. Los docentes no influyeron en el comportamiento de

sus estudiantes en sus procesos de búsqueda de fuentes académicas en internet y se dio un proceso de experimentación y autoaprendizaje en ambos grupos, donde los estudiantes mostraron más habilidades e interés que los docentes para realizar búsquedas en línea.

**PALABRAS CLAVE:** Internet, validación, investigación académica.

## ABSTRACT

The Internet as the transmission medium of academic information creates a challenge for communities and institutions of higher education. It is a low cost tool that requires teachers and students to take up new practices for finding and validating academic information sources. The aim of study was to describe and compare the behavior of teachers and undergraduate students to seek academic information online and to validate their digital sources. We surveyed 255 teachers and 333 students, of seven academic units of the Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT),

Victoria Campus, in the periods 2011-3 and 2012-1. Respondents reported 488 mentions of digital sources, which for analysis were categorized according to their origin. The sources were further divided into "generic", "with name", and "information seeker". It was found that teachers contributed only 21.3 % of all mentions of digital sources, 78.6 % were contributed by students. More than half of the teachers reported that they validated the veracity of the sources, while nearly three quarters of the students reported that they did, although only 45% of them stated they already knew it. Teachers did not influence the behavior of their students in the search process of academic sources on the internet and a process of experimentation and self learning was given in groups where students showed more skills and interest to perform online searches.

**KEYWORDS:** Internet, validation, academic research.

### INTRODUCCIÓN

La UAT como institución de educación superior en constante evolución y cambio, está introduciendo plataformas tecnológicas que exigen de sus usuarios nuevos conocimientos y competencias para poder aprovechar satisfactoriamente y con mayores rendimientos la infraestructura instalada, y enfrentar de mejor manera los requerimientos del mercado laboral. Pasar de la fascinación por la innovación tecnológica para voltear la mirada al usuario, al ser humano que en su papel de estudiante y docente hace uso de la tecnología digital, requiere de una visión educativa que evolucione de lo meramente funcional al desarrollo de las capacidades intelectuales, reflexivas y creativas en la búsqueda, interpretación, aplicación y generación de la información en Internet. Para visualizar el contexto de la educación superior actual en su evolución humanística y tecnológica digital, se parte de las palabras de Barbero (2009: 1), quien señala que: "la tecnología remite hoy no sólo y no tanto a la novedad de los aparatos, sino a nuevos modos de percepción y de lenguaje, a nuevas sensibilidades y escrituras".

La educación actual se ha centrado principalmente en dotar a estudiantes de competencias funcionales para que utilicen la computadora y el Internet, limitándose a ser lectores pasivos que traspasan la información tal y como viene en línea. Uribe (2008: 15) "alerta sobre las dos primeras amenazas de esta nueva sociedad, la denomi-

nada brecha digital (la disparidad en el acceso, conocimiento y uso de las TIC), y el analfabetismo informacional (el no aprovechamiento de los datos, de los datos seleccionados según el contexto y bagaje de la persona –capta–, de la información y del conocimiento que facilita el acceso a las TIC), producto de las brechas precedentes en los aspectos: económico, tecnológico, educativo y cultural". Gazzola y Didriksson (2008: 84) señalan que: "La región enfrenta el desafío especial de tener que estimular programas para integrar métodos innovadores de enseñanza y aprendizaje a través del uso de las TIC y el desarrollo de investigaciones que posibiliten a estudiantes, docentes y científicos a trabajar y aprender en ambientes ricos en ciberinfraestructura". Al respecto Esteve (2009) cita a James (2004), (quien afirma que) "estas herramientas tecnológicas no tienen ninguna propiedad inherente que produzca instantáneamente una comunidad de construcción de conocimientos. No depende de la configuración del software, sino de las normas y prácticas sociales alrededor de ellas. La web 2.0 puede entenderse como facilitadora del cambio de paradigma en los procesos de aprendizaje".

Litwin (2005) expresa que: "Otros empleos de tecnología en el nivel superior

aprovechan la información a bajo costo que hoy provee Internet, y frente a las situaciones de crisis, muchas cátedras universitarias incorporaron bibliografía on-line, artículos de revistas electrónicas o sitios de consulta para la obtención de datos. Aun cuando creemos que la lectura en pantalla genera modos de estudio menos atentos y reflexivos, reconocemos que es posible en muchas áreas sostener estas formas de adquirir información. Los datos obtenidos para la enseñanza seguramente requerirán el reconocimiento de su calidad científica, su nivel de actualización, su carácter controversial –si lo poseen–, su grado de provisionalidad, sus vínculos con los temas relevantes del curriculum". Peña y col. (2006: 6) hablan de la web constructivista y plantean las siguientes preguntas: "¿Quién acredita, pues, unos contenidos o un sitio web? ¿Cómo se garantiza una autoría en este protocontenido académico? ¿Es una cuestión de confianza, de buena fe o incluso de una apuesta de futuro incierto? La Red dispone también de herramientas para ayudar a valorar la información encontrada".

Es importante encontrar herramientas que guíen al usuario de Internet en su búsqueda de información académica, lineamiento que orien-

### Figura 1.

*Algunos buscadores en línea y enciclopedias digitales no tienen la validez académica requerida.*

*Figure 1. Some online browsers online and digital encyclopedias have no academic validity.*



**Figura 2.****Recursos Académicos.**

Figure 2. Academic Resources.

académica consultada en Internet, para contrastar resultados y determinar si existía una relación de similitud o influencia entre el comportamiento de los docentes y estudiantes.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

El tipo de estudio fue exploratorio, cuantitativo-probabilístico, transversal, descriptivo. Se aplicaron 255 encuestas a docentes y 333 a estudiantes de nivel licenciatura de las siete Unidades Académicas de la UAT, Campus Victoria, durante el periodo lectivo del 2011-3 y 2012-1. La población y muestra de docentes y estudiantes se enlista en la Tabla 1. Se utilizó la calculadora de muestras en línea para encuestas de Paneles Netquest.

Los instrumentos usados fueron dos encuestas, una para docentes y otra para estudiantes. Se categorizaron las fuentes digitales siguiendo el formato de recursos en línea recomendado por Kolesas y col. (2010), el cual se muestra en la Tabla 2.

**RESULTADOS**

De la muestra de los 333 estudiantes encuestados, el 76 % eran menores de 21 años y el 24 % mayores de 22 años. De los 255 docentes encuestados el 34 % tenían menos de 40 años, el 55 % de los docentes estaban en el rango de edad de 41 y 60 años de edad, y el 6 % eran mayores de 61 años. El 5 % no respondió su edad. En cuanto al género, el 56 % de los docentes eran de sexo masculino y el 56 % de los estudiantes de sexo femenino. El grado académico que predominaba entre los docentes era el de maestría con el 55 %, seguido del nivel de licenciatura con el 25 %, y del grado de doctorado con el 17.2 %, mientras que el 2.8 % no contestó.

De la información obtenida de Internet por los docentes, el 42.4 % era científica y en el caso de los estudiantes el 40.8 %. Aunque la proporción entre ambos grupos es similar, los estudiantes citaron 384 fuentes, y de estas el 40 % fueron fuentes genéricas, el 33 % fuentes con nombre propio, el 20.5 % buscadores, con Google como opción dominante y 5.9 % fueron sitios genéricos en Internet que no aplicaron como respuesta. Por su parte los docentes citaron 104 fuentes digitales, de ellas 62 % fueron

te los procesos de validación de las fuentes, sitios y contenidos (Figura 1 y 2). Freire (2008: 2), señala que: "Estas experiencias demuestran que, en paralelo al desarrollo de nuevas tecnologías, es imprescindible introducir y expandir una nueva cultura del conocimiento basada en usuarios activos capaces de crear, modificar, buscar, comunicar y compartir información y conocimiento. Este nuevo papel difiere del convencional adoptado hoy en día por la mayoría de estudiantes y profesores en las universidades". Flores (2008: 129) señala: "El ordenador, Internet y otras tecnologías emergentes propician la actividad independiente, la observación, análisis, exploración y búsqueda; la comparación, organización y clasificación; la toma de decisiones y el procesamiento de la información. Pero, ¿cómo satisfacerlo todo? Más aun, ¿cómo formar y enseñar todo esto?".

Un estudio realizado por 'Joint Information Systems Committee' (JISC) (institución del Reino Unido que tiene más de 15 años investigando la innovación educativa en el uso de tecnología digital) y la Biblioteca Británica (2008), quienes contrataron la realización del estudio "Information behaviour of the researcher of the future", para "descubrir si las TIC generan nuevas formas de buscar información en los jóvenes nacidos después de 1993, conocidos como 'Generación Google' cuyo primer punto de contacto con el conocimiento es Internet y un motor de búsqueda, siendo Google el más popular de estos". "Uno de los hallazgos más relevantes de éste es la falta de habilidades críticas

y analíticas que impiden a los jóvenes juzgar la relevancia y la confiabilidad de lo que encuentran en Internet. El 89 % de los estudiantes de educación superior utilizan los motores de búsqueda para comenzar a buscar información, solo el 2 % inicia esa misma búsqueda en el sitio web de una biblioteca". López y Cordero (2003), proponen como indicadores para evaluar las revistas académicas electrónicas, la revisión de criterios como son la calidad del contenido, supervivencia y periodicidad, normalización, propósito y audiencia, actualidad y mantenimiento, reconocimiento externo del formato digital, de la publicación, navegación y diseño gráfico. Kolesas y col. (2010), mencionan los criterios para evaluar y seleccionar las fuentes digitales: autoridad, contenido, destinatario, navegabilidad, organización, legibilidad y actualización. También clasifican los recursos de información en línea. Para esta investigación se tomaron en cuenta los siguientes: obras de consulta, diccionarios, enciclopedias, directorios, guías, catálogos de bibliotecas universitarias, especializadas y de cooperativos, bibliotecas digitales y virtuales, revistas electrónicas, portales de educación, generales y especializados, bases de datos, y redes académicas. El objetivo de este estudio fue conocer el comportamiento de los docentes y estudiantes de nivel Licenciatura de las siete Unidades Académicas de la UAT (Campus Victoria), frente al uso de la información académica en línea, identificar las fuentes académicas que consultan en Internet y las formas de validación que aplican a la información

**Tabla 1.****Población y muestra de docentes y estudiantes de la UAT, Campus Victoria.**

Table 1. Population and sample of teachers and students of UAT, Victoria Campus.

UNIDADES ACADÉMICAS	TOTAL DOCENTES	MUESTRA DOCENTES	TOTAL ESTUDIANTES	MUESTRA ESTUDIANTES	MUESTRA TOTAL
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS	129	34	768	25	59
U.A. DE TRABAJO SOCIAL Y CIENCIAS PARA EL DESARROLLO HUMANO	91	29	2026	66	94
U.A.M. DE CIENCIAS, EDUCACIÓN Y HUMANIDADES	126	31	1533	50	81
FACULTAD DE COMERCIO Y ADMINISTRACIÓN VICTORIA	157	49	2001	65	114
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA "DR. NORBERTO TREVIÑO ZAPATA"	65	20	605	20	40
FACULTAD DE ENFERMERÍA Y OBSTETRICIA VICTORIA	68	21	850	28	49
U.A. DE DERECHO Y CIENCIAS SOCIALES "LIC. FRANCISCO HERNÁNDEZ GARCÍA"	199	71	2500	81	152
TAMAÑO DEL UNIVERSO A ENCUESTAR	835	DOCENTES	10283	ESTUDIANTES	
<b>ENCUESTAS REALIZADAS</b>		<b>255</b>		<b>333</b>	<b>588</b>
NIVEL DE CONFIANZA LOGRADO		94.4%		93.6%	
MARGEN DE ERROR		5%		5%	

**Tabla 2.****Fuentes académicas consultadas en internet.**

Table 2. Internet academic sources consulted.

Categorías con clasificación en Kolesas y col. (2010)	Subcategorías con clasificación en Kolesas y col. (2010)	Menciones de Fuentes Digitales recibidas en las encuestas
Obras de Consulta	Diccionarios / Enciclopedias	Real Academia de la Lengua Española / Encarta
Catálogos		Bibliotecas, Libros online
Catálogos Colectivos		Proquest, Adlatina, ISIWeb
Revistas electrónicas	Directorio de Revistas Generales	Redalyc, Scielo, Revistas online
Portales de educación	Generales	Portales de: Universidades Nacionales, Extranjeras, Dependencias de Gobierno
Bases de datos		ERIC (Education Resources Information Center), Dialnet, Science Direct
Herramientas de búsqueda	Buscadores	Google, Google Académico y Yahoo
Categorías sin clasificación	Subcategorías sin clasificación	Menciones recibidas
	Sitios Tareas online	
	Académica comunidad	
	Tutoriales	
	Otros	

fuentes genéricas, el 26.9 % fuentes con nombres propio y el 10.5 % señaló a Google como fuente.

Los estudiantes buscaron a Wikipedia como enciclopedia digital con 47 menciones y solo 44 señalaron buscar libros en internet, los docentes dieron 3 menciones a Wikipedia, 21 a libros digitales y 7 menciones a catálogos colectivos. En 56 casos, los estudiantes dijeron recurrir a revistas electrónicas, mientras los docentes lo hicieron en 20 ocasiones. Los estudiantes consultaron portales de universidades y organismos públicos con 73 menciones y los docentes con 25. Las bases de datos fueron poco utilizadas, los estudiantes les dieron 5 menciones y los docentes 9. Google fue el buscador más señalado por los estudiantes con 71 menciones y por los docentes con 11, además los estudiantes mencionaron 5 veces al buscador Yahoo. Indicaron recurrir a sitios de tareas 33 estudiantes y 4 docentes, así mismo, 21 estudiantes señalaron utilizar la página de Académica comunidad y 4 docentes a tutoriales. Los estudiantes mencionaron 3 diccionarios, 2 Sistemas de Gestión de Aprendizaje y 1 vez Adlatina, además dieron 23 respuestas que no corresponden, como son correo electrónico, blogs, navegadores, PDF, redes sociales, etc. Se obtuvieron 12 respuestas nulas, no tomadas en cuenta; en el número de fuentes se mencionaron porque se considera un intento de los estudiantes de poder responder a la pregunta abierta, pero su falta de información sobre el tema les impidió hacerlo adecuadamente.

Los estudiantes indicaron buscar la forma de validar la información que obtienen de internet en el 67 % de los casos, y los docentes en el 53 % (Tabla 3), ambos grupos señalaron guiarse principalmente por las características de la fuente, siendo el rasgo más destacable el nombre del autor con 53 menciones de los estudiantes, y 35 de los docentes. En segundo lugar aparece la institución educativa u oficial que avala la información con 10 menciones en los estudiantes y 22 en los docentes. De acuerdo a la forma de búsqueda de información

**Tabla 3.****Formas de validar la información encontrada en Internet.**

Table 3. Ways to validate the information found on the Internet.

académica en internet los estudiantes dijeron con 71 menciones utilizarla como mecanismo para validar, mientras 32 docentes hicieron lo mismo. Ambos compararon datos para validar con 27 menciones. Los estudiantes señalaron en 13 ocasiones seguir recomendaciones del docente y en 25 lo indicado en un libro. Hay 68 estudiantes y 23 docentes que expresaron no validar la información académica que obtienen de internet.

El 11 % de los docentes y el 12.5 % de los estudiantes indicaron recurrir a catálogos en línea, lo que marca una relación en la conducta de ambos grupos. El 17 % de los estudiantes y el 8 % de los docentes señalaron consultar revistas académicas en línea, lo que marca una diferencia a favor de la acción de investigar en revistas digitales en línea por parte de los estudiantes. El 22 % de los estudiantes y el 10 % de los docentes indicaron consultar portales de educación de universidades y organismos oficiales nacionales y extranjeros. No existió relación en la conducta de ambos grupos siendo los estudiantes quienes más utilizan estas fuentes.

El 31 % de los docentes y el 25 % de los estudiantes indicaron validar la información de acuerdo a las características de la fuente. El 12.5 % de docentes y el 21 % de estudiantes, señalaron validar la información en base a formas de búsqueda. El 4 % de los estudiantes afirmaron que utilizan las recomendaciones del docente como una forma para considerar válida la información académica en línea. Dijeron no validar la información académica que obtienen de Internet el 20 % de los estudiantes y el 9 % de docentes. El 47 % de los docentes y el 33 % de los estudiantes no respondieron si validaban o no la información.

**DISCUSIÓN**

Existe una brecha generacional de dos décadas entre la mayoría de docentes y estudiantes, el 55 % de los docentes tenían de 41 a 60 años y el 76 % de los estudiantes de 18 a 21 años.

El 25.8 % de los docentes eran mayores de

		DOCENTES	ESTUDIANTES
No respondió		120	111
Respondió		135	222
Categorías	Subcategorías		
1. Características Fuente		Total : 80	Total: 83
	Autor	35	53
	Universidades Organismos oficiales	22	10
	Revistas indexadas	10	0
	Editor	4	0
	Revistas arbitradas	3	0
	ISBN	3	0
	Base de datos internacional	3	0
	Fuentes confiables		18
	Sitios científicos		2
2. Formas de búsqueda		32	71
	Comparando	27	27
	Fecha al publicar	2	0
	Crítica a la revista	1	0
	Preguntar a colegas	1	6
	Recomendación del docente	1	13
	Libros	0	25
3. No validan		23	68

51 años y cursaron sus estudios universitarios de nivel de licenciatura sin usar una computadora personal, ya que éstas salieron al mercado a partir de 1980. Lo cual indica que durante su desarrollo laboral tuvieron que aprender a usar la computadora y conocer el uso del Internet. El 35.2 % de los docentes tenían de 41 a 50 años y vivieron el inicio del desarrollo de la computación, pero cursaron su licenciatura sin el internet. El 34 % de los docentes son menores de 40 años, lo que posibilita que durante sus estudios de licenciatura tuviera acceso en mayor medida a la computadora personal y al uso del internet, el cual inició operaciones comerciales en México a partir de 1994, y la empresa Google operó hasta 1997. Los actuales estudiantes de la UAT de nivel licenciatura,

Campus Victoria, nacieron de 1994 en adelante, son las primeras generaciones que crecieron junto con la computadora y el Internet. Gisbert y Esteve (2011: 50) tratan esta situación de la siguiente manera: "Para Prensky (2001a y b) representan la primera generación que creció con esta tecnología y como resultado de ello no piensan ni procesan la información de la misma manera que sus predecesores, ya que sus patrones de pensamiento han cambiado. A estos «nuevos» estudiantes los denomina Nativos Digitales, hablantes nativos de un lenguaje digital, mientras que al resto los define como Inmigrantes Digitales, personas que aunque puedan llegar a adaptarse y aprender a usar estas tecnologías, no dejan de ser inmigrantes en un mundo digital,

manteniendo su «acento» que les diferencia. Por un lado, los estudiantes de hoy ya no son las mismas personas para las que fue diseñado nuestro sistema de formación superior, y por otro lado, nos encontramos ante un importante problema, ya que muchos de los profesores son Inmigrantes Digitales, luchando para enseñar a una población que habla un lenguaje completamente nuevo y distinto al suyo. Ante esta problemática, coincidimos con este autor en abordar este hecho desde dos perspectivas diferentes: un cambio metodológico. Los docentes deben aprender a comunicarse con el lenguaje y con el estilo de sus estudiantes, teniendo en cuenta las características de los nuevos aprendices, y desarrollando lo que él llama «metodologías nativas», próximas a esta generación. Un cambio en el contenido. Reconsiderando la idoneidad del «contenido legado» y repensando cuál debe ser el «contenido futuro».

El 55 % de los docentes entrevistados tenían grado de maestría y el 17.2 % doctorado, lo que los capacita ampliamente para realizar investigación académica, sin embargo, de acuerdo a la información recabada, el uso del internet para obtener fuentes de información científica parece ser aún limitado, como lo sugieren los resultados de este estudio. Tanto docentes como estudiantes recurrieron al internet para obtener información científica en un rango muy similar, 42.4 % los docentes y 40.8 % los estudiantes. Sin embargo, los docentes solo citaron el 21.3 % de las 488 fuentes digitales expresadas en las encuestas. Los estudiantes aportaron el 78.6% de las mismas. Aunque se esperaba que los docentes citaran más fuentes digitales con nombre propio, solo lo hicieron en el 27 % y los estudiantes en el 33 %, lo cual indica que los jóvenes parecen estar habituados a buscar fuentes científicas en Internet en mayor medida que los docentes. Existe una dependencia al uso del buscador Google para búsqueda de fuentes académicas en los estudiantes con el 21 %, pero dicho fenómeno en los docentes baja a la mitad. El 14 % de los estudiantes recurrieron a Wikipedia como enciclopedia en línea y solo el 1 % de los docentes lo hicieron. No hay relación entre los comportamientos del docente y del estudiante. Sin embargo, el alto índice de consulta por parte de los estudiantes a Wikipedia, pareciera indicar que sus docentes no les cuestionan tal práctica.

## CONCLUSIONES

La búsqueda de fuentes científicas en Internet entre los docentes y estudiantes es una actividad desarrollada en una proporción similar por ambos grupos, pero los estudiantes mostraron mayor frecuencia y diversidad en su búsqueda de fuentes académicas digitales y fueron capaces de identificar una proporción mayor de fuentes por su nombre, mientras los docentes lo hicieron en menor medida y recurrieron más a fuentes genéricas. Sin embargo, menos de la mitad de ambos grupos se preocupó por validar la fuente de la información que obtuvieron de internet, lo cual plantea una carencia de competencias digitales y de

reflexión crítica. Los docentes no influyeron en el comportamiento de sus estudiantes en el proceso de búsqueda de fuentes académicas en Internet, y se dio la experimentación y autoaprendizaje en ambos grupos, donde los estudiantes mostraron más habilidades e interés para realizar estas búsquedas en línea. Por lo anterior, es importante convocar a un foro que reúna a los actores correspondientes para tratar el tema de la utilización de recursos científicos en línea, que propongan los mecanismos adecuados para capacitar a docentes y estudiantes con herramientas de validación que permitan la identificación de sitios Web pertinentes. ||

## REFERENCIAS

- Barbero, J. (2009). Culturas/Tecnicidades/Comunicación. Organización de Estados Iberoamericanos para la educación y la cultura. [En línea]. Disponible en: <http://www.oei.es/cultura2/barbero.htm>. 2009. Fecha de consulta: 15 de enero de 2012.
- Esteve, F. (2009). Las TCI: De la docencia 1.0 al aprendizaje 2.0. Bolonia. [En línea]. Disponible en: [www.lacuestionuniversitaria.upm.es/web/grafica7articulo/img\\_boletin7/pdfs/LCU-7pdf](http://www.lacuestionuniversitaria.upm.es/web/grafica7articulo/img_boletin7/pdfs/LCU-7pdf). Fecha de consulta: 16 de enero de 2012.
- Flores, V. (2008). TIC, Comunicación y periodismo digital. (Ed.). Escenarios de enseñanza de ciberperiodismo. 126-134 (1-2 Pp.). Colombia: Ediciones Uninorte.
- Gazzola, A. y Didriksson, A. (2008). Tendencias de la educación superior en América Latina y el Caribe. 84Pp. [En línea]. Disponible en: [http://www.unesco.org/ve/dmdocuments/biblioteca/publicaciones2008/Libro\\_TENDENCIAS\\_espanol.pdf](http://www.unesco.org/ve/dmdocuments/biblioteca/publicaciones2008/Libro_TENDENCIAS_espanol.pdf). Fecha de consulta: 16 de enero de 2012.
- Gisbert, M. y Esteve, F. (2011). Digital learners: La competencia digital de estudiantes universitarios, cuestión universitaria. Boletín electrónico de la cátedra UNESCO de gestión y política universitaria, Universidad Politécnica de Madrid. 48-59Pp. [http://www.lacuestionuniversitaria.upm.es/web/articulo.php?id\\_articulo=83](http://www.lacuestionuniversitaria.upm.es/web/articulo.php?id_articulo=83). Fecha de consulta: 4 de febrero de 2012.
- (JISC), Joint Information Systems Committee (2008). Generation Google. Traducción libre de EDUTEKA. 10Pp. [En línea]. Disponible en: <http://www.eduteka.org/pdfdir/GeneracionGoogle.pdf>. Fecha de consulta: 13 de enero de 2012.
- Kolesas, M., De-Volder, C. y Franco, R. (2010). La información en internet: 1º parte: Dónde y cómo buscar información. 1ª (Ed.). Buenos Aires: Biblioteca del Docente. [En línea]. Disponible en: [http://www.bnm.me.gov.ar/redes\\_federales/bera/pais/caba/producciones/doc/informacion\\_internet.pdf](http://www.bnm.me.gov.ar/redes_federales/bera/pais/caba/producciones/doc/informacion_internet.pdf). Fecha de consulta: 25 de febrero de 2012.
- Litwin, E. (2005). Tecnologías educativas en tiempos de internet. Buenos Aires: Amorrortu Editores. (1-12Pp.). [En línea]. Disponible en: [http://cmapspublic.ihmc.us/rid=1GNWMMoB7-1L1N1LP-P7D/NT\\_Litwin.pdf](http://cmapspublic.ihmc.us/rid=1GNWMMoB7-1L1N1LP-P7D/NT_Litwin.pdf). Fecha de consulta: 28 de febrero de 2012.
- López, M. y Cordero, G. (2003). La Experiencia de validar un instrumento para evaluar revistas académicas electrónicas en internet. *Revista razón y palabra del ITESM*. [En línea]. <http://www.razonypalabra.org.mx/antteriores/n31/mlopez.html>. Fecha de consulta: 28 de febrero de 2012.
- Peña, I. y col. (2006). El profesor 2.0: Docencia e investigación desde la red. *Revista sobre la sociedad del conocimiento*. 10(3): 6. Universidad de Oberta de Catalunya, Catalunya, España. [En línea]. Disponible en: [http://www.uoc.edu/uocpapers/3/dt/esp/pena\\_corcoles\\_casado.pdf](http://www.uoc.edu/uocpapers/3/dt/esp/pena_corcoles_casado.pdf). Fecha de consulta: 16 de enero de 2012.
- Uribe-Tirado y col. (2008). Acceso, conocimiento y uso de internet en la universidad. modelo de diagnóstico y caracterización: caso universidad de Antioquia, Colombia. (1-188Pp.). [En línea] <http://www.renata.edu.co/index.php/publicaciones-y-documentos/431-acceso-conocimiento>. Fecha de consulta: 16 de enero de 2012.

# IDENTIFICACIÓN PROSPECTIVA DE FACTORES EN EL PROCESO DE GESTIÓN AMBIENTAL URBANA DE LA “ESTACIÓN DE METRO PETARE”, CARACAS, VENEZUELA

*PROSPECTIVE IDENTIFICATION OF FACTORS IN THE PROCESS OF URBAN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT “METRO STATION PETARE”, CARACAS, VENEZUELA*

**Mildred Pérez-Macías-de-Zerpa.**

Departamento de Ciencias Económicas y Administrativas, Valle de Sartenejas, Universidad Simón Bolívar, Edificio de Estudios Generales, 1<sup>er</sup> Piso, municipio Baruta, Región Capital Venezuela, Venezuela, C.P. 1080.

Correspondencia: mildredzerpa@gmail.com

Fecha de Recepción: 9 de octubre de 2012.

Fecha de Aceptación: 3 de junio de 2013.

## RESUMEN

Los espacios públicos pertenecientes a la Parroquia Petare, del Municipio Sucre, Región Capital Venezuela, han sido invadidos por el comercio informal, afectando la calidad del ambiente urbano. El objetivo de esta investigación fue identificar prospectivamente, factores de la gestión ambiental urbana para el rescate de la estación de metro Petare desde el enfoque del desarrollo sostenible. Para ello, se realizaron 28 reuniones de tormenta de ideas con los representantes de los diferentes grupos sociales (80 ciudadanos) que hacen vida en el espacio público estudiado. Primero, se llevaron a cabo 8 reuniones, donde se identificaron los 35 factores de mayor influen-

cia desde la perspectiva de los participantes. A partir de estos factores se realizaron 575 encuestas en sitio (estación de metro Petare) para establecer la influencia directa de cada uno de los actores en la problemática. Durante 10 reuniones realizadas, de acuerdo a los resultados de las encuestas, y aplicando la Técnica de Pareto para evaluar la clasificación directa, se obtuvieron los 16 factores más influyentes. En las últimas 10 reuniones se aplicaron métodos prospectivos, con el fin de establecer las variables ocultas influyentes para el desarrollo de un plan de recuperación del sitio. Se encontró que tanto la sana interacción social como la restricción de comercio informal, son variables objetivo con gran potencial de via-

bilidad, que permitirían la generación de un plan de gestión consensuado, sostenible en el tiempo y viable en el corto y mediano plazo en una sana gobernabilidad del espacio. La conclusión más sobresaliente, fue que la participación ciudadana orientada a reconocer la variable ambiente, permitió la identificación de factores influyentes de gestión urbana en espacios públicos que, por diferentes razones, han sido vulnerados con actividades no acordes a su función como parte del contexto urbano.

**PALABRAS CLAVE:** Participación ciudadana, gestión ambiental urbana, desarrollo sostenible, espacio público, prospectiva.

**Figura 1.**

*Ubicación geográfica del espacio público Estación de metro Petare, municipio de Sucre-Caracas, Venezuela.*  
 Figure 1. Geographic location of the Petare metro station Public space, Sucre Municipality- Caracas, Venezuela.

**ABSTRACT**

Public spaces belonging to the Petare Parish, of the Sucre Municipality, in the Region Capital Venezuela, have been invaded by informal trade, affecting the quality of the urban environment. The objective of this research was to prospectively identify factors of the urban environmental management, to rescue Petare metro station from the perspective of sustainable development. To this end, 28 brainstorming meetings were held with representatives of different social groups (80 people) that live in the public space studied. First, eight meetings were held to identify the 35 most influential factors from the perspective of the participants. From based on these factors, a survey was conducted on site (Petare metro station) with 575 participants, to identify the direct influence of each of the actors in the problem. During 10 meetings, held according to the survey results, and applying Pareto technique to assess direct classification, the 16 most influential factors were obtained. In the last ten meetings, prospective methods were used to identify the hidden influential variables for the development of a recovery plan for the site. Results indicated that healthy social interaction and informal trade restriction are potential target variables that allow the generation of a feasible short and medium term management plan, sustainable over time, in sound governance of space. The most striking conclusion was that citizen participation aimed at recognizing the variable environment, allowed the identification of influential factors of urban management in public spaces that for different reasons have been violated with activities that do not correspond to their function as part of the urban context.

**KEYWORDS:** Citizen participation, urban environmental management, sustainable development, public space, prospective.

**INTRODUCCIÓN**

La falta de estudios técnicos, económicos, sociales y ecológicos en múltiples ámbitos relacionados con el uso de los espacios públicos pertenecientes a la Parroquia Petare, de acuerdo con la ciencia, la técnica, la lógica, la

conveniencia social y al establecimiento de los límites y posibilidades de un adecuado proceso de desarrollo urbano, sin degradación ambiental y perjuicio social, permite reflexionar sobre la posibilidad de desarrollar mecanismos de participación ciudadana orientados al rescate de aquellos espacios públicos que, por diferentes razones, han sido vulnerados con actividades no de acuerdo a su función como parte del contexto urbano (Margheritti, 2005). La tradicional práctica de investigación de los escenarios de acción del hombre, dentro de su acontecer urbano, de una forma fragmentada y sectorial, puede ser cuestionada en los actuales momentos cuando está tomando fuerza un enfoque diferente de desarrollo, el sostenible, que permite conjugar factores económicos, sociales y ecológicos desde la perspectiva de la participación ciudadana, como elemento primordial del desempeño armónico de una ciudad (Contreras, 1994). Por ello, es importante establecer un análisis prospectivo que permita identificar factores influyentes para una gestión sustentable del espacio público. Las motivaciones fundamentales que condujeron a elaborar el estudio, radicaron en la observación de los rasgos especiales mostrados en la gestión ambiental urbana, para el rescate de espacios públicos dentro de la dinámica del

desarrollo sustentable, vinculados a cambios de condiciones económicas, ambientales, sociales y políticas y a un crecimiento progresivo del conocimiento ambiental por parte de los ciudadanos, en la primera década del siglo XXI en Venezuela. La trascendencia y la urgencia de fortalecer las líneas de planificación y gestión ambiental urbana municipal con intervención activa de las personas en la Parroquia Petare son cada vez más aceptadas, pero aún carecen del impacto mínimo necesario para involucrar a la ciudadanía, generando improvisación, transgresión de las normas y la búsqueda de salidas meramente legales y no consensuadas que eviten de alguna manera el desbordamiento de conflictos humanos (Girardet, 1992). Por ello, el objetivo de la presente investigación, es la identificación prospectiva de factores influyentes en el proceso de gestión ambiental urbana, para el rescate del espacio público estación de metro "Petare", localizado en el Municipio Sucre-Caracas-Venezuela (Figura 1), a través de la identificación de los factores actuales que definen la calidad del espacio público en este lugar, desde la percepción de sus usuarios, y de la identificación de medidas asociadas al proceso de recuperación de este espacio público, introduciendo la variable ambiente desde el enfoque del desarrollo sostenible.

**Tabla 1.****Jerarquización Porcentual de Factores (variables) según los datos obtenidos en las encuestas.**

Table 1. Percentage Ranking of Factors (variables) according to the data obtained from the surveys.

NÚMERO DE VARIABLE	CÓDIGO INICIAL	DESCRIPCIÓN DE VARIABLES (OBTENIDAS DURANTE LAS PRIMERAS 8 REUNIONES)	GRADO DE INFLUENCIA POSITIVO SOBRE LA GESTIÓN AMBIENTAL DEL ESPACIO PÚBLICO ESTACIÓN METRO PETARE											TOTAL
			No hay influencia		Poca influencia		Media influencia		Fuerte influencia		Influencia Potencial			
			VARIABLE	0	%	1	%	2	%	3	%	4	%	
1	a	Participación Ciudadana en planificación	V1	0	0	0	0	12	2	455	90	37	7	504
2	b	Participación ciudadana en la planificación de la gestión ambiental urbana	V2	25	5	18	4	15	3	35	7	411	82	504
3	c	Composición del espacio		333	66	128	25	21	4	13	3	9	2	504
4	d	Restricción del comercio informal	V3	0	0	0	0	0	0	491	97	13	3	504
5	e	Sana interacción social	V4	0	0	24	5	435	86	24	5	21	4	504
6	f	Consecución de políticas de gestión ambiental	V5	0	0	1	0	0	0	503	100	0	0	504
7	g	Resguardo ambiental	V6	0	0	0	0	2	0	0	0	502	100	504
8	h	Establecimiento de legislación para el manejo del espacio público		0	0	0	0	0	0	267	53	237	47	504
9	i	Espacio público como escenario de interacción humana	V7	0	0	29	6	0	0	0	0	475	94	504
10	j	Improvisación en la gestión del espacio público		70	14	81	16	113	22	115	23	125	25	504
11	k	Falta de formación en planificación del funcionario público		103	20	88	17	107	21	105	21	101	20	504
12	l	Ocupación del espacio público		0	0	0	0	25	5	323	64	156	31	504
13	m	Inversión financiera a largo plazo		67	13	41	8	112	22	39	8	245	49	504
14	n	Gestión efectiva del municipio		159	32	116	23	80	16	31	6	118	23	504
15	o	Procesos de comunicación		0	0	277	55	0	0	0	0	227	45	504
16	p	Asociación estratégica con el sector privado en la toma de decisiones		0	0	0	0	0	0	198	39	306	61	504
17	q	Integración de actores	V8	0	0	12	2	0	0	465	92	27	5	504
18	r	Lecciones aprendidas	V9	0	0	0	0	4	1	500	99	0	0	504
19	s	Acción inmediata proactiva	V10	0	0	0	0	501	99	0	0	3	1	504
20	t	Control y Monitoreo de la gestión ambiental urbana		55	11	79	16	48	10	157	31	165	33	504
21	u	Capacitación y formación de los actores		157	31	0	0	0	0	26	5	321	64	504
22	v	Implantación de un sistema de gestión integrado		336	67	109	22	0	0	0	0	59	12	504
23	w	Cronograma de acción		176	35	289	57	12	2	18	4	9	2	504
24	x	Educación ciudadana	V11	0	0	0	0	3	1	489	97	12	2	504
25	y	Programas de participación en gestión		0	0	0	0	150	30	178	35	176	35	504
26	z	Mejorar la infraestructura interna	V12	0	0	0	0	0	0	5	1	499	99	504
27	aa	Formación de brigadas de seguridad		0	0	125	25	11	2	368	73	0	0	504
28	ab	Desarrollo de actividades de recreación	V13	0	0	0	0	0	0	4	1	500	99	504
29	ac	Despeje del espacio público externo de la estación de metro Petare	V14	0	0	2	0	20	4	21	4	461	91	504
30	ad	Recuperación de la infraestructura		0	0	0	0	109	22	164	33	231	46	504
31	ae	Recursos financieros		0	0	39	8	4	1	125	25	336	67	504
32	af	Recursos financieros privados	V15	2	0	2	0	27	5	466	92	7	1	504
33	ag	Recuperación y mantenimiento de las áreas verdes	V16	0	0	0	0	0	0	5	1	499	99	504
34	ah	Mantenimiento de esculturas		239	47	39	8	0	0	156	31	70	14	504
35	ai	Aplicación más contundente de leyes, reglamentos y ordenanzas municipales		11	2	102	20	0	0	256	51	135	27	504

Nota 1. El valor % representa la participación porcentual de esa respuesta con respecto al total de las 575 encuestas.

Nota 2. Los valores más altos se destacan en color azul, los cuales corresponden a las 16 variables con influencia directa establecida por los encuestados.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la estación de metro Petare, Caracas, Venezuela con representación de los diferentes grupos sociales que hacen vida cotidiana en dicho espacio, como son usuarios, policía municipal, buhoneros (vendedores ambulantes), personal administrativo y obrero de la empresa metro de Caracas, dueños de locales comerciales

ubicados en las adyacencias de la estación y personal administrativo de la Alcaldía del municipio Sucre Región Capital Venezuela.

Materiales para el Análisis de la Información

a) Material hemerográfico, digital y documental; b) 28 reuniones: donde participaron 80 actores involucrados (4 grupos de 20 personas) (comerciantes informales, comerciantes

formales, policías, funcionarios gubernamentales, usuarios del metro, estudiantes, amas de casa, empresarios, chóferes y desempleados); c) 575 encuestas en sitio (estación de metro Petare) a actores involucrados (comerciantes informales, comerciantes formales, policías, funcionarios gubernamentales, usuarios del metro, estudiantes, amas de casa, empresarios, chóferes y desempleados; las personas

**Tabla 2.**

*Clasificación y descripción de las variables influyentes.*

*Table 2. Classification and description of the influential variables.*

N	TÍTULO LARGO	TÍTULO CORTO	DESCRIPCIÓN
1	Participación ciudadana en planificación	V1	En la planificación del espacio público debe haber participación de los ciudadanos
2	Participación ciudadana en la planificación de la gestión ambiental urbana	V2	La gestión ambiental en un espacio público debe realizarse con la participación de todos los actores involucrados
4	Restricción del comercio informal	V3	Establecer políticas para restringir buhoneros en la estación de metro
5	Sana interacción social	V4	Que los diferentes grupos sociales que hacen vida en el espacio público tengan una sana interacción
6	Consecución de políticas de gestión ambiental	V5	Que se mantengan en el tiempo las políticas asociadas a la planificación ambiental del espacio público
7	Resguardo ambiental	V6	Que se ejecuten todas las actividades planificadas en pro de resguardar el espacio natural que conforma la estación de metro Petare
9	Espacio público como escenario de interacción humana	V7	Que el espacio público permita la interacción de los diferentes actores que hacen vida cotidiana en la estación de metro Petare, de forma armónica
17	Integración de actores	V8	Que todos los ciudadanos tengan la misma oportunidad de participar en la gestión ambiental del espacio público estación de metro Petare
18	Lecciones aprendidas	V9	Buenas prácticas o enfoques innovadores que son obtenidos a través de la experiencia directa en la gestión ambiental del espacio público
19	Acción inmediata proactiva	V10	Actitud en la que los ciudadanos asumen el pleno control de sus acciones ante el uso del espacio público estación de metro Petare
24	Educación ciudadana	V11	Desarrollo personal, político, social y ambiental en pro de la igualdad para ejercer las funciones inherentes a la gestión ambiental del espacio público
26	Mejorar la infraestructura interna	V12	Cumplir con las actividades relacionadas con los andenes, casetas de atención al usuario, carteles de identificación, etc., al interior de la estación de metro Petare
28	Desarrollo de actividades de recreación	V13	Llevar a cabo las actividades de ocio y recreación establecidas en el plan de gestión con la finalidad de generar arraigo en el ciudadano hacia el espacio público estación de metro Petare
29	Despeje del espacio público externo de la estación de metro Petare	V14	Despejar el espacio externo de la estación de metro Petare de vendedores ambulantes, animales, basura, indigentes, línea de transporte troncal, etc.
32	Recursos financieros privados	V15	Establecer convenios de participación, promoción o publicidad con los empresarios de la zona aledaña a la estación de metro Petare
33	Recuperación y mantenimiento de las áreas verdes	V16	Recuperar las áreas verdes que forman parte de la estación de metro Petare y mantener un plan de mantenimiento preventivo de las mismas

**Tabla 3.**

*Jerarquización de relaciones directas entre factores (variables).*  
 Table 3. Ranking of direct relations between factors (variables).

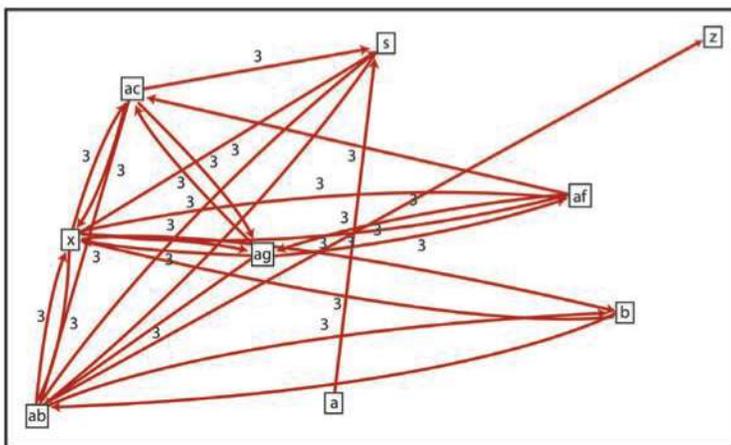
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	Indicador de Motricidad
V1	0	4	4	2	2	1	4	0	3	3	2	3	3	3	4	2	40
V2	4	0	1	4	3	3	0	0	1	2	3	2	4	3	0	0	30
V3	4	0	0	3	2	1	4	4	4	4	2	2	2	2	0	0	34
V4	2	3	3	0	4	4	2	3	4	4	3	0	3	4	0	4	43
V5	0	0	1	4	0	4	0	0	4	4	0	0	1	4	0	4	26
V6	0	2	3	4	4	0	2	0	4	4	4	0	2	4	0	4	37
V7	4	1	4	2	0	1	0	4	0	4	4	0	0	0	3	0	27
V8	0	0	4	0	0	0	4	0	0	4	4	0	3	0	3	0	22
V9	0	0	4	3	3	1	1	3	0	2	0	0	3	0	0	0	20
V10	4	4	4	3	3	4	1	3	3	0	4	0	4	2	0	0	39
V11	4	4	4	4	4	4	4	3	3	1	0	0	4	4	4	4	51
V12	0	0	4	0	0	1	0	0	3	0	0	0	4	0	0	0	12
V13	4	3	4	4	3	2	4	4	3	4	4	0	0	0	2	0	41
V14	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	0	4	0	2	4	52
V15	4	4	0	3	3	4	4	3	0	0	4	0	2	4	0	4	39
V16	2	2	0	4	4	4	2	3	3	0	4	0	3	4	4	0	39
Indicador de Dependencia	36	31	44	44	39	38	35	34	38	40	42	7	42	34	22	26	<b>Total</b>

Nota: Solo se tomaron las 16 primeras variables que arrojó el Pareto a fin de poder utilizar el método MICMAC con números pares de variables. Los valores reflejados en esta tabla corresponden a los niveles de influencia directa promedio de cada variable sobre las demás que conforman el sistema.

0	Sin influencia
1	Débil
2	Media
3	Fuerte
4	Potencial

**Figura 2.**

*Influencias directas potenciales.*  
 Figure 2. Potential direct influences.



Nota: El color rojo significa que todos los factores en una percepción de influencia directa representan la más importante. Por ello, en esta figura todas las intersecciones poseen el número "3", que corresponde a "Influencia Fuerte".

0 = Sin influencia  
 1 = Débil influencia  
 2 = Media influencia  
 3 = Fuerte influencia

que participaron en la encuesta no participaron en las reuniones a fin de evitar sesgo para establecer la influencia directa de cada uno en la problemática; d) Marco legal vigente en Venezuela para el momento de la investigación relacionado con el tema de estudio y; e) MICMAC Software de aplicación: Instituto LIPSOR de Prospectiva. Francia (Giget, 1999).

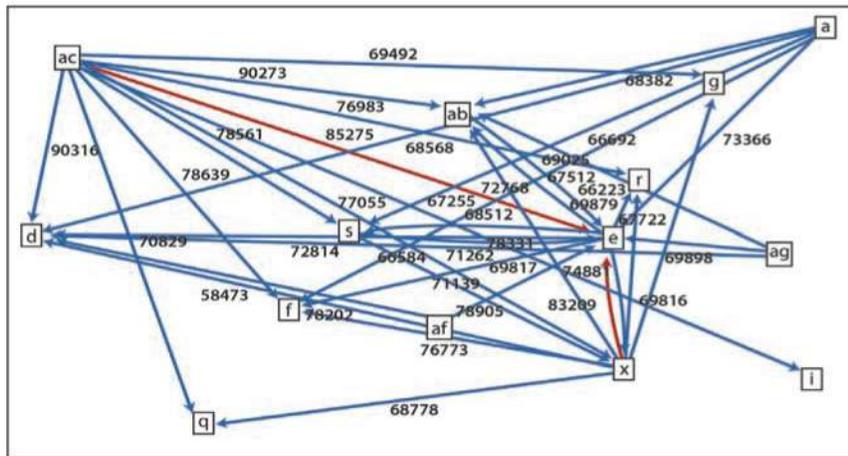
**Método Estadístico**

La Multiplicación de matrices booleanas (Godet, 1990) fueron utilizados para establecer el nivel de jerarquización y potencialidad en la influencia y dependencia directa de las variables a futuro, en la solución de la problemática estudiada. De igual forma, se investigó el

**Figura 3.**

**Influencias indirectas potenciales.**

Figure 3. Potential Indirect influences.



Nota: El color rojo significa que los factores (variables "x", "e" y "ac") representan la influencia indirecta potencial más importante. Es decir solo tres variables (luego del tratamiento matemático de tendencias) se ubican con influencias más importantes. Los números colocados sobre las líneas representan el nivel de estabilidad de la variable a la tercera potencia.

0 = Sin influencia  
 1 = Débil influencia  
 2 = Media influencia  
 3 = Fuerte influencia

**Tabla 4.**

**Matriz a la tercera potencia influencias indirectas potenciales.**

Table 4. Matrix to the third power of potential indirect influence.

	1 : V1	2 : V2	3 : V3	4 : V4	5 : V5	6 : V6	7 : V7	8 : V8	9 : V9	10 : V10	11 : V11	12 : V12	13 : V13	14 : V14	15 : V15	16 : V16
1 : V1	87422	82105	92449	107121	101008	99476	119228	107801	98478	118815	113397	66070	94591	107303	96539	90895
2 : V2	86377	81266	91392	105935	99888	98362	117916	106602	97396	117507	112143	65367	93515	106104	95456	89882
3 : V3	65504	61690	69446	80394	75804	74743	89416	80981	73892	89131	85113	49655	71043	80523	72561	68171
4 : V4	76801	72217	81310	94281	88870	87472	104800	94805	86571	104501	99842	58154	83139	94356	84964	79800
5 : V5	66789	62944	70882	82124	77447	76135	91167	82561	75255	90946	86941	50690	72464	82218	74011	69410
6 : V6	56095	52664	59271	68748	64747	63854	76476	69233	63188	76194	72699	42409	60714	68826	61941	58329
7 : V7	62501	58732	66085	76622	72204	71183	85352	77069	70513	84911	81071	47299	67633	76763	69050	65039
8 : V8	61843	58199	65427	75871	71473	70408	84388	76377	69693	84079	80242	46826	66955	75996	68299	64376
9 : V9	63289	59470	66886	77514	73100	72116	86395	78061	71436	85995	82099	47855	68488	77644	69942	65847
10 : V10	78906	74223	83538	96756	91295	89810	107658	97325	88899	107375	102436	59655	85444	96875	87241	82060
11 : V11	70171	65964	74259	86093	81228	79881	95687	86655	79040	95454	91160	53120	76007	86255	77583	72885
12 : V12	35291	33157	37295	43261	40794	40149	48155	43511	39782	47983	45805	26680	38170	43308	38969	36682
13 : V13	65819	61968	69734	80878	76182	74954	89797	81325	74169	89501	85505	49901	71295	80957	72839	68411
14 : V14	71292	67155	75532	87580	82562	81220	97325	88048	80419	96984	92694	54038	77196	87667	78930	74112
15 : V15	66209	62354	70163	81298	76623	75536	90385	81811	74710	90046	86061	50189	71766	81360	73365	68866
16 : V16	64002	60095	67608	78290	73839	72876	87335	78891	72165	86960	82899	48310	69229	78477	70620	66669

nivel de dependencia e influencia potencial de variables ocultas, que en un futuro puedan influir en la gestión ambiental urbana del espacio público estudiado.

Método no experimental. Método empírico-analítico. Tipo de Investigación según el objeto de estudio: Caso de Estudio (Hernández, 2005).

Para la identificación de variables influyentes ocultas se utilizó el método prospectivo para análisis estructural MICMAC (Giget, 1996), según las siguientes fases:

#### Fase 1: listado de las variables

La primera etapa consistió en enumerar el conjunto de variables que caracterizaron el sistema estudiado (tanto las variables externas como las internas), utilizando 28 reuniones de reflexión colectiva y de tormentas de ideas. De un universo de 35 variables identificadas de forma directa en 8 reuniones (Tabla 1), se realizaron 575 encuestas a actores involucrados (que no participaron en las reuniones). A través de los resultados de las encuestas realizadas, utilizando la Técnica de Pareto, en 10 reuniones más, se establecieron las 16 variables de clasificación directa determinadas por los encuestados y su descripción con la finalidad de hacer uso en números pares del método MICMAC (Tabla 2).

#### Fase 2: descripción de relaciones entre variables

Se realizó un análisis estructural de las variables mediante un tablero de doble entrada (relaciones directas) de acuerdo a lo propuesto por (Godet, 2005). Se evaluó la intensidad de cada una de las variables (i y j), mediante la siguiente ponderación: 0 = nulo, 1 = débil, 2 = mediana, 3 = fuerte, 4 = potencial. Esta metodología permitió ordenar y clasificar ideas, dando lugar a la creación de un lenguaje común en el seno del grupo; así como redefinir las variables y en consecuencia afinar el análisis del sistema.

#### Fase 3: identificación de las variables clave influyentes potenciales

Durante las últimas 10 reuniones finales, se estableció la jerarquización de los resultados obtenidos. Esta última fase consistió en la

identificación de variables clave influyentes potenciales, en primer lugar mediante una clasificación directa (de realización fácil), y posteriormente por una clasificación indirecta potencial (utilizando multiplicación de matrices booleanas elevadas a la tercera potencia).

La comparación de resultados (clasificación directa, indirecta y potencial) permitió confirmar la importancia de ciertas variables, pero de igual manera permitió develar ciertas variables que en razón de sus acciones indirectas, tuvieron un papel principal (y que la clasificación directa no colocó de manifiesto en una primera aproximación). La comparación de la jerarquización de las variables, en las diferentes clasificaciones fue un proceso rico en enseñanzas y permitió ser la base para la elaboración de planes de gestión. Se utilizó el análisis de Pareto, para separar los factores "pocos vitales" de los "muchos triviales".

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1, donde se observa que existen 35 variables (factores) identificadas de forma directa por la percepción de los entrevistados con valores de jerarquización entre 82 % y 100 %. Del análisis de la Tabla 1, se elaboró la Tabla 2, donde se presentan los 16 factores que conforman el sistema de variables con influencia directa establecidas por los encuestados. En la Tabla 3, se puede observar la valoración de relación directa que dieron los actores involucrados a las diferentes variables influyentes obtenidas por el análisis de causa raíz, donde el 80 % de las causas produjeron el 20 % de los efectos. Estos niveles de influencia se obtuvieron por el grupo de actores que asistieron a las primeras 8 reuniones. Aunque sólo se tomaron las 16 primeras variables que arrojó el análisis de Pareto. Las variables "Participación ciudadana en la planificación" y "Participación ciudadana en la gestión ambiental" resultaron en los dos primeros lugares, coincidiendo con lo señalado por Segovia (2007), quién estableció que a medida que las personas participan de forma activa en las actividades de un espacio público, van creando arraigo y compromiso para el mantenimiento y morfología urbana del mismo.

En la Tabla 3 de resultados, se observan los siguientes indicadores: motricidad: representado por la sumatoria de la máxima

influencia de cada variable sobre las demás.

Dependencia: representado por cuáles son las variables que influyen sobre cada una de las variables. En la Figura 2, se aprecia como todas las variables evaluadas de forma directa son influyentes para los actores, sin discriminar la potencialidad de cada una de ellas dentro del sistema, representando todo el conjunto de variables un nivel de influencia "más importante" (color rojo) (Godet, 1996). La Tabla 3 representa las influencias y dependencias actuales y potenciales entre variables, al aplicar el método MICMAC (matriz de impactos cruzados multiplicación aplicada para una clasificación) en influencias indirectas potenciales. De igual forma se observa en la Tabla 4, la estabilidad de las variables elevada a la tercera potencia, buscando de esta forma identificar las verdaderas variables clave potenciales (u ocultas). La Figura 3, representa las variables clave determinantes que tendrán influencia potencial en el tiempo para el desarrollo de un plan de gestión ambiental urbana en la recuperación del espacio público estación de metro Petare. Estas variables son la Educación Ciudadana (24/x=V11), Sana interacción social (5/e=V4) y Despeje del espacio público externo a la estación (29/ac=V14); si se compara esta jerarquización con la establecida por Hernández (2006), existe una diferencia de jerarquización, ya que para este autor el ciudadano delega en los funcionarios públicos las intervenciones favorables para recuperar un espacio público, lo que le permitiría el disfrute y arraigo posterior del mismo. Pero el estudio realizado determinó que para que esa recuperación y arraigo se produzca en el tiempo, es necesario comenzar hoy con procesos de educación ciudadana que permita una sana interacción social y que el espacio público recupere su condición de espacio abierto, donde se haga cumplir las leyes y no se permita la realización de actividades comerciales que deterioran el mismo. Establece Galeano (2010), que la gestión de lo público implica que los problemas, conflictos y carencias tienen que abordarse de manera consensuada y no con decisiones tomadas por cúpulas gubernamentales que alejan a los ciudadanos de la autoridad pública, de ahí que identificar variables influyentes como la Variables Objetivo determinada en este estudio: Sana interacción social (5/e=V4)

para el rescate de un espacio público como la estación metro Petare y Variable Reguladora: Restricción del comercio informal (4/d=V3), permitirían la generación de un plan de rescate de gestión consensuada sostenible en el tiempo, y viable en el corto y mediano plazo en una sana gobernabilidad del espacio. Con la participación de los ciudadanos, se puede tener una visión más holística de las necesidades de uso para un espacio público y que el mismo se gestione para el bien común y el mejoramiento de la calidad de vida de toda la población. Belalcázar (2011), realizó un análisis sobre los derechos/deberes al uso común o colectivo de los ciudadanos sobre los bienes de uso público desde el ámbito jurídico. Al establecer un contraste entre las conclusiones de Belalcázar (2011), y las variables obtenidas con mayor relevancia para el proceso de recuperación del espacio público estación de metro Petare, se observa que las Variables Resultado: Integración de actores (17/q=V8) y Espacio público como escenario de interacción humana (9/i=V7), desarrolladas en un ámbito social, implican para el ciudadano (como individuo) y la autoridad municipal, el deber de reconocer en el colectivo el derecho a uso común de este espacio. Pinzón y col. (2010), establecieron en su estudio, sobre una propuesta metodológica de intervención de espacios públicos, que es posible observar cómo las variables con mayor valoración para los primeros cinco criterios, corresponden a la dimensión socio espacial y para los últimos tres criterios a la dimensión biofísica, pero no se identifican variables asociadas al conocimiento y educación ciudadana, como sí fue el caso del estudio realizado donde las variables Lecciones aprendidas (18/r=V9), Acción inmediata proactiva (19/s=V10), Educación ciudadana (24/x=V11) y desarrollo de actividades de recreación (20/t=V13), representan una potencialidad importante en tomar en cuenta para el éxito de un plan de gestión. Tomando en cuenta las propuestas establecidas por Ochoa (2011), donde a través de su estudio en la ciudad de Barranquilla Colombia, establece como significativa la participación del ciudadano en el plan maestro de espacio público, pero sin establecer cuáles serían los factores relevantes de esa participación, el presente estudio permitió establecer a través de la variable determinante: Participación ciudadana en la planificación de la gestión ambiental urbana

(2/b=V2), los factores prospectivos específicos de acción colectiva para la recuperación de la estación metro Petare, que serán mencionados explícitamente en las conclusiones.

### CONCLUSIONES

Se establecieron variables ocultas influyentes potenciales de una forma prospectiva, es decir, variables que a la primera percepción de los entrevistados no tenían ninguna influencia en la problemática, pero que si no son tomadas en cuenta para la planificación, no se podría garantizar una gestión sostenida del espacio público en

el tiempo. Se identificó la vinculación del ámbito ambiental con el social y el económico - financiero como sistema de gestión para la recuperación del espacio público, donde la participación ciudadana contribuye como elemento de interacción para la viabilidad de un modelo de desarrollo sostenible. Además del aporte que da este estudio al conocimiento sobre la recuperación de espacios públicos bajo el enfoque de una gestión ambiental urbana diseñada en base al desarrollo sustentable y, a escenarios futuros posibles a partir de la percepción de los ciudadanos que hacen vida cotidiana en ellos. ||

### REFERENCIAS

- Belalcázar, E. (2011). *Defensa constitucional al derecho del espacio público*. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 63-81 Pp.
- Contreras, H. (1994). *Ambiente, Desarrollo Sustentable y Calidad de Vida*. Caracas: Ed. García.
- Galeano, S. (2010). *Formas sociales y racionalidades alternas en la ordenación del espacio público: Experiencias urbanas de comercio informal en Bogotá*. Colombia: Universidad de Colombia. 156-170 Pp.
- Giget, M. (1996). *Le Renouveau stratégique des entreprises américaines*. *Management France*. 95:65-71.
- Giget, M. (1999). *L'identité de l'entreprise. préalable a la réflexion stratégique*. *Futuribles*. 137: 139-153.
- Girardet, H. (1992). *Ciudades. Alternativas Para Una Vida Urbana Sostenible*. Madrid: Ed. Celeste. 170-180 Pp.
- Godet, M. (1990). *Problemas y métodos de prospectiva: caja de herramientas*. México: Unesco. 24- 31 Pp.
- Godet, M. (1996). *Prospectiva y planificación estratégica*. Francia: Editores Instituto LIPSOR. 7-13 Pp.
- Godet, M. (2005). *La caja de herramientas de la prospectiva estratégica*. *Prospektiker Instituto Europeo de Prospectiva y Estrategia*. España: Zarautz (Gipuzkoa). 62-67Pp.
- Hernández, S., Fernández-Collado, R., Baptista, C. y Lucio, P. (2005). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill. 183-266 Pp.
- Hernández, N. (2006). Proyecto "Espacios públicos y cohesión social", presentado por la Municipalidad de Peñalolén al Programa URBAL de la Comisión Europea.
- Margheritti, M. (2005). *Estrategias y políticas para un desarrollo sostenible*. Caracas: Asociación Venezolana de ejecutivos, Universidad Metropolitana.
- Ochoa, R. (2011). El espacio público como eje articulador de la calidad de vida en la Ciudad de Barranquilla. Corporación Universitaria de la Costa. *Jurídicas CUC*. 7 (1): 139-190.
- Pinzón-Botero, M. V., y Echeverri-Álvarez, I. C. (2010). Espacio público, cultura y calidad ambiental urbana una propuesta metodológica para su intervención. *Investigación y Desarrollo*. Universidad del Norte Barranquilla, Colombia. 18(1) 92-113.
- Segovia, O. (2007). *Espacios públicos y construcción Social*. Santiago de Chile: Ediciones Sur. 59-85 Pp.

# COMPORTAMIENTO DE LOS FRUTOS DE NONI (*MORINDA CITRIFOLIA* L.) A DIFERENTES TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO POSCOSECHA

*BEHAVIOR OF NONI FRUIT (MORINDA CITRIFOLIA L.) AT  
DIFFERENT TEMPERATURES OF POSTHARVEST STORAGE*

Tito López-Vázquez, Nicolás González-Cortés\*, Román Jiménez-Vera, Juan Guzmán-Ceferino y  
Martha Esther May-Gutiérrez.

División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
Carretera Tenosique- Cascadas de Reforma frente a la Col. Solidaridad, Tenosique, Tabasco, México, C.P. 86901.

\*Autor para correspondencia: nicolas.gonzalez@ujat.mx

Fecha Recepción: 5 de febrero de 2013.

Fecha Aceptación: 5 de marzo de 2013.

## RESUMEN

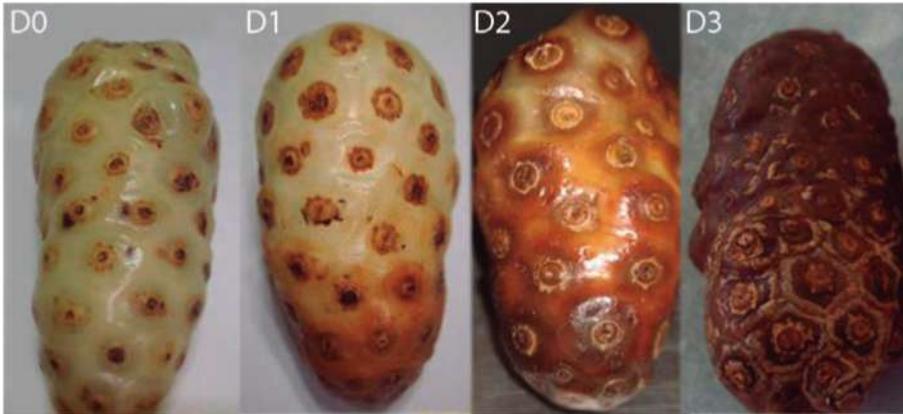
El noni es un fruto tropical climatérico con vida poscosecha muy reducida. El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento de los frutos de noni, almacenados a 0, 5, 15 y 28 ± 2 °C (testigo). Para el experimento se utilizaron frutos libres de plagas y enfermedades, sin defectos físicos, grado de madurez 2 (GM2) (frutos con el 50 % del área de color verde), peso promedio de 122 g, pH de 4.82 y °Brix 7.0. Los resultados indicaron que los frutos almacenados a 0 y 5 °C sufrieron daños severos por frío. Mientras que a 15 °C, se incrementó la vida poscosecha hasta 12 días; y los frutos presentaron los siguientes cambios: 13.40 % de pérdida de peso, pH 5.19,

°Brix 10.0 y GM3 (frutos con más del 50 % del área de color perla). En comparación con los frutos almacenados a temperatura ambiente (28 ± 2 °C), al tercer día después el experimento, los frutos presentaron las siguientes características: 2.73 % de pérdida de peso (0.23), pH 8.13, °Brix 10 y GM4 (frutos totalmente maduros color pardo oscuro). Se concluye que al almacenar los frutos a una temperatura moderada (15 °C), se mantienen hasta 12 días en buenas condiciones fisicoquímicas, incrementándose la vida poscosecha, para ofrecer frutos frescos en buenas condiciones organolépticas para mercados exigentes y distantes, reduciendo las pérdidas de comercialización.

**PALABRAS CLAVE:** Morinda, poscosecha, organolépticas, refrigeración.

## ABSTRACT

Noni is a tropical climacteric fruit with very limited postharvest life. The objective of this research was to evaluate the behavior of the noni fruit, stored at 0, 5, 15 and 28 ± 2 °C (control). For the experiment we used pest and disease free fruit, with no physical defects, degree of maturity (GM2) (fruit with 50% green area), mean weight of 122 g, pH 4.82 and 7.0 ° Brix. The results indicated that the fruit stored at 0 to 5 °C were severely damaged by cold. At 15 °C, postharvest life was increased to 12 days, and the fruits showed the following changes: 13.40 % weight loss, pH 5.19, ° Brix 10.0 and GM3 (fruits with more than 50% of the bead area colored). Compared to fruit stored at room temperature (28 ± 2 °C), the third day after the experiment, the fruits showed the following characteristics: 2.73% weight loss, pH 8.13, °Brix 10 and GM4 (fully mature fruits were dark



**Figura 1.**

*Determinación de escalas de daño por frío en frutas de noni, de acuerdo a color de su epidermis.*

*Figure 1. Determining chilling injury scales in noni fruit, according to the color of their scarfskin.*

**Figura 2.**

*Clasificación del grado de madurez de los frutos de noni de acuerdo al color de la epidermis.*

*Figure 2. Classification of the degree of maturity of the fruits of noni according to the color of scarfskin.*



brown). We conclude that by storing the fruit at a moderate temperature (15 ° C), it is kept up to 12 days in good physicochemical conditions, increasing its postharvest life, to offer fresh fruit in good organoleptic condition for demanding and distant markets, reducing commercialization loss.

**KEYWORDS:** Morinda, postharvest, organoleptic, cooling.

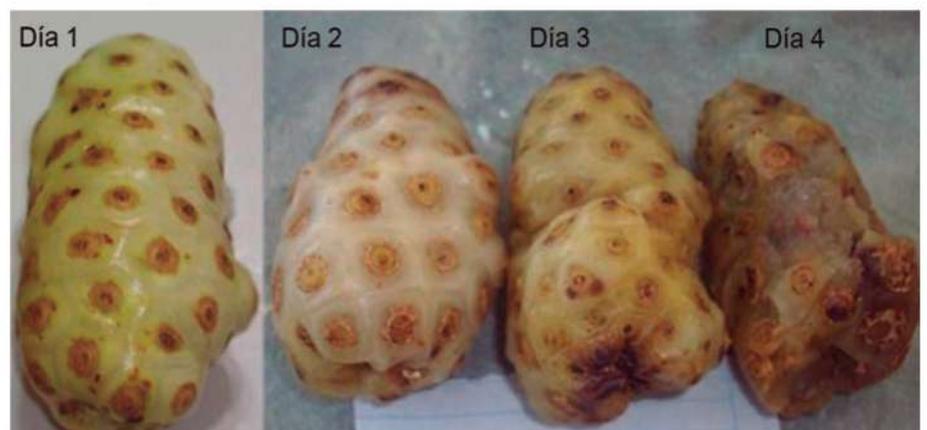
#### INTRODUCCIÓN

El deterioro poscosecha de frutas y hortalizas es un problema que afecta gravemente a la economía de los productores, comercializadores y consumidores (Ramírez y col., 2005; Morrelli y Adel, 2012). En países desarrollados se estima que las pérdidas poscosecha alcanzan de 5 al 25 %, mientras que en los países en vías de desarrollo alcanzan de 20 al 50 %;

**Figura 3.**

*Efectos de la temperatura ambiente 28 ± 2 °C en la vida poscosecha de la fruta de noni.*

*Figure 3. Effects of temperature 28 ± 2 °C in the postharvest life of the noni fruit.*



**Tabla 1.**

**Comportamiento de frutos de noni (*Morinda citrifolia* L.) sometidos a diferentes grados de temperatura para determinar su mejor vida poscosecha.**

Table 1. Behavior of noni fruit (*Morinda citrifolia* L.) under different temperatures to determine their best postharvest life.

TEMPERATURA	DAÑO POR FRÍO	PÉRDIDA DE PESO PROMEDIO		PH		°BRIX		VIDA POS-COSECHA (DÍAS)	GRADO DE MADUREZ
		g	%	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
0 °C	D3	3.54 (+ 0.37)	2.96	4.82	5.10 (+ 0.08)	7	7.3 (+ 0.11)	2	--
5 °C	D2	12.84 (+ 1.07)	11.13	4.82	5.3 (+ 0.17)	7	7.7 (+ 0.23)	2	--
15 °C	D0	17.37 (+ 0.3)	13.4	4.82	5.19 (+ 0.06)	7	10.0 (+ 0.06)	12	GM3
28 °C	D0	3.38 (+ 0.23)	2.73	4.82	8.13 (+ 0.07)	7	10.0 (+ 0.09)	3	GM4

lo que impide el alcance a mercados hortofrutícolas exigentes y lejanos (Wills y Glasson, 1984; Dáger y col., 2007). Las frutas climatéricas son un grupo que después de la cosecha sufren numerosos cambios fisicoquímicos (Beattie y Wade, 1997) que determinan la calidad nutricional y organoléptica (Wills y Glasson, 1984). Después de la cosecha, las frutas siguen respirando, consumen sus reservas de carbohidratos para producir CO<sub>2</sub>, agua, energía y otros componentes, y durante este proceso hay pérdida de peso, cambios de sabor y deterioro del fruto (Dekker, 1996). El noni es una fruta tropical climatérica (Sang y col., 2002; Acosta, 2006). Kamiya y col. (2004) y Chan y col. (2006) han reportado importantes usos del noni como: alimentarios (Jiménez, 2003), funcionales (González y González, 2003) nutraceuticos (Heinicke, 2003), y medicinal (Ulloa y col., 2012). Entre las sustancias identificadas se encuentran las proxeroninas y xeroninas (Elkins, 1997), antraquinonas (Dixon y col., 1999; Wang y Su, 2001), damnicanal (Hiramatsu y col., 1993), componentes antioxidantes (Mohd y col., 2001; Yang y col., 2010) de efecto contra el cáncer (Hirazumi y col., 1994; Ahmad y col., 2012). Sin embargo, esta fruta es altamente perecedera, su vida de anaquel es de solo 3 a 4 días; después adquiere una textura suave, color pardo y comienza a descomponerse rápidamente, lo que dificulta su comercialización (Chan y col., 2006). La refrigeración permite prolongar la vida de anaquel de productos hortofrutícolas, esta es una forma de reducir la tasa de respiración del producto, y ofrecer

productos frescos a mercados distantes y reducir pérdidas durante la comercialización (Bosquez, 1992; Arévalo, 2005). El objetivo del trabajo es evaluar el efecto de temperaturas de refrigeración sobre cambios fisicoquímicos en el fruto de noni que ocurren durante la poscosecha, con la finalidad de incrementar la vida poscosecha y con la perspectiva de reducir pérdidas durante su comercialización, así como de ofrecer frutos frescos en buenas condiciones organolépticas para mercados exigentes y distantes.

#### MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en el taller de frutas y hortalizas de la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos (DAMR) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), ubicada en Tenosique, Tabasco, México, durante los meses de noviembre y diciembre de 2011.

#### Selección de materia prima

Los frutos fueron recolectados en la parcela agroforestal de la DAMR. Para el estudio se seleccionaron frutos libres de plagas, enfermedades, defectos físicos, GM2 (Figura 1), peso promedio de 122 g, pH de 4.82 y °Brix de 7.0.

#### Proceso de desinfección

Se seleccionaron de manera aleatoria 12 frutos, se pesaron individualmente, después se etiquetaron con un marcador indeleble, colocando el número de tratamiento y repetición para un mejor control en la toma de datos.

Posteriormente, se colocaron en un recipiente que contenía 200 ppm de hipoclorito de sodio en agua esterilizada, se dejaron reposar por 15 min, después se secaron a temperatura ambiente por 20 min (Cruz y col., 2007). Finalmente, los frutos se colocaron en embalajes de cartón de 12 cavidades.

#### Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y 12 repeticiones. Los tratamientos que se evaluaron fueron 0, 5, 15 °C y 28 ± 2 °C (temperatura ambiente para los meses de noviembre y diciembre) como testigo, con una humedad relativa del 80 %. Para el desarrollo del proyecto se utilizaron cámaras de refrigeración. Cada unidad experimental consistió en un fruto de noni con peso aproximado a 122 g, con un grado de madurez inicial tipo GM2.

#### Variables a medir

En función a las temperaturas (0, 5, 15 y 28 ± 2 °C) se analizaron las siguientes variables: antes, durante y después de que la mitad del número de frutos + 1 presenten daños por frío (Figura 1) o GM3 (Figura 2). Los análisis se realizaron por triplicado.

#### Daños por frío

Como se indica en la Figura 1, la determinación de daños por frío (*Chilling injury*) se realizó mediante una escala visual propuesta en esta investigación con los siguientes valores: D0 sin daño, indica 0 % daños; D1 daño moderado, indica menos del 50 % del área del fruto con epidermis color pardo oscuro; D2 daño mayor, indica

más del 50 % del área del fruto con la epidermis de color pardo oscuro, y D3 daño crítico, indica 100 % de pulpa y epidermis color pardo oscuro.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efectos de temperaturas de 0 °C

La temperatura de 0 °C tuvo un efecto negativo a las 28 h de exposición, los frutos presentaron daños por frío en la escala D3; es decir, el 100 % de la pulpa y epidermis dañada. Hubo una pérdida de peso de 3.54 g que corresponde a 2.96 % (+0.37), con un ligero incremento del pH, pasando de 4.82 a 5.10 (+0.08) y °Brix de 7.0 a 7.3 (+0.11) (Tabla 1). La FAO (2000) describe que la mayoría de las frutas tropicales experimentan daño por frío a temperatura de refrigeración, por lo que tienen una temperatura óptima de almacenamiento. De acuerdo con Arthey y Ashurst (1997), la congelación causa el colapso de los tejidos y el deterioro total de los productos frescos, sobre todo en frutas tropicales; el frío, aún por encima del punto de congelación, produce alteraciones fisiológicas que destruyen la calidad (temperatura crítica), tal es el caso del banano, la piña y el mango.

### Efectos de temperatura de 5 °C

A las 48 h de exposición a esta temperatura, se observaron daños por frío en la escala D2; es decir, más del 50 % de la pulpa y epidermis dañada. A los 15 días los frutos perdieron un peso de 12.84 g que correspondió al 11.13 % (+1.07), y un ligero cambio en el pH, de 4.82 a 5.30 (+0.17), y °Brix 7.0 a 7.7 (+0.23) (Tabla 1). Cruz y col. (2007), reportaron que la papaya cv. maradol extendió la vida de anaquel hasta 11 días (264 h) cuando esta se almacenó a 6 °C. Sin embargo, a 5 °C los frutos de noni sufrieron quemaduras por frío. Las bajas temperaturas causaron rompimiento celular y oscurecimiento de la pulpa y epidermis. De igual manera se modificaron el sabor, el color, la textura, el aroma, que son los principales factores de calidad (FAO, 2000). La susceptibilidad al daño por frío varía dependiendo del tipo de fruta (Kader y Arpaia, 2012).

### Efectos de temperatura de 15 °C

La exposición de las frutas de noni a 15 °C tuvo un efecto benéfico en cuanto a la prolongación de la vida poscosecha, la cual se incrementó 12 días más en comparación con el testigo. Los fru-

tos perdieron 17.37 g de peso que correspondió al 13.40 % (+0.30), cambio de pH de 4.82 a 5.19 (+0.06) y cambio de °Brix de 7.0 a 10.0 (+ 0.06) (Tabla 1). Esta temperatura de almacenamiento es muy similar para el plátano, con rango de 12 a 15 °C; si se almacena a menos de 12 °C hay alteraciones como epidermis opaca, líneas pardas en la piel, placenta endurecida y sabor desagradable. Mientras que para el mango es de 10 a 12 °C, a temperaturas menores a estas hay desórdenes metabólicos, ennegrecimiento de la pulpa y epidermis, madurez no homogénea y sabor desagradable (FAO, 2000). Dekker (1996) encontró que la temperatura óptima de almacenamiento del banano es de 15 °C, donde se redujo la respiración y producción de etileno. El manejo óptimo de temperaturas de refrigeración es la herramienta más efectiva para extender la vida útil y mejorar la calidad de los frutos (Umaña, 2007). Al disminuir la temperatura, sin sobrepasar la temperatura crítica, se bajan los procesos de respiración, transpiración, producción de etileno y sensibilidad al mismo. Además se retardan también los procesos de maduración y senescencia, se disminuye la pérdida de peso, la actividad microbiana y se mitiga el efecto de daños mecánicos (Kader, 2012).

### Efectos de temperatura de 28 ± 2 °C

En la Figura 3, se muestra que a los cuatro días después de la cosecha, más de la mitad de los frutos almacenados a temperatura ambiente, presentaron índices de madurez 3. Otros cambios presentes en dos frutos incluyeron pérdida de peso del 3.38 g que correspondió al 2.73 % (+0.23), incremento significativo del pH, pasando de 4.82 a 8.14 (+0.07), y de los °Brix, pasando de 7.0 a 10.0 (+0.09). El rápido deterioro indica una tasa de respiración alta, así como de producción de etileno; factores que aceleran aún más el deterioro.

En la Tabla 1 se muestran valores promedios y desviación estándar (DS) del efecto de las temperaturas (0, 5, 15 y 28 ± 2 °C) sobre daño por frío, pérdida de peso, pH, °Brix, incremento de vida poscosecha y GM. Se indica que a medida que se disminuye la temperatura, los daños por frío se incrementan, y en contraste el pH y °Brix aumentan ligeramente. De acuerdo a lo anterior, en este estudio se detectó que la temperatura de 15 °C es la más adecuada para el almacenamiento de la fruta de noni durante 12 días, más que a

condiciones ambientales. Morrelli y Adel (2012) encontraron que para el plátano, la temperatura de almacenamiento depende de la variedad, y estas son: 'Petite' y 'Yangambi': 11 °C por 7 días, 'Macabu Rojo' ('Red Macabu'): 10 °C por 7 días, y 'Petite' y otros cultivares: 12.5-14 °C por más de 7 días. Kader y Arpaia (2012) reportaron que la temperatura de 15 °C y 90-95 % de humedad relativa, es la óptima para almacenar aguacates verde-maduros (con madurez fisiológica o de cosecha). Por tanto, los frutos climatéricos tropicales como: el plátano, mango, papaya, higo, guayaba, maracuyá, tienen un comportamiento similar cuando se almacenan a 15 °C.

## CONCLUSIONES

En los cuatro tratamientos hubo pérdida de peso e incremento de pH y °Brix. Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo indican que la mejor temperatura de almacenamiento es de 15 °C, incrementándose 12 días más de vida poscosecha con respecto al testigo (temperatura ambiente 28 ± 2 °C). Mientras que a bajas temperaturas, los frutos sufren daños por frío. Por tanto, la refrigeración moderada tuvo un efecto importante en el incremento de la vida poscosecha del fruto del noni (*Morinda citrifolia* L.). ||

## REFERENCIAS

- Acosta, M. (2006). Manejo agroecológico de noni (*Morinda citrifolia* L.). FIAGRO. [En línea]. Disponible en: <http://webmail.radiomaranon.org.pe>. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2012.
- Ahmad, M. D., Sultan, A., Sheeba, A. y Rai-Kanchan, B. (2012). Cancer preventive Effect of *Morinda citrifolia* (Noni) fruit juice against the AflatoxinB<sub>1</sub>-induced genotoxicity in human peripheral lymphocytes in vitro. *IOSR Journal of Pharmacy*. 2(2):228-234.
- Arévalo, G. M. (2005). Proceso de maduración y almacenamiento en refrigeración de frutos de chicozapote (*Amanilkara sapota* L. Var. Royen tipo fino). *Revista Iberoamericana de tecnología poscosecha*. 7(001):7-13.

- Arias-Velázquez, C. J. y Toledo-Hevia, J. (2000). Manual de manejo poscosecha de frutas tropicales. Proyecto TCP/PER/6713(a). Técnicas mejoradas de poscosecha, procesamiento y comercialización de frutas. (FAO) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- Arthey, D. y Ashurst, P. R. (1997). *Procesado de frutas. Producción de frutas térmicamente procesados y de frutas congeladas*. España: Edit. Acribia. S. A. 172 y 173 Pp.
- Beattie, B. y Wade, L. (1997). *Procesado de frutas, almacenamiento, maduración y manipulación de las frutas*. España: Edit. Acribia, S. A. 43-45 Pp.
- Bosquez, M. E. (1992). Manual de prácticas de laboratorio de fisiología de poscosecha de frutas y hortalizas. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Ixtapalapa. 25-68 Pp.
- Cruz, M. J., Ramírez, G. P., y Hugo, S. G. (2007). Estudio del efecto de la maduración acelerada y la refrigeración sobre la fisiología de la papaya maradol (*Carica papaya* L.). En memoria del V congreso iberoamericano de tecnología poscosecha y agroexportaciones. Instituto Tecnológico de Veracruz. Veracruz, Ver., México. 2-7 Pp.
- Chan, B. Y., Vaillant, F., Perez, A. M., Reynesc, M., Brillouet, J. M., and Brat, P. (2006). The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19(2006):645-654.
- Dáger, B., Cornejo, P., Demerutis, C., y Palacios, R. (2007). Determinación del estado de madurez óptimo para cosecha y caracterización de *Pouteria campechiana* Kunth. *Tierra Tropical*. 3(1):109-116.
- Dekker, M. (1996). *Freezing effects on food quality. Almacenamiento de bananos en congelación, refrigeración y temperatura ambiente*. Estados Unidos de América. 520 Pp.
- Dixon, A., McMillen, H., and Etkin, N. (1999). Ferment this: Transformation of noni a traditional Polynesian medicine. *Economic Botany*. 53(1):51-68.
- Elkins, R.H., (1997). *Noni (Morinda citrifolia L.): La hierba preciada del pacífico del sur*. Woodland Publishing. Health Series. 31 Pp.
- González, L. N. y González, L. J. (2003). *Morinda citrifolia* Linn. Potencialidades para su utilización en la salud humana. *Revista Cubana de Farmacia*. 37(3):1-12.
- Hiramatsu, T., Imoto, M., Koyano, T., and Umezawa, K., (1993). Induction of normal phenotypes in RAS transformed cells by damnacanthol from *Morinda citrifolia*. *Cancer Letters*. (73): 161-166.
- Hirazumi, A., Furusawa E., Chou, S. C., y Hokama, Y., (1994). Anti cancer activity of *Morinda citrifolia* on intraperitoneally implanted Lewis lung carcinoma in syngenic mice. *Proceedings of the Western Pharmacological Society*. 37:145-146.
- Heinicke, R. (2003). Ingrediente farmacológico activo del noni (*Morinda citrifolia* L.). Universidad de Hawaii. [En línea]. Disponible en: <http://naturales.freeyellow.com/xeronina.htm>. Fecha de consulta: 12 de febrero de 2012.
- Kader, A. A. (2012). Papaya: recommendations for maintaining postharvest quality. Department of plant sciences, University of California, Davis, CA. [En línea]. Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/PFFruits/Papaya/>. Fecha de consulta: 22 de enero de 2013.
- Kader, A. A. and Arpaia, L. M. (2012). Avocado: recommendations for maintaining postharvest quality. [En línea]. Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/PFFruits/Avocado/>. Fecha de consulta: 18 de enero de 2013.
- Kamiya, K., Tanaka, Y., Endang, H., Umar, M., and Satake, T. (2004). Chemical constituents of *Morinda citrifolia* fruits inhibit copperinduced Low-Density Lipoprotein oxidation. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 52:5843-5848.
- Jiménez, H. V. (2003). Elaboración de cuatro productos naturales a partir de noni (*Morinda citrifolia* L.). Tesis de licenciatura. Guácimo, Costa Rica: Earth. 5Pp.
- Mohd, Z., Abdul-Hamid, A., and Osman, A. (2001). Antioxidative activity extracts from Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) root, fruit and leaf. *Food Chemistry*. 78:227-231.
- Morrelli, K. L. and Adel, A. (2012). Banana: recommendations for maintaining postharvest quality. Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA. [En línea]. <http://postharvest.ucdavis.edu/PFFruits/Banana/>. Fecha de consulta: 12 de enero de 2013.
- Ramírez, J. M., Galvis, J. A., y Fischer, G. (2005). Maduración poscosecha de la feijoa (*Acca sellowiana* Berg) tratada con CaCl<sub>2</sub> en tres temperaturas de almacenamiento. *Agronomía Colombiana*. 23(1):117-127.
- Sang, S., Wang, M., He, K., Liu, G., Dong, Z., Badmaev, V., Zheng, Q. Y., Gay, G., Rosen, R. T. and Ho, C. T. (2002). *Chemical components in noni fruits and leaves (Morinda citrifolia L.)*. In: Ho, C. T., Zheng, Q. Y. (Eds.) *Quality Management of Nutraceuticals*. ASC Symposium Series 803, American Chemistry Society, Washington, DC. 134-150Pp.
- Ulloa, J. A., Rosas U. P., Ramírez, R. J. C., y Ulloa, R. B. E. (2012). El noni: propiedades, usos y aplicaciones potenciales. *Revista Fuente*. 4(10):44-49.
- Umaña, C. E. (2007). Conservación de alimentos por frío refrigeración/ congelamiento. *Fiagro*.
- Wang, M. y Su, C. (2001). Cancer preventive effect of *Morinda citrifolia* (Noni). *Annals of the New York Academy of Sciences*. 952(1):161-168.
- Wills, S. y Glasson, A. (1984). *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post recolección*. Depto. fisiología y bioquímica. España: Edit. Acribia. 18-20 Pp.
- Yang, J., Gadi, R., Paulino, R., and Thomson, T. (2010). Total phenolics, ascorbic acid, and antioxidant capacity of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice and powder as affected by illumination during storage. *Food Chemistry*. 122: 627-632.

# PRINCIPALES CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS EN FÓRMULAS LÁCTEAS INFANTILES

## MAJOR MICROBIOLOGICAL CONTAMINANTS IN INFANT MILK FORMULAS

<sup>1</sup>Jhon Jairo Bejarano-Roncancio\*  
y <sup>2</sup>Yuri Milena Castillo-Quiroga.

\*Departamento de Nutrición Humana, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia.  
<sup>2</sup>Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Universidad Nacional de Colombia.

Universidad Nacional de Colombia,  
Cr 30 No. 45-03 Ciudad Universitaria, Edificio 417,  
5º piso, Bogotá D.C., Colombia.

\*Autor para correspondencia:  
jjbejaranor@unal.edu.co



Tomado de: <http://www.gettyimages.es/detail/foto/mother-breastfeeding-baby-daughter-fotograf%C3%ADa-de-stock/88173020>

### Figura 1.

**La lactancia natural es la práctica más saludable para el binomio madre-hijo.**  
*Figure 1. Breastfeeding practice is healthier for mother and child.*

Fecha Recepción: 13 de febrero de 2013.

Fecha Aceptación: 05 de abril de 2013.

### RESUMEN

La leche humana es el mejor alimento para el lactante, por lo que las fórmulas lácteas artificiales solo se deben suministrar en situaciones clínicas específicas de acuerdo al

criterio médico basado en la evidencia científica y a los protocolos institucionales. Es una opción en situaciones apremiantes, principalmente por que no existen Bancos de Leche

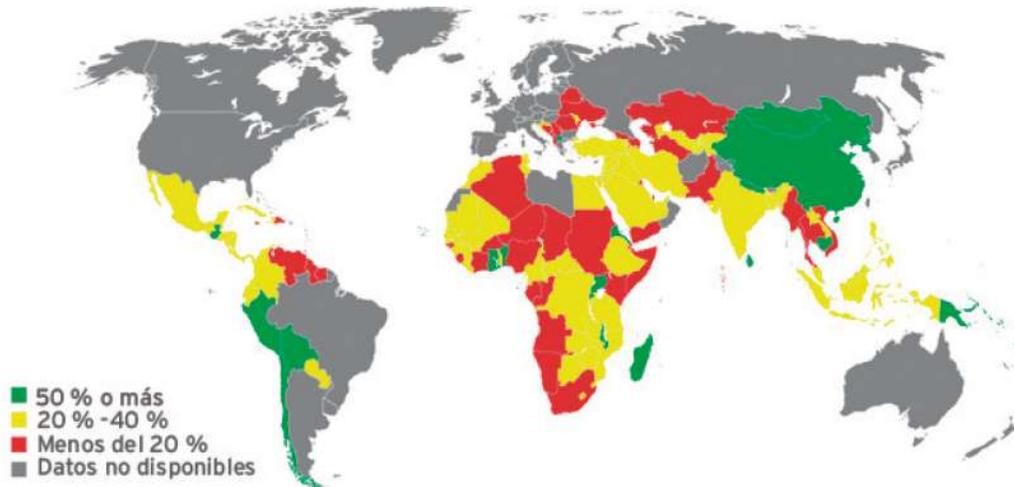
Humana (BLH) en los hospitales. Otros escenarios donde se preparan y suministran dichas fórmulas, son los lactarios hospitalarios, jardines infantiles y en el hogar, donde es-

tas actividades de manipulación, también requieren de importantes cuidados higiénicos y sanitarios. Desde hace muchos años este tipo de leches, dirigidas a reemplazar la leche materna, han sido cuestionadas por su intención comercial. Sin embargo, poco se hace referencia a los contaminantes microbiológicos que contienen. El objetivo de esta revisión fue contextualizar los principales agentes microbiológicos en la producción de fórmulas lácteas infantiles como *Salmonella enterica* y *Cronobacter sakazakii* (anteriormente *Enterobacter*), se hace énfasis en las precauciones, desde las buenas prácticas de manufactura (BPM), hasta los sistemas integrales de gestión de la calidad y otros procesos durante la cadena productiva, para evitar una enfermedad transmitida por alimentos.

**PALABRAS CLAVE:** microbiología de alimentos, leche artificial, fórmulas infantiles, *Salmonella enterica*, *Cronobacter sakazakii*.

**Figure 2.**

**Porcentaje de niños menores de seis meses alimentados exclusivamente con leche materna (2000-2006).**  
 Figure 2. Percentage of children under six months who are exclusively breastfed (2000-2006).



Tomado de: [http://www.unicef.org/spanish/nutrition/index\\_24824.html](http://www.unicef.org/spanish/nutrition/index_24824.html)

**ABSTRACT**

Human milk is the best food for infants. Therefore, artificial milk formulas should only be supplied in specific clinical situations according to medical criteria based on scientific evidence and institutional protocols. It is an option under urgent situations, mainly because there are no Human Milk Banks (HMB) in hospitals. Other scenarios where milk formulas are prepared and delivered are hospitals, kindergartens, and homes, where handling these activities require hygiene and health care. For many years, this type of milk, intended to replace breast milk, has been challenged for its commercial intent. However, its microbiological contents are scarcely referred to. The aim of this review was to contextualize the main microbiological agents in the production of infant milk formulas such as *Salmonella enterica* and *Cronobacter sakazakii* (formerly *Enterobacter*); emphasizes precautions, from good manufacturing practices (GMP), integrated ma-

nagement systems quality and other processes in the production chain to prevent foodborne illness.

**KEYWORDS:** food microbiology, artificial milk, infant formula, *Salmonella enterica*, *Cronobacter sakazakii*.

**INTRODUCCIÓN**

La lactancia natural es la práctica más saludable para el binomio madre-hijo (Figura 1), pero las estadísticas refieren que los menores de seis meses alimentados exclusivamente con leche materna no llegan al 40 % (OMS, 2012). Sólo el 38 % de los niños menores de seis meses de edad en el mundo en desarrollo reciben leche materna exclusivamente y sólo el 39 % de los niños de 20 a 23 meses edad se benefician de la práctica de la lactancia materna (Figura 2) (UNICEF, 2009a). A pesar de las deficiencias existentes en la información disponible, se estima que en la Región de Latinoamérica y el Caribe solamente alrededor de 40 % de los

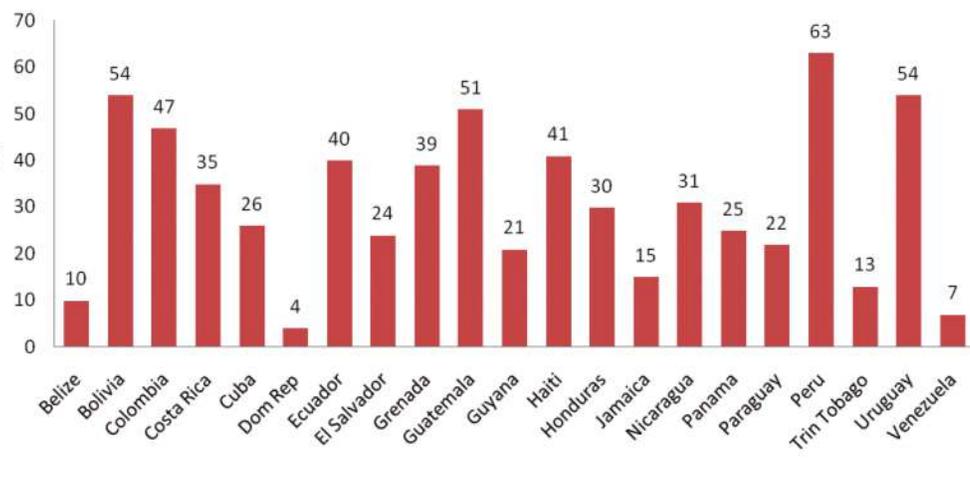
niños y niñas reciben leche materna exclusiva durante 6 meses (Figura 3) (UNICEF, 2009b). Estas cifras indican que un alto porcentaje de niños pueden utilizar fórmulas lácteas infantiles y probablemente biberón. En América, principalmente en los países Andinos y Centroamericanos, la desigualdad conlleva a una mayor severidad del problema nutricional y la mortalidad de los bebés y de los niños y niñas pequeños, principalmente en áreas rurales, que se oculta en los promedios nacionales (UNICEF, 2009b). Es probable que durante los primeros meses de vida se suministren sucedáneos. Esto hace urgente la evaluación de las políticas relacionadas con la alimentación del recién nacido para direccionar estrategias más efectivas. Por otra parte, las fórmulas en polvo rehidratadas no se pueden considerar como un producto estéril (Gurtler y col., 2005), de ahí que *Salmonella enterica* y *Cronobacter sakazakii* pueden estar presentes en

estos productos, y ser los principales agentes etiológicos relacionados con gastroenteritis en lactantes alimentados con fórmulas infantiles (FAO-OMS, 2008; EFSA, 2010). A pesar que se tienen algunos datos sobre el hábitat, modos de transmisión, características de crecimiento y parámetros de sobrevivencia de estos microorganismos, y que se han desarrollado métodos para evitar la contaminación de estos productos, se requiere investigación al respecto. Desde hace un tiempo, la salmonelosis se cataloga como la principal enfermedad transmitida por alimentos en países desarrollados (Newell y col., 2010) y "las infecciones asociadas a las especies del género *Enterobacter*, actualmente reconocido como *Cronobacter*, están relacionadas con la producción de fórmulas en polvo" (CDC, 2002); a esto se suman los peligros del ambiente hospitalario por las infecciones nosocomiales.

Desde esta perspectiva, el documento aborda antecedentes

**Figura 3.****Lactancia materna exclusiva hasta los seis meses de edad por países de América Latina y el Caribe.**

Figure 3. Exclusive breastfeeding until six months of age for countries in Latin America and the Caribbean.



Tomado de: [http://www.unicef.org/lac/lactancia\\_materna\\_lacro.pdf](http://www.unicef.org/lac/lactancia_materna_lacro.pdf)

mundiales del consumo de leches artificiales en la población infantil, el impacto de los agentes biológicos *Salmonella enterica* y de *Cronobacter sakazakii* en la morbilidad asociada al consumo de dichas fórmulas y específicamente los estándares técnicos microbiológicos de este tipo de productos. Finalmente, se mencionan las consideraciones principales que deben seguirse para el manejo adecuado de estas formulaciones en las diferentes etapas de preparación, como son los lactarios hospitalarios, los jardines infantiles y el hogar.

#### Antecedentes del consumo de fórmulas infantiles

Con la Revolución Industrial, siglos XVIII - XIX, comienza la fabricación de leche en polvo; a comienzos del siglo XX aparecieron las fórmulas lácteas para niños, cuyo objetivo fue sustituir la leche materna. Se destaca que después de la Segunda Guerra Mundial, "las clases altas de los países de Europa occidental fueron las primeras en implementar dicho alimento y luego fueron seguidas por las clases bajas" (Lawren-

ce, 1991). En España, por ejemplo, durante el periodo de posguerra a mediados del siglo XX, muchas madres optaron por la lactancia artificial, influenciadas en gran medida por las instituciones sanitarias y las precarias condiciones de desarrollo (Castejón y Perdiguero, 2011). Así, la lactancia materna fue abandonándose progresivamente, siendo casi indetectable en Estados Unidos durante la década de los 60, moda que posteriormente se trasladó a Europa occidental y oriental y con una diferencia aproximada de quince o veinte años, se exportó a los países menos desarrollados, al denominado "Tercer Mundo" (Barriuso y col., 2007).

Al mismo tiempo, con la inserción de la mujer en el mundo laboral, la medicalización del embarazo y del parto y, sobre todo, con el desarrollo de las fórmulas artificiales, la lactancia materna pasó a un segundo plano, por lo que se consideró un avance y un signo de poder económico la lactancia artificial. Por otro lado, la epidemia del Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA) hizo que muchos bancos de leche

humana (BLH) cerraran sus puertas ante el miedo a la transmisión de la infección a través de la leche (Vázquez y col., 2009). Todos estos antecedentes llevaron a que se motivara el uso y consumo de las fórmulas artificiales dirigidas a la población infantil.

La historia muestra cómo la utilización de la fórmula comercial, "rápidamente aumentó la morbimortalidad infantil: los bebés enfermaban y fallecían masivamente como consecuencia de procesos infecciosos y de trastornos hidroelectrolíticos. Estos procesos eran atribuibles a la incorrecta preparación de los biberones (preparación sin medidas higiénicas adecuadas y/o con una concentración incorrecta) y conjuntamente a la pérdida de la principal defensa natural disponible, la leche materna" (Barriuso y col., 2007).

A este respecto se ha reportado que los lactantes alimentados con fórmulas artificiales tienen más procesos infecciosos, los cuales son más graves y generan más hospitalizaciones en comparación con los niños que son alimentados con lactancia materna exclusiva. El 83 %

de los casos de enterocolitis necrotante son debido a la alimentación neonatal con sucedáneos de leche materna (Hernández y Aguayo, 2005). Uno de los procesos infecciosos más comunes es la Enfermedad Diarréica Aguda (EDA). Las fórmulas lácteas han sido consideradas un vehículo importante para el inicio de cierto tipo de diarreas (Cáceres y col., 2005); por eso se ha asociado el consumo de fórmula con la infección.

La discusión se define desde el tema de la inocuidad, especialmente la seguridad biológica de las preparaciones a base de leche artificial, dado que independiente del sector donde esté ubicado, las condiciones de manejo deben ser normalizadas, porque esta población es susceptible a enfermedades como la EDA y la Enfermedad Respiratoria Aguda (ERA). Además, requiere de un cuidado especial en la manipulación de cualquier alimento que se le suministre. Entonces, todos los lactarios y lugares de preparación, deben cumplir con las condiciones higiénicas y sanitarias necesarias y obligatorias para proteger la salud.

Por eso, desde 1979, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) determinaron la necesidad de reglamentar la comercialización de sucedáneos de la leche materna.

#### *Salmonella enterica y*

#### *Cronobacter sakazakii*,

como agentes patógenos

*Cronobacter sakazakii* y *Salmonella enterica* son microorganismos patógenos catalogados por la OMS como "A" (CDC, 2006; Hyeon y col., 2010); esta categoría los ubica como agentes etiológicos que pueden causar varias enfermedades en los lactantes, tales como infecciones sistémicas, infecciones gastrointestinales y respiratorias, y enterocolitis necrosante. También porque se ha demostrado su potencial presencia en preparaciones en polvo dirigidas a la población infantil (FAO-OMS, 2004).

Las enfermedades asociadas a *Cronobacter sakazakii* en los lactantes, hacen que este patógeno puede considerarse hoy por hoy como un problema de salud pública en varios contextos asistenciales a nivel mundial, sobretodo porque se asocia a déficit neurológico tipo meningitis. Se han notificado tasas de mortalidad debida a la infección por *E. sakazakii* de hasta el 50 % o más, aunque esta cifra se ha reducido a menos del 20 % en los últimos años (FAO-OMS, 2004).

Respecto a *Salmonella enterica*, se ha presentado un marcado incremento en las cifras de brotes en los últimos años, y una considerable resistencia de sus serotipos ante los antimicrobianos y las medidas de control implementadas, tanto en las industrias productoras de leches infantiles, como en los lactarios y demás sitios de reconstitución de las fórmulas infantiles. Ante el panorama presentado, la variedad de serovares de *Salmonella enterica* presentes frecuentemente en animales y humanos, el uso masivo de antibióticos, la capacidad de la

bacteria para crecer en las fórmulas y las malas prácticas en la fabricación, transporte, distribución y comercialización de las leches artificiales, pueden postularse como factores causales del aumento de la morbimortalidad asociada al microorganismo (Carrasco y col., 2012).

#### *Salmonella enterica*

Corresponde a un grupo de bacterias gram negativas de forma bacilar, no esporulantes y móviles que crecen bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas (Hayes, 1993). Por ser un microorganismo mesófilo, crece óptimamente en temperaturas entre 5 y 46 °C. Muere a temperatura de pasteurización, es sensible a un pH bajo (4.5) y no se multiplica a una actividad de agua ( $A_w$ ) de 0.94; sin embargo, sus células sobreviven largos periodos en estado de congelación y deshidratación (Ray y Bhunia, 2010; Bermúdez y Corradini, 2012).

Los dos serovares que más se han asociado a salmonelosis, corresponden a la subespecie 1: *Salmonella enterica, subespecie enterica*, serotipo *Typhimurium* y *Salmonella enterica subesp enterica serotipo Enteritidis* (Ray y Bhunia, 2010; Carrasco y col., 2012). *Salmonella enterica* es parte de la población natural del tracto digestivo de varios animales como pájaros, tortugas y ranas, los cuales causan salmonelosis en animales para el consumo (aves, principalmente), quienes finalmente se hacen portadores del microorganismo. Los seres humanos también pueden portar la bacteria luego de una infección, y expulsarla por las heces durante un periodo largo. Esta bacteria, también se ha aislado de aguas negras y suelos contaminados con heces (Ray y Bhunia, 2010).

#### Salmonelosis

La salmonelosis de origen alimentario se caracteriza por EDA y un aumento en el peristaltismo intestinal. Es necesario consumir una cantidad mayor de 10<sup>5</sup> células para que se inicie la infección; sin embargo, existen

cepas muy virulentas que con poca cantidad causan la enfermedad. Habría que considerar las cepas sensibles al medio ácido estomacal, cuya cantidad de células tendrá que ser mayor para causar afección en el ser humano (Ray y Bhunia, 2010).

Vale la pena destacar que si estas últimas cepas se consumen con un alimento que neutralice la acidez del estómago, tales como los productos lácteos y dentro de ellos las fórmulas infantiles, la "dosis patógena" puede ser mucho menor. En este sentido, también es importante considerar el estado fisiológico e inmunológico del huésped, lo cual determinará su susceptibilidad al microorganismo. Por ejemplo, particularmente los recién nacidos presentan una ligera aclorhidria, su alimentación está basada en la leche, un alimento con buena capacidad buffer en el ambiente estomacal y que le suministra altas cantidades de hierro (micronutriente indispensable para el crecimiento microbiano); los neonatos pueden llegar a tener comprometido su sistema natural de defensas por alguna enfermedad o incluso desnutrición materna durante la gestación, por lo cual son altamente susceptibles a la infección por *Salmonella enterica* (Ray y Bhunia, 2010; FAO-OMS, 2006; Carrasco y col., 2012).

Las cepas patógenas de *Salmonella enterica* inician la infección en el íleon. Una vez en las células epiteliales, se multiplica y se desencadena toda una respuesta inflamatoria por la ulceración y lisis celular, creando, posteriormente, un ambiente que propicia todo un desequilibrio hidroelectrolítico a nivel intestinal que da lugar a la diarrea (Jay, 2002; Romero, 2007; Ray y Bhunia, 2010). Los síntomas aparecen de 8 a 42 horas e incluyen náuseas, vómito y cólicos abdominales. También pueden darse escalofríos, fiebre y postración. La duración del cuadro es de 2 a 3 días, pero según la agresividad del patógeno y el estado inmunológico del huésped,

este periodo puede llegar a ser más o menos largo y ser fatal en niños y adultos mayores (Romero, 2007).

#### *Cronobacter sakazakii*

*Cronobacter sakazakii* es una bacteria que pertenece al género *Cronobacter* (Osaili y Forsythe, 2009). Hasta el 2007 fue llamada *Enterobacter sakazakii*, y años atrás fue conocida como *Enterobacter cloacae*, y se distinguía por su pigmentación amarilla (Iversen y col., 2008), pero gracias al estudio de la relación taxonómica entre las cepas, se dio lugar a este nuevo género (Chap y col., 2009). Recientemente, las especies *Cronobacter* empezaron a llamarse formalmente *Cronobacter universalis* (Joseph y col., 2011).

Se caracteriza por ser un microorganismo gram negativo, no esporulante, con resistencia sustancial al pH ácido, móvil y peritríco; es decir, con flagelos proyectados en todas las direcciones (Gurtler y col., 2005; Chap y col., 2009). Aún es insuficiente lo que se conoce sobre los factores que estipulan su virulencia; algunas cepas de este microorganismo son capaces de producir sustancias similares a las enterotoxinas (FAO-OMS, 2004).

#### Infección por

#### *Cronobacter Sakazakii*

*Cronobacter sakazakii* en especial, ha sido el microorganismo más implicado en los brotes infecciosos causantes de las cifras de mortalidad en recién nacidos hospitalizados en Unidades de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN). Las patologías más comunes abarcan desde cuadros neurológicos como meningitis y cerebritis, pasando por enfermedades tan graves como la enterocolitis necrosante, hasta condiciones altamente críticas como la septicemia (Caubilla-Barron y col., 2007).

Los recién nacidos son un grupo poblacional altamente vulnerable, ya que su sistema inmunológico no está completamente desarrollado

y su intestino aún no está colonizado por flora bacteriana benéfica que compita contra agentes patógenos altamente invasivos como *Cronobacter sakazakii* (Townsend y Forsythe, 2008). Dentro de este segmento de la población, corren particularmente más riesgo los recién nacidos prematuros (< 37 semanas de gestación) con bajo peso al nacer (< 2500 g), con menos de 28 días de edad cronológica, y también los lactantes cuyas madres son positivas al Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH) (FAO-OMS, 2004; FAO-OMS, 2008; Osaili y Forsythe, 2009; Lai, 2011).

Aunque normalmente la infección suele responder a la terapia con antibióticos, en los últimos años se ha visto que el microorganismo ha desarrollado valiosos mecanismos de resistencia a los tratamientos utilizados. Actualmente, esta situación es preocupante en el contexto hospitalario, más aun teniendo en cuenta que se presume que con cantidades pequeñas de *Cronobacter sakazakii* en las fórmulas infantiles (< 3 ufc/100 g), ya pueden aparecer infecciones (FAO-OMS, 2004).

#### Contaminación durante la producción de las fórmulas infantiles

La calidad nutricional de la leche que se va a transformar en leche en polvo para lactantes, debe estar ligada a prácticas higiénicas desde la obtención de la leche cruda; es decir, desde la producción primaria, hasta la obtención y comercialización del alimento procesado en sus diferentes fases. Así pues, es fundamental cuidar la alimentación de las vacas y todo lo referente al ordeño y conservar la leche post-ordeño a temperatura de refrigeración (por debajo de 4 °C) con el fin de retrasar el crecimiento de microorganismos psicrótrofos y mesófilos (Albarracín y Carrascal, 2005).

En relación a la supervivencia de *Salmonella enterica* y *Cronobacter sakazakii* durante la producción de

la leche en polvo, cabe mencionar que a lo largo del proceso existen varios puntos donde se puede generar una contaminación microbiana, considerando las superficies de equipos (por la gran capacidad de adherencia de *Salmonella enterica* y su posibilidad de crear biofilms), el uso de temperaturas y tiempos insuficientes en el tratamiento térmico de la leche, posibles fugas de los equipos (que permitan la mezcla de la leche tratada térmicamente y la que no ha sido sometida a calor), malas prácticas de limpieza y desinfección de la planta (Gčosta y López, 2003; Albarracín y Carrascal, 2005); y durante la etapa de secado, factores como el mal control de la temperatura durante el procesamiento, la densidad de las partículas, el contenido de grasa y la variación de la cepa, así como las condiciones del equipo (Carrasco y col., 2012).

*Cronobacter sakazakii* se encuentra con mayor frecuencia que *Salmonella enterica* en el entorno de fabricación (FAO-OMS, 2004) tanto antes como después del proceso térmico de la leche, esto en razón a que suele estar presente en ingredientes vegetales que se reciben en las plantas productoras y que se incluyen dentro de la formulación de varios tipos de leches infantiles en polvo, tales como el almidón de trigo y de arroz (FAO-OMS, 2004, 2006; Chap y col., 2009).

Ahora bien, de acuerdo con algunas investigaciones epidemiológicas y ambientales, la presencia de *Cronobacter sakazakii* y *Salmonella enterica* luego del tratamiento térmico, puede deberse a contaminación cruzada, ya que se esperaría que las fórmulas lácteas en polvo por tener una  $A_w$  muy baja no deberían mostrar la presencia de patógenos vegetativos (Betts, 2007).

Tanto *Salmonella enterica* como *Cronobacter sakazakii*, tienen la capacidad de sobrevivir en alimentos secos durante largos periodos de tiempo (Hiramatsu y col., 2005), y son susceptibles de estar en las

fórmulas infantiles, dado la combinación de  $A_w$  baja y un alto contenido de grasa (Shachar y Yaron, 2006). *Cronobacter sakazakii* es el miembro de la familia *Enterobacteriaceae* más tolerante a los procesos de secado intensivo, puede persistir en ese estado al menos 2 años (Osaili y Forsythe, 2009) y al igual que *Salmonella enterica*, sus células pueden subsistir en un estado latente y volver al crecimiento de célula activa cuando las condiciones ambientales son favorables (Bermúdez y Corradini, 2012).

#### Contaminación durante la reconstitución de las fórmulas infantiles

En lo referente al proceso de reconstitución de las fórmulas infantiles, habría que considerar la contaminación cruzada que pueda producirse con el agua y elementos propios de esta actividad como tazas, biberones, entre otros; la higiene del personal manipulador, la limpieza y desinfección de las superficies y, como factor de gran trascendencia, el lapso de tiempo transcurrido entre la preparación y el consumo de las fórmulas (Almeida y col., 1999; Moretro y col., 2012).

En relación a éste último punto, es importante conocer que puede presentarse el riesgo de una infección asociada, debido a que estos microorganismos tienen una rápida multiplicación durante el tiempo de reconstitución, preparación y de conservación antes del consumo (FAO-OMS, 2004). Sin embargo, llama la atención que uno de los puntos en común que se ha presentado en los brotes reportados y asociados a *Cronobacter sakazakii*, han sido las altas temperaturas al momento de reconstituir (Coignard y col., 2006; Caubilla-Barron y col., 2007; Osaili y Forsythe, 2009).

Entonces, se deben establecer guías técnicas y manuales operativos específicos con el fin de propender por la inocuidad del producto final que va a ser suministrado

(Almeida y col., 1999; Moretro y col., 2012).

En contraste con las fórmulas infantiles líquidas que se comercializan listas para el consumo, las fórmulas lácteas en polvo no pueden considerarse estériles y como tal, además de acoplarse a las directrices nacionales, deben igualmente cumplir con los criterios microbiológicos establecidos a nivel internacional por la Comisión del Codex Alimentarius (CAC) (CAC, 2008; Osaili y Forsythe, 2009).

#### Prevención de la contaminación en plantas productoras

El control de *Salmonella enterica* y *Cronobacter sakazakii* en los alimentos de bajo contenido de humedad, como las leches infantiles en polvo, es todo un reto para los fabricantes. En el año 2008, la Grocery Manufacturers Association (GMA) publicó un documento guía sugiriendo siete elementos de control contra la contaminación por *Salmonella enterica* en las plantas procesadoras.

En los últimos años se han desarrollado tecnologías emergentes que pueden llevarse a escala industrial con el fin de disminuir la contaminación en fórmulas infantiles y en otros alimentos en polvo. Estos nuevos tratamientos sugieren que la inactivación de células vegetativas, no sigue una tradicional cinética lineal de destrucción y se han clasificado en térmicos o no térmicos. Así pues, dentro del primer grupo se consideran la energía de microondas, la Radio Frecuencia (RF), el calentamiento óhmico y el calentamiento por inducción. La tecnología de microondas, ya ha sido recientemente aprobada por Food and Drug Administration (FDA), para ser utilizada en esterilización comercial (Bermúdez y Corradini, 2012).

En el otro grupo de tecnologías emergentes, que no utilizan el calor como la fuente primaria de destrucción o inactivación bacteriana están las altas presiones hidrostáticas, campos eléctricos pulsados, ultra-

sonido, luz ultravioleta, plasma frío, radiación, luz pulsada, el dióxido de carbono en fase densa y ondas de choque. Hasta el momento, sólo la alta presión hidrostática y la irradiación han sido aprobadas y utilizadas en la práctica comercial en varios alimentos (Bermúdez y Corradini, 2012).

Por otra parte, es importante que la industria productora de fórmulas lácteas infantiles en polvo concentre sus esfuerzos en disminuir la presencia de estos microorganismos (FAO-OMS, 2004), implementando nuevas tecnologías y armonizando las normas públicas de obligatorio cumplimiento como las BPM, el sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) y los procedimientos operativos estandarizados (POES), con las normas internacionales ISO, dentro de un sistema integral de gestión de la calidad. En general, todas estas son herramientas clave para la prevención e identificación de peligros en las plantas transformadoras de leche, como también en los hospitales y jardines infantiles. Por ejemplo, el HACCP, con sus programas prerrequisito puede llegar a minimizar el riesgo de aparición de *Salmonella enterica* y *Cronobacter sakazakii* y de otros patógenos en las fórmulas infantiles en polvo (Gçosta y López, 2003; Albarracín y Carrascal, 2005).

**Cuidados en la reconstitución de fórmulas infantiles**  
Según la OMS (2007), es conveniente preparar las fórmulas en un ambiente aséptico, por eso desarrolló un documento que compila las prácticas de manipulación para preparaciones en polvo para lactantes, con el objetivo de orientar a los profesionales e instituciones de salud al control de peligros desde la evaluación del riesgo, dado que no se siguen con rigurosidad o se ignoran algunos preceptos de seguridad biológica.

En lo referente al agua de reconstitución, debe provenir de una

fuente potabilizada que asegure los principios de inocuidad. Uno de los microorganismos reconocidos por su poder patógeno, *Salmonella enterica*, es capaz de sobrevivir durante semanas en el agua y ésta podría ser una potencial fuente de contaminación. Sin embargo, es importante que el agua siempre deberá llevarse a punto de ebullición antes de la reconstitución de la leche en polvo (Almeida y col., 1999; Carrasco y col., 2012) y debe vigilarse no llevar la fórmula a muy altas temperaturas, con la finalidad de no propiciar la germinación de esporas, pérdidas nutricionales o incluso accidentes como quemaduras (FAO-OMS, 2004).

En relación a los biberones, chupos y demás elementos involucrados en la preparación, deben ser lavados, desinfectados y esterilizados apropiada y cuidadosamente a fin de evitar ser un vehículo de contaminación (Almeida y col., 1999; Mortimore y Wallace, 2001).

Es fundamental mencionar la importancia del lavado quirúrgico de manos, para evitar una transmisión fecal-oral de *Salmonella enterica* y de otros patógenos. En el hospital, es relevante mencionar el uso adecuado de la indumentaria respectiva entre la zona limpia y sucia (Almeida y col., 1999).

En ocasiones es común, en especial en los jardines, que otros alimentos para lactantes mayores tales como mezclas, papillas y compotas de frutas se preparen en el mismo espacio y con las mismas herramientas con que se reconstituyen las fórmulas infantiles; estas situaciones, pueden llevar a que la contaminación con *Salmonella enterica* y/o con *Cronobacter sakazakii*, sea inminente (Almeida y col., 1999; Mortimore y Wallace, 2001).

Ahora bien, al reconstituir la leche en polvo se restablecen las condiciones de humedad, nutrientes y temperatura ideales para "despertar" y fomentar el crecimiento de estos patógenos. También evitar el almacenamiento prolongado de la

fórmula infantil a temperaturas superiores a 10 °C (Almeida y col., 1999; Carrasco y col., 2012).

Por último, identificar y mitigar los posibles riesgos asociados a la preparación de fórmulas infantiles puede ser una medida de gran impacto en la disminución de brotes infantiles asociados a estos patógenos (Mortimore y Wallace, 2001), en especial en el contexto hospitalario y escolar.

## CONCLUSIONES

Tanto en los lactarios hospitalarios, jardines de niños y en el hogar, la contaminación cruzada constituye el factor principal que condiciona la presencia de *Salmonella enterica* y *Cronobacter sakazakii*, por lo que es importante que en todos los contextos donde se produzcan y distribuyan sucedáneos de la leche materna,

se cuente con guías o protocolos que estandaricen procesos y normalicen procedimientos desde el enfoque de riesgo y seguridad del paciente y de esta manera mitigar los peligros biológicos. Por la amenaza inminente que representan estos microorganismos, es necesario fortalecer aún más la protección y promoción de la lactancia materna; una manera es la rápida transición de pasar de los lactarios hospitalarios a los Bancos de Leche Humana, siguiendo el marco político y técnico que tiene Brasil para esta iniciativa. El consumo de leches artificiales antes del año de edad y el declive en la lactancia materna exclusiva, manifiesta la importancia de debatir estos temas en los escenarios de gobierno, sociales, hospitalarios y educativos para la reformulación de las políticas públicas. ||

## REFERENCIAS

- Albarracín, F. Y. and Carrascal, A. K. (2005). *Manual de buenas prácticas de manufactura para microempresas lácteas*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana. 185Pp.
- Almeida, R. C., Matos, C. O. and Almeida, P. F. (1999). Implementation of a HACCP system for on-site hospital preparation of infant formula. *Food Control*. 10:181-187.
- Barriuso, L., De-Miguel, M., and Sánchez, M. (2007). Lactancia materna: factor de salud, recuerdo histórico. *Anales del Sistema Sanitario Navararra*. 30(3):383-391.
- Bermúdez, D. and Corradini, M., (2012). Inactivation Kinetics of *Salmonella* spp. under thermal and emerging treatments: A review. *Food Research International Journal*. 45:700712.
- Betts, R. (2007). 94th IAFP Annual Meeting. Water, water, everywhere nor any drop to drink-the problem of *Salmonella* in low-moisture foods. IAFP Special Interest Session on *Salmonella* growth, persistence and survival in low-moisture foods and their environment-Strategies for control. Buena Vista, Florida.
- Cáceres, D., Estrada, E., De Antonio, R., Peláez, D. (2005). La enfermedad diarreica aguda: un reto para la salud pública en Colombia. *Revista Panamericana de Salud Pública*. 17(1):6-14
- Carrasco, E., Morales-Rueda, A., and García-Gimeno, M. (2012). Cross-contamination and recontamination by *Salmonella* in foods: A review. *Food Research International*. 45:545-556.
- Castejón, R. and Perdiguero, E. (2011). Memorias XV Congreso Sociedad Española de historia de la medicina. Los debates sobre la leche más adecuada para el lactante en la España de la primera postguerra. [En línea]. Disponible en: [http://www.medcr.uclm.es/XV CongresoSEHM/Actas\\_XV CongresoSEHM.pdf](http://www.medcr.uclm.es/XV CongresoSEHM/Actas_XV CongresoSEHM.pdf). Fecha de consulta: 28 de agosto de 2012.
- Caubilla-Barron, J., Hurrell, E., Townsend, S., Cheetham, P., Loc-Carrillo, C., Fayet, O., Prere, M. F., and Forsythe S. J. (2007). Genotypic and phenotypic analysis of Enterobacter *sakazakii* strains from an outbreak resulting in fatalities in a neonatal intensive care unit in France. *Journal of Clinical Microbiology*. 45:3979-3985.

- (CDC), Centers for Disease Control. (2006). Multistate outbreak of Salmonella Typhimurium infections associated with eating ground beef United States. *MMWR Morbidity Mortality Weekly Report* 50:180-182.
- (CDC), Centers for Disease Control and Prevention. (2002). Enterobacter sakazakii infections associated with the use of powdered infant formula-Tennessee, 2001. *MMWR Morbidity Mortality Weekly Report* 51(14):297-300.
- Chap, J., Jackson, P., Siqueira, R., Gaspar, N., Quintas, C., Park, J., Osaili, T., Shaker, R., Jaradat, Z., Hartantyo, S. H. P., Abdullah-Sani, N., Estuningsih, S., and Forsythe, S. J. (2009). International survey of Cronobacter sakazakii and other Cronobacter spp. in follow up formulas and infant foods. *International Journal Food Microbiology*. 136:185-188.
- (CAC), Codex Alimentarius Commission. (2008). Code of hygienic practice for powdered formulae for infants and young children. [En línea]. Disponible en: [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/11026/cxp\\_066e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/11026/cxp_066e.pdf). Fecha de consulta: 28 de agosto de 2012.
- Coignard, B., Vaillant, V., Vincent, J. P., Lefléche, A., Mariani-Kurkdjian, P., Bernet, C., L'Héritier, F., Sénéchal, H., Grimont, P., Bingen, E., and Desenclos, J. C. (2006). Infections sévères á Enterobacter sakazakii chez des nouveau-nés ayant consommé une préparation en poudre pour nourrissons, France, octobre-décembre 2004. *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire*. 2(3):10-13.
- European Food Safety Authority (EFSA). (2010). The Community Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in the European Union in 2008. *EFSA Journal*. 8(1):1496.
- (FAO-OMS), Food and Agriculture Organization - Organización Mundial de la Salud (2008). *Enterobacter sakazakii (Cronobacter spp)*, in powdered follow-up formulae. MRA series. [En línea]. Disponible en: [http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/MRA\\_followup.pdf](http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/MRA_followup.pdf). Fecha de consulta: 28 de junio de 2012.
- (FAO-OMS), Food and Agriculture Organization - Organización Mundial de la Salud (2004). *Cronobacter sakazakii y otros microorganismos en los preparados en polvo para lactantes*. Meeting report, MRA series 6. [En línea]. Disponible en: [http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/es\\_sp.pdf](http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/es_sp.pdf). Fecha de consulta: 29 de julio de 2012.
- (FAO-OMS), Food and Agriculture Organization - Organización Mundial de la Salud (2006). *Enterobacter sakazakii and Salmonella in powdered infant formula*. Second Risk Assessment Workshop. Meeting Report, MRA Series 10. [En línea]. Disponible en: [http://www.who.int/food\\_safety/publications/micro/mra10/en/index.html](http://www.who.int/food_safety/publications/micro/mra10/en/index.html). Fecha de consulta: 29 de julio de 2012.
- Gçosta, B. and López, A. (2003). *Manual de industrias lácteas. Tetra Pak processing systems*. 3ra Edición. [En línea]. Disponible en: [http://books.google.com.co/books?id=xcaN145pLCC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_vpt\\_reviews#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.co/books?id=xcaN145pLCC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_vpt_reviews#v=onepage&q&f=false). Fecha de consulta: 29 de junio de 2012.
- Grocery Manufacturers Association. (2008). *Food supply chain handbook*. [En línea]. Disponible en: [http://www.gmaonline.org/downloads/technical-guidance-and-tools/GMA\\_SupplyChain2.pdf](http://www.gmaonline.org/downloads/technical-guidance-and-tools/GMA_SupplyChain2.pdf). Fecha de consulta: 29 de junio de 2012.
- Gurtler, J., Kornacki, J., and Beuchat, L. (2005). *Cronobacter sakazakii: A coliform of increased concern to infant health*. *International Journal Food Microbiology*. 10(4): 1-34.
- Hayes, P. R. (1993). *Microbiología e Higiene de los Alimentos*. New York: Editorial Acribia. 369 Pp.
- Hernández, M. y Aguayo, J. (2005). La lactancia materna, cómo promover y apoyar la lactancia materna en la práctica pediátrica. Recomendaciones del Comité de Lactancia de la AEP. *Anales de Pediatría Barcelona*. 63(4):340-356.
- Hiramatsu, R., Matsumoto, M., Sakae, K., and Miyazaki, Y. (2005). Ability of Shiga toxin producing Escherichia coli and Salmonella spp. to survive in a desiccation model system and in dry foods. *Applied and Environmental Microbiology*. 71:6657-6663.
- Hyeon, J. Y., Park, C., Choi, I. S., Holt, P., and Seo, K. H. (2010). Development of multiple real time PCR with Internal amplification control of simultaneous detection of Salmonella and Cronobacter in powdered infant formula. *International Journal Food Microbiology*. 144:177-181.
- Iversen, C., Mullane, N., McCardell, B. D., Tall, B. D., Lehner, A., Fanning, S., Stephan, R., and Joosten, H. (2008). *Cronobacter* gen. nov., a new genus to accommodate the biogroups of *Enterobacter sakazakii*, and proposal of *Cronobacter sakazakii* gen. nov., comb. nov., *Cronobacter malonaticus* sp. nov., *Cronobacter turicensis* sp. nov., *Cronobacter muytjensii* sp. nov., *Cronobacter dublinensis* sp. nov., *Cronobacter* genomospecies 1, and of three subspecies, *Cronobacter dublinensis* subsp. dublinensis subsp. nov., *Cronobacter dublinensis* subsp. lausannensis subsp. nov. and *Cronobacter dublinensis* subsp. lactaridi subsp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 58:1442-1447.
- Jay, J. M. (2002). *Microbiología Moderna de los Alimentos*. New York: Editorial Acribia. 788Pp.
- Joseph, S., Cetinkaya, E., Drahovska, H., Levican, A., Figueras, J., and Forsythe, S. J. (2011). *Cronobacter* condimenti sp. nov., isolated from spiced meat and *Cronobacter universalis* sp. nov., a novel species designation for *Cronobacter* sp. genomospecies, recovered from a leg infection, water, and food ingredients. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 62:1277-1283.
- Lai, K. K. (2011). *Enterobacter sakazakii* infections among neonates, infants, children, and adults: case reports and a review of the literature. *Medicine Baltimore*. 80:113-122.
- Lawrence, R. (1991). Tendencias de la lactancia materna: un modo de actuar. *Pediatrics (edición española)*. 32:191-192.
- Moretro, T., Heir, E., Nesse, L., Vestby, L., and Langsrud, S. (2012). Control of Salmonella in food related environments by chemical disinfection. *Food Research International Journal*. 45:532-544.
- Mortimore, S. and Wallace, C. (2001). *HACCP. Enfoque práctico*. Zaragoza: Editorial Acribia. 427 Pp.
- Newell, D.G., Koopmans, M., Verhoef, L., Duizer, E., Aidarakane, A., and Sprong, H. (2010). Food-borne diseases - the challenges of 20 years ago still persist while new ones continue to emerge. *International Journal Food Microbiology*. 139(1):3-15.
- (OMS), Organización Mundial de la Salud. (2007). Preparación, almacenamiento y manipulación en condiciones higiénicas de preparaciones en polvo para lactantes, directrices. [En línea]. Disponible en: [http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/pif\\_guidelines\\_sp.pdf](http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/pif_guidelines_sp.pdf). Fecha de consulta: 30 de julio de 2012.
- (OMS), Organización Mundial de la Salud. (2012). *10 datos sobre la lactancia materna*. [En línea]. Disponible en: <http://www.who.int/features/factfiles/breastfeeding/es/>. Fecha de consulta: 27 de marzo de 2013.
- Osaili, T. and Forsythe, S. (2009). Desiccation resistance and persistence of Cronobacter species in infant formula. *International Journal Food Microbiology*. 136:214-220.
- Ray, B. and Bhunia, A. (2010). *Fundamentos de microbiología de los alimentos*. México D.F: Editorial Mc Graw Hill. 352 Pp.
- Romero, C. (2007). *Microbiología y Parasitología Humana*. México D.F: Editorial Médica Panamericana. 965 Pp.
- Shachar, D. and Yaron, S. (2006). Heat tolerance of Salmonella enterica serovars Agona, Enteritidis, and Typhimurium in peanut butter. *Journal of Food Protection*. 69: 2687-2691.
- Townsend, S. and Forsythe, S. J. (2008). The neonatal intestinal microbial flora, immunity, and infections. *Enterobacter sakazakii*. Washington DC: ASM Press. 61-100 Pp.
- (UNICEF), Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia (2009a). Consecuencias sobre la supervivencia infantil y la situación mundial. [En línea]. Disponible en: [http://www.unicef.org/spanish/nutrition/index\\_24824.html](http://www.unicef.org/spanish/nutrition/index_24824.html). Fecha de consulta: 9 de mayo de 2013.
- (UNICEF), Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia (2009b). Lactancia materna en la región de América Latina. [En línea]. Disponible en: [http://www.unicef.org/lac/lactancia\\_materna\\_tacro.pdf](http://www.unicef.org/lac/lactancia_materna_tacro.pdf). Fecha de consulta: 9 de mayo de 2013.
- Vázquez, S., Díaz, A., Medina, C., Bustos, G., Martínez, M., and Pallás, A. (2009). Puesta en marcha del banco de leche materna donada en una unidad neonatal. *Anales de Pediatría Barcelona*. 71(4):343-348.

# EVALUACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA DE *ESCHERICHIA COLI*, *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* Y *BACILLUS CEREUS* EN UNA SOPA UTILIZANDO LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL

*Weibull's distribution application on Escherichia coli, Staphylococcus aureus and Bacillus cereus survival evaluation*

<sup>1</sup>Raúl Ávila-Sosa, <sup>1</sup>Patricia Aguilar-Alonso, <sup>1</sup>Juan Carlos Cigarroa-Zárate, <sup>2</sup>Gabriela Gastélum-Reynoso, <sup>1</sup>Obdulia Vera-López y <sup>1</sup>Addí Rhode Navarro-Cruz\*.

<sup>1</sup>Departamento de Bioquímica-Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria, Edificio 105E, Puebla, Puebla, México, C.P. 72570.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias de la Salud, Universidad Iberoamericana de Puebla, Blvd. del Niño Poblano 2901, Unidad Territorial Atlíxcáyotl, Puebla, Puebla, México, C.P. 72197.

\*Autor de Correspondencia: addi.navarro@correo.buap.mx

Fecha de Recepción: 25 de marzo de 2013.

Fecha de Aceptación: 21 de junio de 2013.

## RESUMEN

El control microbiológico en la producción de alimentos tiene como finalidad suministrar productos inocuos para el consumidor. El factor primordial para evitar el desarrollo de microorganismos patógenos es un adecuado calentamiento, enfriamiento o recalentamiento del alimento. El objetivo general de este trabajo fue evaluar mediante la distribución de Weibull la supervivencia de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus* en una sopa industrializada sometida a diferentes temperaturas. Diver-

sas muestras de la sopa se inocularon con cada uno de estos microorganismos y fueron incubadas a tres diferentes temperaturas ubicadas en la zona de peligro (40, 50 y 60 °C). Se analizaron y se incubaron muestras a diferentes intervalos de tiempo. Con los datos obtenidos se realizaron curvas de crecimiento o muerte que se ajustaron a la distribución de Weibull. Las cinéticas mostraron que las tres bacterias se desarrollan y reproducen satisfactoriamente a 40 °C, sin embargo, al incubarse a 50 °C, la carga bacteriana se mantuvo por un periodo de tiempo corto y posteriormente comenzó a disminuir sin llegar

a la muerte. Finalmente, a 60 °C la carga microbiana disminuyó considerablemente hasta alcanzar la muerte. El análisis con la distribución de Weibull determinó que al final de cada experimento permanecieron bacterias sobrevivientes, corroborando que poseen mecanismos de defensa que son activados cuando se someten a condiciones de estrés. La temperatura ideal para mantener un alimento cocinado en condiciones de inocuidad es por arriba de los 60 °C, ya que temperaturas por debajo de estas permiten la supervivencia de algunos microorganismos resistentes.

**PALABRAS CLAVE:** Modelización, supervivencia microbiana, distribución de Weibull.

## ABSTRACT

Microbiological control in food production aims to provide consumer safe products by preventing the development of foodborne pathogens with a suitable process of heating, cooling, or reheating food. The aim of this work was to evaluate the survival of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* in soup using the Weibull's distribution at different temperatures. Samples of Soup were inoculated with each of these microorganisms, incubated at three different temperatures (40, 50, and 60 °C) and analyzed at different time intervals. With the data obtained, growth curves were obtained and adjusted to the Weibull's distribution. Growth kinetic studies showed that all microorganisms can develop and reproduce satisfactorily at 40 °C, however, at 50 °C the bacterial load was maintained for a short time and then began to drop without reaching death. Finally, at 60 °C bacteria decreased sharply until reaching death. The Weibull's distribution analysis indicates that, at the end of each experiment, surviving bacteria remain, thus corroborating that they possess adaptive mechanisms that are activated when they undergo stressful conditions. The ideal temperature to keep cooked food in microbiological safe conditions is above 60 °C. Below this temperature some microorganisms remain viable.

**KEYWORDS:** Modeling, microbial survival, Weibull's distribution.

## INTRODUCCIÓN

El control microbiológico en la producción de alimentos tiene como finalidad última suministrar productos inocuos, nutritivos y apetitosos, con una vida de anaquel adecuada y a un costo razonable para el consumidor. Por lo tanto, se define la inocuidad alimentaria como el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la adquisición de las materias primas, producción, almacenamiento, distribución, producción y elaboración de los

alimentos para asegurar que una vez ingeridos no representen un riesgo para la salud (Cerna y col., 2012; Olaimat and Holley, 2012).

Generalmente, la mayor parte de los riesgos a la salud por la ingesta de alimentos es provocada por diversos microorganismos que pueden ser causantes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), las cuales en su mayoría se adquieren en establecimientos donde se preparan y se venden alimentos (cafeterías, cocinas, y restaurantes), siendo un factor importante para el desarrollo de las ETA el calentamiento, enfriamiento o recalentamiento inadecuado del alimento (Soon y col., 2011; Xue y Zhang, 2013). Por esta razón, se debe de llevar un estricto control de la temperatura de los alimentos para evitar el desarrollo de microorganismos. Se recomienda verificar que los alimentos se mantengan calientes a 60 °C o más, y los alimentos fríos a 4 °C o menos. Al recalentar un alimento, se sugiere hacerlo a una temperatura de 74 °C o más por 15 s como mínimo (Pires y col., 2012; Balzaretto y Marzano, 2013). Se define como zona de peligro de la temperatura (ZPT) al rango entre los 4 °C y los 60 °C en que la mayoría de los microorganismos crecen y se multiplican rápidamente (NMX-F-605-NORMEX-2004).

Por otro lado, una de las áreas de la microbiología de alimentos que más interés ha desarrollado en las últimas décadas ha sido la microbiología predictiva (MP), ya que permite anticipar el efecto del cambio en determinados factores medioambientales sobre el crecimiento o inactivación de los microorganismos o cuando se someten bajo condiciones controladas como lo son pH, actividad de agua y temperatura (Coroller y col., 2006). En la ciencia de los alimentos, la MP es de gran ayuda, ya que es útil para el estudio de la inocuidad microbiológica de los alimentos, tiempo de vida útil y en la optimización o desarrollo de los procesos de producción y comercialización, para obtener de esta manera alimentos inocuos, previniendo o disminuyendo el riesgo del crecimiento y/o producción de microorganismos patógenos y sus toxinas (Castro y col., 2008, Sant'Ana y col., 2012).

La MP está basada en el argumento de

que las respuestas de poblaciones de microorganismos a factores medioambientales son reproducibles, y que por lo tanto es posible, interpolando entre puntos, predecir el comportamiento de esos microorganismos para condiciones que no han sido ensayadas (McMeekin y col., 1997; Coroller y col., 2012). Los modelos matemáticos que se utilizan permiten tener una predicción de velocidad de crecimiento y/o inactivación de los microorganismos, algunos de los factores principales que afectan el crecimiento microbiano en los alimentos son la temperatura y el pH, por lo cual deben tenerse en cuenta para lograr una determinada predicción. En la investigación microbiológica, los datos obtenidos del modelado de datos proporciona gráficos donde se observa el crecimiento o la inactivación microbiana para varios niveles de uno o quizás dos factores (Chen y Campanella, 2012).

Finalmente, el modelo de Weibull ha sido utilizado en la mayoría de las ocasiones en estudios que involucran tratamientos térmicos y no térmicos. La hipótesis en la que se basa, se encuentra en la resistencia al estrés de una población y que las curvas de supervivencia microbianas y de esporas bacterianas siguen una distribución de tipo Weibull o primer orden. Este tipo de modelos pueden describir curvas lineales, cóncavas o convexas (Coroller y col., 2006; Huang y col., 2012). Es utilizado comúnmente para calcular la eficiencia de inactivación térmica de los tratamientos en las industrias de alimentos, consiste en una distribución de frecuencias que toma en cuenta a cada microorganismo como una población en general, donde cada uno posee una resistencia al tratamiento. Por lo tanto, las curvas de inactivación representan la distribución de la resistencia del conjunto de la población al tratamiento. Por esta razón, se puede decir que no existe una relación lineal entre el tiempo de tratamiento al que se someten los microorganismos y la muerte de cada uno de ellos. Aparte, este modelo posee una gran sencillez, ya que se puede interpretar con curvas, hombros y colas, y líneas rectas (Gougouli y Koutsoumanis, 2012; Huang y col., 2012). En la actualidad, la distribución de Weibull ha servido para la

descripción de varias formas de las curvas de inactivación (Coroller y col., 2012). Por lo que el objetivo general de este trabajo fue evaluar mediante la distribución de Weibull la supervivencia de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus* en una sopa industrializada sometida a diferentes temperaturas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Material Biológico

Las cepas control fueron proporcionadas por el Hospital Universitario (*E. coli* ATCC 35218) y el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Químicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (*S. aureus* ATCC 29213 y *B. cereus* ATCC 11778); las cepas fueron inoculadas en tubos con caldo nutritivo (Merk, México, D.F.) para mantener viables a las bacterias, y para el caso de *B. cereus* se utilizaron tubos con agar nutritivo (Merk, México, D.F.).

### Preparación del inóculo

*E. coli*, *S. aureus* y *B. cereus* fueron inoculados en caldos nutritivos (Merk, México, D.F.) e incubados a 37 °C por 24 h, después de ese lapso, se ajustó a la escala de McFarland a 0.5, que es el equivalente aproximadamente a 109 UFC mL<sup>-1</sup>. Posteriormente, se hicieron diluciones seriadas hasta tener un inóculo para los diferentes experimentos de aproximadamente 104 UFC mL<sup>-1</sup>.

### Incubación a diferentes temperaturas, toma de muestra y conteo de microorganismos

Para la inoculación en el alimento, se esterilizaron 300 mL de agua destilada, una probeta graduada de 100 mL y un vaso de precipitado de 1000 mL. Se vertió el contenido de una sopa enlatada (crema de champiñones, Campbell's, México D.F.) de 300 g en un vaso de precipitado previamente estéril, y se homogenizó sin salir del área de esterilidad; con ayuda de la probeta se llenaron 3 matraces erlenmeyer con 100 mL cada uno. La sopa inoculada se mantuvo en baño maría (Thermo-Scientific 2874, Rochester, NY, USA.) a temperaturas constantes de 40, 50 y 60 °C. Se tomaron muestras a los 0, 5, 10, 20, 60, 120 y 240 minutos, después de inocular los microorganismos. El muestreo se hizo por triplicado y se tomó 1 mL de cada uno de los matraces

para hacer un vertido en placa (Agar Soya Trypticaseína, Merk, México), las cuales se incubaron a 37 °C por 24 hrs; a la par se llevaron dos controles, uno con sopa sin inocular y otro con agua destilada estéril. Finalmente, se hizo una tinción de Gram a cada prueba realizada (Santiesteban-López y col., 2007).

### Análisis y modelización de resultados

Con los resultados obtenidos durante el desarrollo experimental se realizó la tabla tiempo vs temperatura; de donde se obtuvo el promedio del número de UFC mL<sup>-1</sup> contabilizadas para cada temperatura y posterior, a eso de los promedios obtenidos, se obtuvo N/NO (donde NO es el número de bacterias iniciales de UFC mL<sup>-1</sup> y N es el número de bacterias de UFC mL<sup>-1</sup> al tiempo t). Para homogenizar los datos se obtuvo el valor log<sub>10</sub>. Los datos se ajustaron a la distribución de Weibull (Peleg, 1997), utilizando el programa Kaleida Graph (Versión 3.51, Synergy Software, Reading PA, USA) (Ec. 1).

(1)

$$\log_{10} S t = -b t^n$$

De donde se obtuvieron dos parámetros: b, que indica la velocidad de inactivación bacteriana, y n, indica la forma en que los microorganismos sobreviven, los parámetros n y b se utilizaron para calcular la distribución de frecuencias de resistencias. El modo de distribución representa el tiempo de tratamiento en el que la mayoría de la población muere o se inactiva. La media corresponde al tiempo de inactivación promedio con su variación. Por último, el coeficiente de asimetría (n) indica la forma de la distribución. Una vez obtenidos los valores de b y n se trazaron curvas de frecuencia de la resistencia con la siguiente ecuación (Ec. 2):

(2)

$$\frac{d\Phi}{dt_c} = b n t_c^{n-1} \exp(-b t_c^n)$$

Donde t<sub>c</sub> es una medida de resistencia o sensibilidad del organismo y Φ es la fracción de organismos que comparten en cualquier tiempo dado (Peleg y Cole, 1998).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran las curvas de creci-

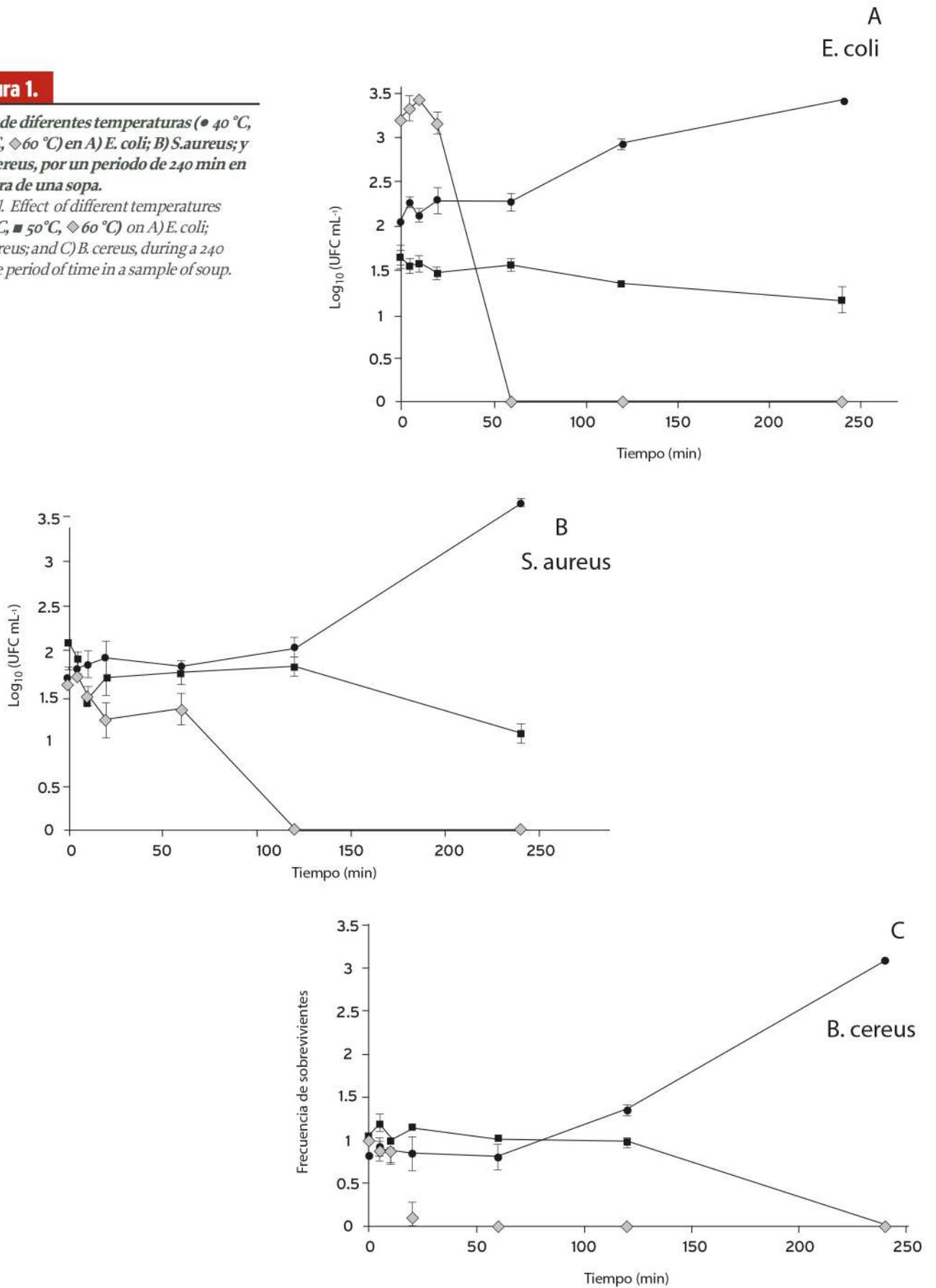
miento o inhibición de *E. coli*, *S. aureus* y *B. cereus* inoculados en la sopa a diferentes temperaturas. Para el caso de los controles, la sopa sin inocular presentó valores inferiores a 10 UFC mL<sup>-1</sup>, mientras que para las cepas en agua destilada presentaron una disminución promedio de un ciclo logarítmico al final del tiempo de experimentación. Se puede observar el crecimiento óptimo de las tres cepas a 40 °C y el inicio de la fase logarítmica a partir de los 5 min, creciendo de 1.3 (*E. coli*, Figura 1A), 2.5 (*S. aureus*, Figura 1B) y hasta 3.5 ciclos logarítmicos (*B. cereus*, Figura 1C) al final del experimento. A 50 °C, se observan curvas de inhibición presentando una pequeña disminución de la carga bacteriana cercana a los 1.1 ciclos logarítmicos, sin embargo, las bacterias que van sobreviviendo, pueden tener diversos mecanismos de supervivencia generados por el alto estrés bacteriano que la temperatura provoca. La muerte celular se observa a 60 °C donde hay curvas pronunciadas de inhibición, al final del tiempo de experimentación hubo una reducción de la carga microbiana de hasta 4 ciclos logarítmicos.

Peng y col. (2011) y Velliou y col. (2012) afirman que *E. coli* posee en su superficie el antígeno "O", el cual es termoestable y le permite sobrevivir en un alto rango de temperaturas (50-60 °C). Cuando se superan los 70 °C, ciertos componentes comienzan a degradarse de forma irreversible como proteínas, ácidos nucleicos y el colapso de la membrana citoplasmática provocando la muerte celular. Rossi y col. (2010) reportan que *S. aureus* tiene como estrategia adaptativa de autoprotección, la producción de enterotoxinas y la formación de biopelículas entre 40 y 50 °C, a este rango de temperatura las pocas bacterias que logran sobrevivir pueden provocar intoxicación. Wijnands y col. (2009) mencionan que *B. cereus* es capaz de producir esporas y toxina hemética como mecanismo de supervivencia en el alimento durante la fase exponencial de crecimiento. La mayor concentración de toxina se tiene al llegar a la fase estacionaria, al ser termoestable puede sobrevivir hasta 30 minutos en agua hirviendo. Menz y col. (2011) observaron que las esporas de *B. cereus* poseen apéndices y/o pilis, los cuales le confieren facilidad

**Figura 1.**

Efecto de diferentes temperaturas (● 40 °C, ■ 50 °C, ◆ 60 °C) en A) *E. coli*; B) *S.aureus*; y C) *B. cereus*, por un periodo de 240 min en muestra de una sopa.

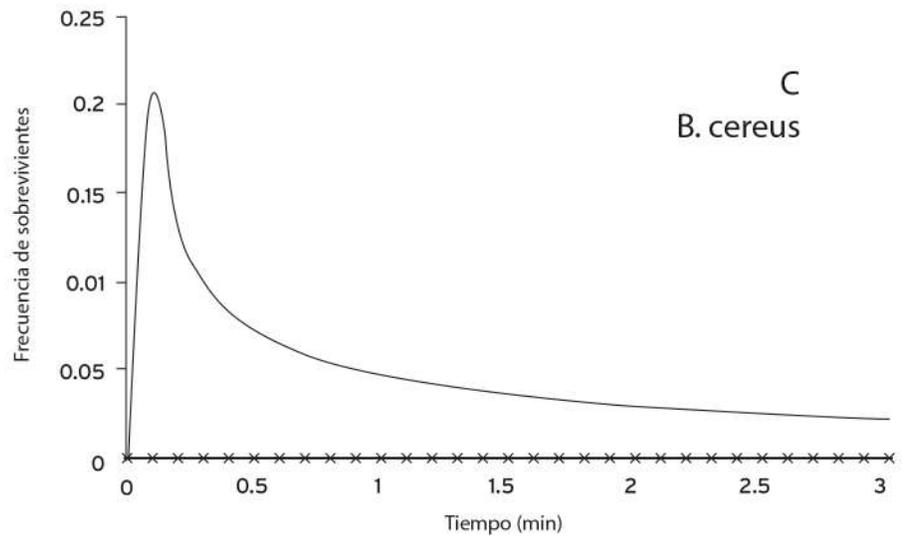
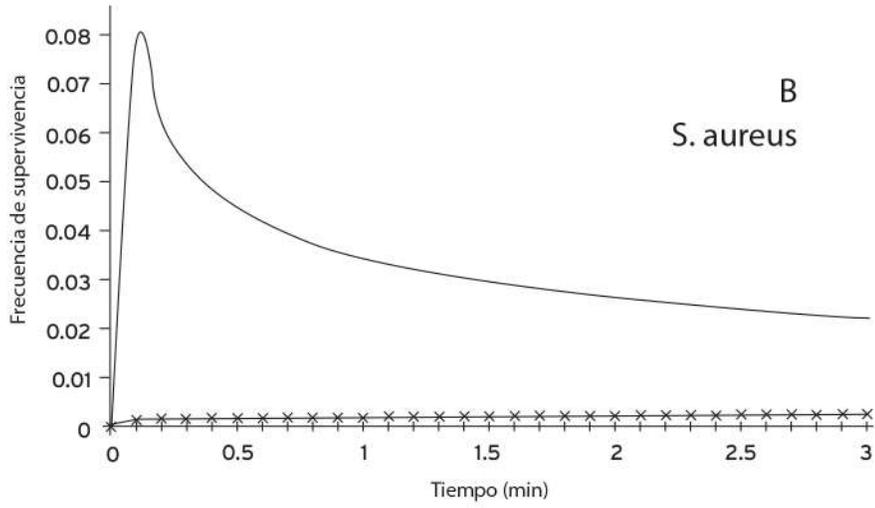
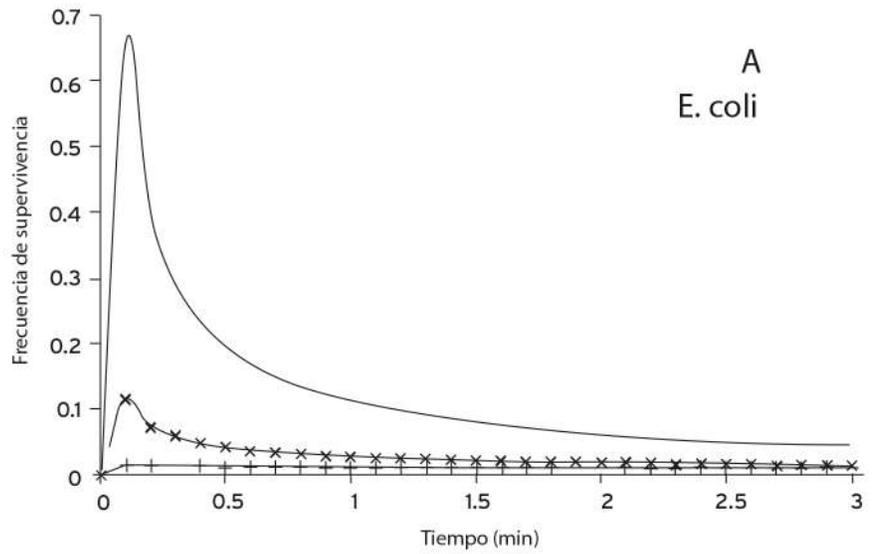
Figure 1. Effect of different temperatures (● 40 °C, ■ 50 °C, ◆ 60 °C) on A) *E. coli*; B) *S.aureus*; and C) *B. cereus*, during a 240 minute period of time in a sample of soup.



**Figura 2.**

*Frecuencia de supervivencia a 40 °C(+), 50 °C(x) y 60 °C(-) para: A) E. coli; B) S. aureus; y C) B. cereus.*

*Figure 2. Survival frequency of A) E. coli; B) S.aureus; and C) B. cereus at 40 °C(+), 50 °C (x), and 60 °C(-).*



**Tabla 1.**

**Parámetros de la distribución de Weibull ( $b, n$ ) para *E. coli*, *S. aureus* y *B. cereus* incubadas en una sopa industrializada a diferentes temperaturas.**

*Table 1. Parameters of Weibull's distribution ( $b, n$ ) for growth curves of *E. coli*, *S. aureus*, and *B. cereus* at different temperatures in industrialized soup.*

Cepa	Temperatura °C	b	n	R <sup>2</sup>
<i>E. coli</i>	40	0.00±0.09	0.87±0.09	0.97
	50	0.07±0.09	0.37±0.06	0.93
	60	0.54±0.09	0.35±0.13	0.87
<i>S. aureus</i>	40	0.00±0.09	2.41±0.27	0.98
	50	0.00±0.09	1.18±0.29	0.91
	60	0.05±0.09	0.65±0.14	0.91
<i>B. cereus</i>	40	0.00±0.09	2.02±0.24	0.98
	50	0.00±0.09	3.61±1.14	0.96
	60	0.14±0.09	0.39±0.08	0.89

para adherirse a múltiples superficies formando biopelículas, en estas condiciones es capaz de producir toxina hemética.

Evaluación mediante la distribución de Weibull

La Tabla 1 muestra los valores de los parámetros ( $b$  y  $n$ ) de la distribución de Weibull; se observa que a 40 °C los tres microorganismos no tienen velocidad de inactivación ( $b=0.00$ ), lo que concuerda con la Figura 2 donde la curva de frecuencia no muestra sobrevivientes debido a que no hay muerte bacteriana, este mismo fenómeno se repite para el caso de *S. aureus* y *B. cereus* a 50 °C (Figura 2B y 2C), sin embargo para *E. coli* le causa efectos letales, ya que el valor de velocidad de inactivación es cercano a 0.07, el área bajo de la curva (Figura 2A) muestra una ligera cantidad de población bacteriana sobreviviente. El parámetro  $n$  resultó ser  $> 1$  (Tabla 1), lo que indica que las bacterias sobrevivientes pueden volverse termosensibles, y de esta manera no poder sobrevivir con el paso del tiempo (Coroller y col., 2006; Van Derlinden y Van Impe, 2012; Van Derlinden y Van Impe, 2013).

Para los tres microorganismos se observa la mayor frecuencia de sobrevivientes a 60 °C, siendo más elevada para *E. coli* (0.7)

que para *B. cereus* y *S. aureus* (0.2 y 0.1 respectivamente), donde la mayor tasa de muerte se registra durante los primeros minutos. A esta temperatura los resultados de la distribución de Weibull predicen que *E. coli*, *S. aureus* y *B. cereus* sobreviven durante el tiempo total del muestreo (240 min), con una carga bacteriana mínima. Con *S. aureus* ( $b=0.05$  a 60 °C), se demuestra la resistencia al tipo de tratamiento térmico ( $n < 1$ ), en este caso murieron la mayor cantidad posible de células en un corto periodo de tiempo y por lo tanto con el transcurso del mismo, estas sobrevivientes son las más resistentes o tal vez son las que se adaptaron al medio y a la temperatura elevada.

Coroller y col., (2012), afirman que las células sobrevivientes presentan una mayor resistencia al tratamiento aplicado y una probabilidad muy baja de morir. Posiblemente cuando comienzan a adaptarse al medio, la población superviviente se puede volver más sensible, y por lo tanto el daño acumulado provocado haría que las bacterias no sobrevivieran (Van Derlinden y Van Impe, 2013).

Aparentemente, los microorganismos presentes en un alimento hacen todo lo posible para mantener su homeostasis y poder

superar el ambiente hostil utilizando por completo su energía, muriendo ya sea por un agotamiento metabólico y/o por la desnaturalización de proteínas generado por el efecto de la temperatura. Sin embargo, como cada bacteria expresa diferentes genes, no todas tienen la capacidad de actuar y sobrevivir al mismo tiempo (Ryu y col., 2012). Wilson y col. (2002) afirman que en la mayoría de los casos, las predicciones basadas en los datos obtenidos de sistemas que utilizan medios de cultivo puro son aplicables para el crecimiento de los microorganismos que crecen en los alimentos. Sin embargo, hay una serie de casos en los que la estructura del alimento, la actividad de agua, la disponibilidad de nutrientes (como fuentes de carbono y nitrógeno), el pH y la temperatura de tratamiento, parecen dar como resultado un comportamiento diferente. Esto puede explicar las diferencias que se observan en las curvas de crecimiento o inhibición con las obtenidas a partir de modelos predictivos y del control el cual mantuvo sus niveles de inoculación.

La distribución de Weibull es una función que toma en cuenta variaciones biológicas y se utiliza para describir el espectro de resistencias de la población al agente letal bajo distintas condiciones (Van Boekel, 2002). Las principales ventajas del modelo basado en la distribución de Weibull son su sencillez y su capacidad de modelar curvas de supervivencia que son lineales (Peleg, 1997; Peleg y Cole, 1998).

## CONCLUSIONES

No es conveniente mantener alimentos a temperaturas inferiores a 60 °C, ya que para el caso de *E. coli*, *S. aureus* y *B. cereus* se observó que son resistentes. Por otro lado, la aplicación de la distribución de Weibull para determinar la velocidad de muerte de los microorganismos patógenos, puede ser de gran utilidad para el manejo y la prevención de enfermedades transmitidas por alimentos. ||

## REFERENCIAS

- Balzaretti, C. M. and Marzano, M. A. (2013). Prevention of travel-related foodborne diseases: Microbiological risk assessment of food handlers and ready-to-eat foods in northern Italy airport restaurants. *Food Control*. 29 (1): 202-207.
- Castro, G., Valbuena, E., and Sánchez, E. (2008). Comparación de modelos sigmoidales aplicados al crecimiento de *Lactococcus lactis* subsp *Lactis*. *Revista Científica de Maracaibo*. 18 (4): 582-588.
- Cerna, J. F., Gómez, C. A., Rangel, E., Torres, M. R., Villarruel, A., and Castro, J. (2012). Presence of some indicator bacteria and diarrheagenic *E. coli* pathotypes on jalapeño and serrano peppers from popular markets in Pachuca City, Mexico. *Food Microbiology*. 32 (2): 444-447.
- Chen, G. and Campanella, O. H. (2012). An optimization algorithm for estimation of microbial survival parameters during thermal processing. *International Journal of Food Microbiology*. 154 (1): 52-58.
- Coroller, L., Leguerinel, I., Mettler, E., Savy, N., and Mafart, P. (2006). General model, based on two mixed Weibull distributions of bacterial resistance, for describing various shapes of inactivation curves. *Applied and Environmental Microbiology*. 72 (5): 6943-6502.
- Coroller, L., Kan-King-Yu, D., Leguerinel, I., Mafart, P., and Membré, J. M. (2012). Modelling of growth, growth/no-growth interface and nonthermal inactivation areas of *Listeria* in foods. *International Journal of Food Microbiology*. 152 (1): 139-152.
- Gougouli, M. and Koutsoumanis, K. P. (2012). Modeling germination of fungal spores at constant and fluctuating temperature conditions. *International Journal of Food Microbiology*. 152 (1): 153-161.
- Huang, K., Tian, H., Gai, L., and Jianping, W. (2012). A review of kinetic models for inactivating microorganisms and enzymes by pulsed electric field processing. *Journal of Food Engineering*. 111 (2): 191-207.
- McMeekin, T. A., Brown, J., Krist, K., Miles, D., Neumeyer, K., Nichols, D. S., Olley, J., Presser, K., Ratkowsky, D. A., Ross, R., Salter, M., and Soontranon, S. (1997). Quantitative microbiology: A basic for food safety. *Emerging Infectious Diseases*. 3 (4): 541-549.
- Menz, G., Aldred, P., and Vriesekoop, F. (2011). Growth and survival of foodborne pathogens in beer. *Journal of Food Protection*. 74 (10): 1670-1675.
- NMX-F-605-NORMEX (2004). Manejo higiénico en el servicio de alimentos preparados para la obtención del Distintivo "H".
- Olaimat, A. N. and Holley, R. A. (2012). Factors influencing the microbial safety of fresh produce: A review. *Food Microbiology*. 32 (1): 1-19.
- Peleg, M. (1997). Modeling microbial populations with the original and modified versions of the continuous and discrete logistic equations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 37 (5): 471-490.
- Peleg, M. and Cole, M. (1998). Reinterpretation of microbial survival curves. *Critical Reviews in Food Science*. 38 (4): 353-380.
- Peng, S., Tasara, T., Hummerjohann, J., and Stephan, R. (2011). An overview of molecular stress response mechanisms in *Escherichia coli* contributing to survival of shiga toxin-producing *Escherichia coli* during raw milk cheese production. *Journal of Food Protection*. 74 (5): 849-864.
- Pires, S. M., Vieira, A. R., Perez, E., Wong, D. L. F., and Hald, T. (2012). Attributing human foodborne illness to food sources and water in Latin America and the Caribbean using data from outbreak investigations. *International Journal of Food Microbiology*. 152 (1): 129-138.
- Rossi, F., Gaio E., and Torriani, S. (2010). *Staphylococcus aureus* and *Zygosaccharomyces bailii* as primary microbial contaminants of a spoiled herbal food supplement and evaluation of their survival during shelf life. *Food Microbiology*. 27 (2):356-362.
- Ryu, S. H., Lee, J. H., Park, S. H., Song, M. O., Park, S. H., Jung, H. W., Park, G. Y., Choi, S. M., Kim, M. S., Chae, Y. Z., Park, S. G., and Lee, Y. K. (2012). Antimicrobial resistance profiles among *Escherichia coli* strains isolated from commercial and cooked foods. *International Journal of Food Microbiology*. 159 (2): 263-266.
- Sant'Ana, A. S., Franco, B. D. G. M., and Schaffner, D. W. (2012). Modeling the growth rate and lag time of different strains of *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat lettuce. *Food Microbiology*. 30 (2): 267-273.
- Santiesteban-López, A., Palou, E., and López-Malo, A. (2007). Susceptibility of food-borne bacteria to binary combinations of antimicrobials at selected aw and pH. *Journal of Applied Microbiology*. 102 (3): 486-497.
- Soon, J. M., Singh, H., and Baines, R. (2011). Foodborne diseases in Malaysia: A review. *Food Control*. 22 (7): 823-830.
- Van Boekel, M. A. J. S. (2002). On the use of Weibull model to describe thermal inactivation of microbial vegetative cells. *International Journal of Food Microbiology*. 74 (1): 139-159.
- Van-Derlinden, E. and Van-Impe, J. F. (2012). Modeling microbial kinetics as a function of temperature: Evaluation of dynamic experiments to identify the growth/inactivation interface. *Journal of Food Engineering*. 108 (2): 201-210.
- Van-Derlinden, E. and Van-Impe, J. F. (2013). Modeling growth rates as a function of temperature: Model performance evaluation with focus on the suboptimal temperature range. *International Journal of Food Microbiology*. 158 (1): 73-78.
- Velliou, E. G., Van-Derlinden, E., Cappuyns, A. M., Geeraerd, A. H., Devlieghere F., and Van-Impe, J. F. (2012). Heat inactivation of *Escherichia coli* K12 MG1655: Effect of microbial metabolites and acids in spent medium. *Journal of Thermal Biology*. 37 (1): 72-78.
- Wilson, P. D. G., Brocklehurst, T. F., Arino, S., Thuault, D., Jakobsen, M., Lange, M., Farkas, J., Wimpenny, J. W. T., and Van-Impe (2002). Modeling microbial growth in structured foods: towards a unified approach. *International Journal of Food Microbiology*. 73 (3): 275-289.
- Wijnands, L. M., Pielaat, A., Dufrenne, J. B., Zwietering, M. H., and Van-Leusden, F. M. (2009). Modelling the number of viable vegetative cells of *Bacillus cereus* passing through the stomach. *Journal of Applied Microbiology*. 106 (2):258-267.
- Xue, J. and Zhang, W. (2013). Understanding China's food safety problem: An analysis of 2387 incidents of acute foodborne illness. *Food Control*. 30 (3): 311-317.

# PROPIEDADES FUNCIONALES DE SISTEMAS LÁCTEOS CONGELADOS Y SU RELACIÓN CON LA TEXTURA DEL HELADO: UNA REVISIÓN

*Functional properties of  
frozen dairy systems and  
their relation to ice cream  
texture: a review*

**María Aurora Pintor-Jardines y  
Alfonso Totosa-Sánchez\***

Laboratorio de Alimentos, Instituto Tecnológico  
de Estudios Superiores de Ecatepec.  
Av. Tecnológico esq. Av. Central s/n, Ecatepec,  
Estado de México, México, C.P. 55210.

\*Autor de correspondencia:  
atotosa@tесе.edu.mx

Fecha de Recepción: 21 de marzo de 2013.  
Fecha de Aceptación: 24 de junio de 2013.

## RESUMEN

El helado es una dispersión coloidal que consta de una fase dispersa, que se encuentra inmersa en una fase continua de alta viscosidad. La fase dispersa está compuesta por tres componentes principales que le dan su estructura: burbujas de aire, cristales de hielo y glóbulos de grasa emulsionados y dispersados. La fase líquida está compuesta a su vez por azúcares, proteínas de leche e hidrocoloides disueltos en agua no congelada. En este artículo se hace una revisión del efecto que tienen las propiedades funcionales de los diferentes ingredientes en la estabilidad de esta compleja mezcla, así como en la formación de la estructura tridimensional de la fase dispersa, influenciando en el tamaño microscópico y dispersión de las burbujas de aire, los glóbulos de grasa y los cristales de hielo, que macroscópicamente dan esa sensación cremosa al helado.

**PALABRAS CLAVE:** Propiedades funcionales, sistemas lácteos, helado, textura.

## ABSTRACT

Ice cream is a colloidal dispersion that consists of one disperse phase, immersed in a continuous phase of high viscosity. The disperse phase has three main components that provide its structure: air bubbles, ice crystals and emulsified and dispersed fat globules. The liquid phase is, in turn, composed by sugar, milk protein and hydrocolloids dissolved in non-frozen water. This paper reviews the effect of the functional properties of the different ingredients on the stability of this complex mix, and on the formation of the tridimensional structure of the disperse phase, influencing the microscopic size and dispersion of the air bubbles, the fat globules and the ice crystals that macroscopically give the creamy taste of ice cream.

**KEYWORDS:** Functional properties, dairy systems, ice cream, texture.

## INTRODUCCIÓN

El helado es una dispersión coloidal que consiste de una emulsión-espuma conge-

lada que se mantiene homogénea durante su almacenamiento. El helado consta de una fase dispersa (con tres principales componentes estructurales: burbujas de aire, cristales de hielo y glóbulos de grasa emulsionados y dispersados) que se encuentra inmersa en una fase continua (fase líquida de alta viscosidad con azúcares, proteínas de leche, e hidrocoloides disueltos en agua no congelada, fase denominada suero) (Marshall y col., 2003; Clarke, 2004). La estabilidad de la compleja mezcla de muchos ingredientes, con diferentes propiedades, depende de la funcionalidad de éstos, los cuales a su vez dependen de las condiciones del sistema (temperatura, fuerza iónica y pH) para su óptimo desempeño en la formulación del helado. Durante el proceso, la incorporación de aire y la congelación implican numerosos cambios físicos que son favorecidos por la acción de las proteínas y emulsificantes, que estabilizan las fases de emulsión y espuma. La capacidad de los componentes para interactuar es lo que mantiene las propiedades físicas y sensoriales del helado durante y después del proceso, almacenamiento, y hasta su consumo.

El objetivo de este trabajo fue hacer una revisión del papel que tienen los ingredientes del helado (proteínas e hidrocoloides) y sus propiedades funcionales en la estabilización de las fases presentes en este alimento, así como la relación que hay entre la estructura formada y la textura instrumental.

#### Función de los componentes en el helado

En México y varios países, debido a la falta de acceso a leche fresca fluida, los helados son elaborados a partir de leche en polvo rehidratada. El rubro más importante de las importaciones de México es la leche en polvo, mediante las cuales se cubren los requerimientos complementarios y de abasto de la industria de leche y derivados lácteos, así como del Programa de Abasto Social de Leche de LICONSA (Secretaría de Economía, 2012).

El agua se utiliza para la dispersión del resto de los ingredientes de la formulación (principal componente de la fase continua). Los primeros componentes en disolverse son los llamados sólidos lácteos no grasos. Estos son principalmente proteínas lácteas (leche en polvo descremada, caseinatos y/o suero

de leche), que tienen por objeto estabilizar y aumentar la viscosidad de la mezcla-base para helado. Otros ingredientes en la formulación son los azúcares que disminuyen el punto de congelación de la fase acuosa (Álvarez y col., 2005). Proporcionan el sabor dulce, influyen sobre el punto de congelación e incrementan la viscosidad, mejorando la textura y palatabilidad del helado. Los azúcares también disminuyen la dureza de los helados, al coadyuvar determinan el tamaño final de los cristales de hielo modificando el contenido de agua disponible en el sistema (Hagiwara y Hartel, 1996).

Otros ingredientes sólidos no grasos son los emulsificantes y estabilizantes. Los estabilizantes son un grupo de ingredientes usados en la elaboración de helados en bajas concentraciones y son usualmente polisacáridos o gomas como carrageninas, goma guar, goma de algarrobo, goma xantana, goma tara, goma de celulosa y/o celulosa microcristalina (Clarke, 2004). En conjunto, los emulsificantes y estabilizantes determinan las propiedades reológicas del producto (Clarke, 2004). Los emulsificantes ayudan a estabilizar la emulsión debido a su estructura molecular, disminuyendo la tensión interfacial, además de desestabilizar parcialmente la grasa (esto es, ayudan a que se produzca cierta coalescencia y agregación de las gotas de grasa para que pueda ser formada una red que estabilice las burbujas de aire y por lo tanto la estructura del helado). El objetivo de estos hidrocoloides es dar suavidad, cuerpo y textura en los helados, retardando o reduciendo el crecimiento de cristales de hielo durante el almacenamiento, especialmente durante los periodos de fluctuación, impartiendo uniformidad y resistencia al derretimiento. También incrementan la viscosidad de la mezcla, promueven la incorporación de aire y estabilizan al sistema contra la separación de fases, ligando el agua libre (Hagiwara y Hartel, 1996; Goff, 1997; Akesowan, 2008; Hernández y col., 2011; Philip y Laaman, 2011).

La estabilidad de la fase continua antes de la adición de la grasa y batido para incorporar aire, es importante para el correcto desarrollo de la textura deseada en el producto final. La solubilidad de las proteínas y su interacción con otros componentes de la mezcla (como polisacáridos o gomas) afec-

tan la capacidad de emulsionar y estabilizar los glóbulos de grasa que serán dispersos en esta fase, para posteriormente cristalizar durante el batido-congelamiento y estabilizar a su vez el aire incorporado.

Un componente importante en la fase dispersa es la grasa. La grasa que se incorpora en el helado puede ser de origen lácteo, vegetal, o bien, ambas. Utilizar diferentes tipos de grasa vegetal con diferente grado de insaturaciones (como aceite de girasol o de palma) puede resultar en diferentes agregados estructurales, mejorando la estabilidad al derretimiento del helado (Méndez-Velasco y Goff, 2012b). La grasa juega un papel esencial en el helado, ya que disminuye el derretimiento, estabiliza y promueve la incorporación y dispersión de aire, incrementa la viscosidad, imparte el aroma y favorece la formación de cristales de hielo (Bolliger y col., 2000; Chung y col., 2003; Clarke, 2004; Granger y col., 2005; Goff, 1997). Durante la agitación de los glóbulos de grasa se rompe la película proteica interfacial que se formó durante el mezclado y al aproximarse quedan enganchados por el contacto grasa/grasa. Esta grasa cristalizada impide que la coalescencia sea completa, formándose agregados de forma irregular que se unen entre sí, constituyendo una red continua en la matriz del producto (Chung y col., 2003). La capacidad de la grasa de promover y mantener la dispersión de aire en el helado es debido a que la grasa se coloca en la superficie de las burbujas de aire, proporcionándoles una fina capa que las estabiliza. Para ayudar a la formación de agregados en la grasa láctea, es importante añadir emulsificantes que ayuden a desplazar a las proteínas de leche de la superficie de las burbujas, ampliando así la superficie de contacto (Aykan y col., 2008). Recientemente se ha propuesto que los tipos de interacciones entre la grasa (como la coalescencia parcial de cristales de hielo, la floculación inducida por proteínas o puenteo, o bien la floculación, la coalescencia o combinaciones de estas) afectan la textura del helado (Méndez-Velasco y Goff, 2012a).

El aire es otro ingrediente básico que conforma la estructura del helado, formando un alimento que es una emulsión y una espuma a la vez. Cuanto, más alto es el contenido de sólidos en el helado, más cantidad de aire

es incorporado durante el batido-congelado. En helados el porcentaje de rendimiento u overrun, es la manera de medir el aire que se introdujo durante el batido.

Finalmente, la formación de cristales de hielo durante la congelación, es resultado de la fusión a 0 °C de las moléculas de agua que forman estructuras hexagonales (clatratos en solución por interacciones entre moléculas de agua). Debido a la pérdida del calor latente, la temperatura se mantiene constante hasta que el agua restante –libre, no químicamente unida a otras macromoléculas o componentes del sistema lácteo– se convierte en hielo. Aquí es importante la nucleación o crecimiento de los cristales de hielo. Debido al alto contenido de sólidos, la temperatura de super-enfriamiento es menor (en vez de los -40 °C necesarios se llega -2 °C) permitiendo la formación de cristales de hielo estables (Clarke, 2004). El efecto más marcado sobre la fase hielo de los helados es debido a los azúcares presentes en la formulación (tipo y concentración). Afectan la depresión del punto de congelación de la mezcla durante el congelamiento y el volumen de la fase hielo, donde una alta concentración de azúcares resulta en un bajo volumen de la fase hielo. En contraste, los estabilizantes no afectan las características de congelamiento del helado, y el efecto de depresión del punto de congelación no es importante en comparación al efecto de los azúcares (Flores y Goff, 1999).

#### Procesamiento del helado

El proceso de elaboración del helado consta de seis pasos. Cada uno de estos pasos influye en la calidad del producto final (Figura 1).

#### 1. Mezclado de los ingredientes

El mezclado de los ingredientes tiene por objeto dispersar e hidratar los ingredientes que conforman la base para helado (leche en polvo, caseinatos, suero de leche, grasa butírica, grasa vegetal, emulsificantes, mezcla de estabilizantes y azúcares). Estos ingredientes son agregados con cierto orden, donde los componentes proteicos (leche en polvo, suero de leche, caseinatos), son primeramente disueltos. Posteriormente se agrega la grasa, emulsificantes, estabilizantes, y por último él o los azúcares. En el caso de los estabilizantes,

es necesario hacer un pre-mezclado a temperaturas donde los polímeros puedan ser hidratados con el fin de evitar la formación de grumos en la mezcla.

#### 2. Homogenización

La homogenización, es el proceso responsable de la formación de la emulsión a través de movimientos mecánicos y temperaturas que tienen como objeto la adecuada distribución de los compuestos, disminuyendo el tamaño y dispersando los glóbulos de grasa rodeados con una película proteica interfacial, para obtener una emulsión estable. Los fosfolípidos y polipéptidos de bajo peso molecular compiten por la adsorción en la superficie de la burbuja de aire, desplazando a la proteína y por lo tanto desestabilizando la emulsión. A condiciones y cantidades ideales, las proteínas trabajan en conjunto con estabilizantes formando en este caso complejos que aumentan la viscosidad, confiriendo buenas propiedades al helado. Estabilizantes como las carrageninas (en concentraciones menores a 0.5 %) son ampliamente utilizados en productos lácteos debido a su interacción específica

con las proteínas lácteas y capacidad de interactuar con otros polisacáridos, induciendo zonas de interacción con el agua provocadas por los grupos sulfatos cargados positivamente (Pintor y Totosaus, 2012). Aunque las proteínas contribuyen en la estabilización de la base para helado, es necesario adicionar compuestos como mono y diglicéridos con la finalidad de mantener la dispersión uniforme.

#### 3. Pasteurización

La pasteurización es el proceso posterior a la homogenización que mantiene el control biológico del helado, destruyendo bacterias patógenas que son adquiridas durante la manipulación de los ingredientes. Los tiempos y temperaturas de pasteurización dependen del tipo de componentes que conforman la mezcla. Una pasteurización lenta reduce el 99 % de los microorganismos patógenos a temperaturas de 62-72 °C, en tiempos de 8-40 minutos. La pasteurización rápida reduce la carga microbiana en un 95.5 %, a temperaturas de 71-74 °C en un tiempo de 40-45 segundos (Goff y Hartel, 2004). En este proceso se terminan de solubilizar proteínas y estabilizantes, inmersos en el sistema. Las moléculas como proteínas, emulsificantes y estabilizantes cambian su conformación durante la homogenización, afectando sus propiedades funcionales. Las proteínas son uno de los compuestos más sensibles ante el proceso, debido a que a temperaturas altas (cerca de 80 °C), tienden a desnaturarse, provocando precipitación y separación de fases (Schmidt y Smith, 1992; Clarke, 2004).

#### 4. Maduración de la mezcla

Después de pasteurizar, la mezcla, es enfriada para su reposo por unas veinticuatro horas, con el fin de que se terminen de hidratar las proteínas de leche y estabilizantes. Esto permite el aumento de viscosidad de la base para helado, afectando positivamente la textura del helado y por lo tanto la calidad. Es importante que esta cristalización no sea total, sino que un núcleo de grasa líquida permanezca en los glóbulos. Estos fenómenos son muy importantes para el siguiente paso que es el batido, debido a que las burbujas de aire dependen de qué tan estable sea la emulsión para no colapsar durante el endurecimiento (Clarke, 2004). Después

### Figura 1.

#### Diagrama de flujo de la elaboración de helado.

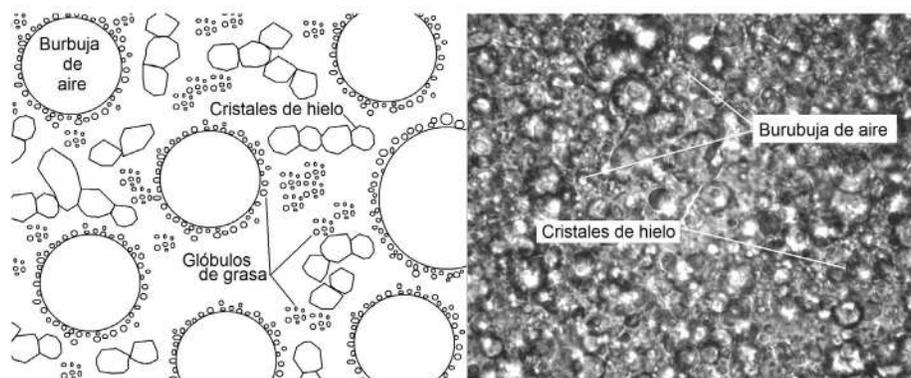
Figure 1. Flow chart of ice cream production.



**Figura 2.**

**Representación esquemática del helado. Izquierda: modelo estructural involucrando burbujas de aire, cristales de hielo y glóbulos de grasa (fase dispersa) (adaptado de Trgo, 2003). Derecha: micrografía de contraste de fases de helado (50 x).**

Figure 2. Schematic representation of ice cream. Left: structural model involving air bubbles, ice crystals and fat globules (dispersed phase) (adapted from Trgo, 2003). Right: Contrast micrograph of ice cream phases (50 x).



de transcurrir el tiempo de maduración es oportuno hacer mediciones de viscosidad, cantidad de grasa, sólidos totales y análisis microbiológicos. En este punto pueden ser adicionados ingredientes que son sensibles al calor, como frutas, colores y sabores.

### 5. Batido

Después del proceso de maduración, la mezcla es aireada, batida y congelada. En este paso la cantidad de aire incorporado depende de la estabilidad e interacción de los componentes, así como de la cantidad y calidad de los mismos. Conforme la mezcla se bate, los glóbulos de grasa chocan y se fusionan ampliando aún más el contacto superficial. Las proteínas y los emulsificantes proporcionan estabilidad a las burbujas de aire contra la coalescencia. Después de la incorporación de aire, el helado adquiere una consistencia cremosa. La estabilidad de este sistema (aire-cristales de hielo-gotas de grasa-fase líquida) dependerá del grado de incorporación de aire que se introduzca al helado, del tamaño de la celdas de aire y, fundamentalmente, del espesor de la capa que rodea las células de aire. Esta capa está constituida por la grasa parcialmente desestabilizada, proteínas de la leche, estabilizantes y emulsificantes. Si las burbujas de aire se unen entre sí y se escapan de la matriz, el helado no podrá mantener su forma y colapsará. Los glóbulos sólidos de grasa contribuyen a la formación de la estructura y estabilidad, mientras que las proteínas estabilizan los glóbulos líquidos actuando como relleno inerte, produciendo un helado llamado de dos flujos (Méndez-Velasco y Goff, 2011).

### 6. Congelación

En este proceso se termina de congelar el agua que queda libre en la matriz del helado. La formación de grandes cristales de hielo es uno de los problemas que causan una textura indeseada. Por ello, después de que la base fue aireada y enfriada, se pasa a congeladores de  $-18$  a  $-30$  °C, con la finalidad de congelar la mezcla rápidamente, para evitar la formación de cristales grandes de hielo. En este punto del proceso, los hidrocoloides juegan el papel más importante de todos los compuestos por su habilidad para retener grandes cantidades de agua. Cuando la mezcla se congela lentamente se produce la nucleación, que es un fenómeno en el cual un cristal pequeño es rodeado por otras moléculas de agua hasta formar cristales de tamaño mayor y por lo tanto una textura defectuosa. Si existe una cantidad apropiada de sólidos totales, la cantidad de agua a congelar se reduce. El contenido de grasa reduce el tamaño de los cristales de hielo y produce un efecto lubricante, lo que provoca una sensación de suavidad en la boca (Goff, 2002).

Los cristales de hielo se forman cerca de la superficie del equipo de congelamiento que bate la base para helado, dispersándolos hacia el centro donde estos cristales de hielo crecen. La nucleación (principalmente secundaria) y el comportamiento de crecimiento de los cristales resulta en la formación de pequeños cristales en el equipo (Hartel, 1996). La remoción de agua líquida como hielo del sistema, concentra la fase continua o suero e incrementa la depresión del punto de congelación de la mezcla. Solamente del 30 al 70 % del agua es congelada en este paso del proceso. Durante el congelamiento el agua continúa congelándose y

el crecimiento de los cristales de hielo predomina sobre la nucleación (Muhr y col., 1986; Flores y Goff, 1999). Actualmente, el estándar de la industria es conservar el helado a  $-28$  °C, pero al disminuir a  $-26$  o incluso  $-23$  °C las fluctuaciones de temperatura en este rango afectarán en menor medida la calidad del helado que por encima de  $-28$  °C (Buyck y col., 2011).

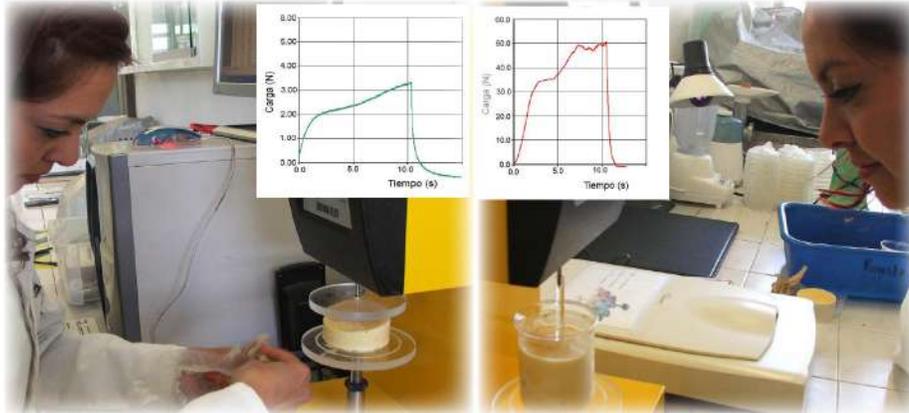
La Figura 2 es la representación esquemática de la estructura del helado. En general, los helados son suaves debido a la cremosidad que imparten los componentes de la fase dispersa, es decir, cristales pequeños de agua, glóbulos de grasa y las burbujas de aire. Esta compleja composición determinará la textura del helado.

### Textura de los helados

Instrumentalmente, la textura del helado es determinada por pruebas de compresión o penetración, utilizando un equipo analizador de textura. En las pruebas de compresión el vástago y la base del equipo analizador de textura deben ser mayores al de la muestra para una compresión real, ya que de otro modo sería una prueba de punción o penetración (Bourne, 2002). Las pruebas de compresión para determinar la textura del helado utilizan muestras cilíndricas, con una altura inicial y un área transversal que depende del diámetro de la muestra (menor al del vástago con que se comprime, obviamente). A una velocidad constante (1.00 mm/s) se obtienen deformaciones similares a las que ocurren en la boca cuando se come el helado (es decir, la compresión del helado entre la lengua y el paladar). El área seccional de la muestra se incrementa durante la compresión, pero el volumen se mantiene constante en una forma aproximadamente cilíndrica (Clarke, 2012). En las pruebas de pene-

**Figura 3.**

**Determinación de la textura en helados por prueba de compresión (izquierda) y prueba de penetración (derecha).**  
 Figure 3. Ice cream texture determination by compression test (left) and penetration test (right).



tracción se determina la dureza del helado (fuerza máxima durante la penetración). El vástago utilizado es obviamente de un diámetro pequeño (8-10 mm), a fin de registrar la fuerza en función de la profundidad de penetración (usualmente 10 mm) (Clarke, 2012; Soukoulis y col. 2008). Es necesario considerar que el diámetro de la muestra debe ser al menos tres veces el diámetro del vástago para mantener una relación de geometrías semi-infinita (Bourne, 2002).

Durante la prueba de compresión de muestras de helado, al comprimir 25 % de la altura original a la muestra, la pendiente inicial indica la deformación resultante por la fuerza aplicada, para posteriormente alcanzar una meseta (compactación de las burbujas de aire) antes de registrar la fuerza máxima. Ya que en las pruebas de compresión, el área de la muestra es menor al área del vástago, las fuerzas registradas son relativamente pequeñas (Figura 3 izquierda). Se reporta generalmente, la fuerza máxima de compresión, así como el trabajo de compresión (integral de la curva). En las pruebas de penetración para determinar la textura del helado, al penetrar 10 mm la superficie del helado, la figura obtenida es claramente diferente a la de las pruebas de compresión, básicamente por qué la perforación de la muestra resulta en la ruptura de la estructura de cristales de hielo y burbujas de aire del helado. La

presencia de un primer pico significativo representa la fracturabilidad de la muestra, y a medida que el vástago avanza, las diferentes estructuras creadas por la formulación y durante el proceso, resultan en diferentes picos de fuerza, hasta llegar a la fuerza máxima detectada durante la penetración. Claramente al ser de menor diámetro el vástago utilizado, las fuerzas de penetración necesarias son hasta 10 veces mayores a las de la prueba de compresión (Figura 3 derecha).

La suavidad y calidad percibida de un helado depende en gran parte del tamaño pequeño de los cristales de hielo del producto (Cook y Hartel, 2010; Soukoulis y col., 2010; BahramParvar y col., 2010). La disponibilidad del agua libre influencia la formación de los cristales de hielo durante la manufactura del helado, y la dureza está determinada por el número y tamaño de los cristales de hielo durante la congelación y almacenamiento (Goff, 1997). En helados, la dureza está inversamente relacionada con el contenido de sólidos y grasa, afectando el rendimiento (Guinard y col., 1997; Goff, 1997; Roland y col., 1999; El-Nagar y col., 2002; Muse y Hartel, 2004; Sofjan y Hartel, 2004). La composición de los helados influye en sus propiedades, por ejemplo, una gran cantidad de sólidos dispersos produce una mayor resistencia al aplicar una fuerza, ya que a mayores cantidades de

sólidos dispersos en el helado, se produce una menor profundidad de penetración y, por lo tanto, se obtienen helados más duros (Muse y Hartel, 2004). Hidrocoloides como la goma de algarrobo tienen un efecto crioprotector, evitando la recrystalización del agua libre, provocada por la nucleación de los cristales de hielo, debido a las temperaturas de fluctuación durante la manufactura y almacenamiento del helado (Flores y Goff, 1999). Las interacciones entre hidrocoloides disminuyen la cantidad de agua libre, decreciendo el tamaño de los cristales de hielo y por lo tanto la dureza, actuando además como estabilizador durante el proceso de congelación-descongelación (Camacho y col., 2001). Por otro lado, la incorporación de aire durante el batido y congelación afecta la textura de los helados, donde el volumen de una fase dispersa comprimible permite una menor resistencia al aplicar una fuerza (Flores y Goff, 1999; Muse y Hartel, 2004; Sofjan y Hartel, 2004).

**CONCLUSIONES**

La textura del helado es inherente a la formulación y a los ingredientes utilizados en su manufactura. Las propiedades funcionales de estos ingredientes definen a su vez las características fisicoquímicas y sensoriales del producto. Este alimento es ampliamente consumido por la frescura y su textura característica, que a su vez depende de la estructura tridimensional formada por las burbujas de aire, los glóbulos de grasa y los cristales de hielo, que macroscópicamente dan esa sensación cremosa al helado. Cambios en la formulación o incorporación de otros ingredientes modificarán la textura del helado. ||

## REFERENCIAS

- Akesowan, A. (2008). Effect of combined stabilizers containing konjac flour and k-carrageenan on ice cream. *Assumption University Journal Technology*. 12: 81-85.
- Álvarez, B., Wolters, C., Vodovotz, Y., and Ji, T. (2005). Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. *Journal of Dairy Science*. 88: 862-871.
- Aykan, V., Sezgin, E., and Guzel-Seydim, Z. B. (2008). Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 110: 516-520.
- BahramParvar, M., Razavi, S. M., and Khodaparast, M. H. (2010). Rheological characterization and sensory evaluation of a typical soft ice cream made with selected food hydrocolloids. *Food Science and Technology International*. 16: 79-88.
- Bolliger, S., Goff, D., and Tharp, W. (2000). Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. *International Dairy Journal*. 10: 303-309.
- Bourne, M. C. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement* (2<sup>da</sup> Edición). Academic Press: San Diego.
- Buyck, J. R., Baer, R. J., and Choi, J. (2011). Effect of storage temperature on quality of light and full-fat ice cream. *Journal of Dairy Science*. 94: 2213-2219.
- Camacho, M., Mavarrete, M., and Chiralt, A. (2001). Stability of whipped dairy creams containing locust bean gum/l-carrageenan mixtures during freezing-thawing processes. *Food Research International*. 34: 887-894.
- Chung, S., Heymann, H., and Grun, I. (2003). Temporal release of flavor compounds from low-fat and high-fat ice cream during eating. *Journal of Food Science*. 68: 2150-2156.
- Clarke, C. (2004). *The science of ice cream*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Clarke, C. (2012). *The science of ice cream*. (2<sup>nd</sup> edition). Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Cook, K. L. K. and Hartel, R. W. (2010). Mechanisms of ice crystallization in ice cream production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 9: 213-222.
- El-Nagar, G., Clowes, G., Tudorică, C. M., Kuri, V., and Brennan, C. S. (2002). Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *International Journal of Dairy Technology*. 55: 89-93.
- Flores, A. and Goff, D. (1999). Ice crystal size distributions in dynamically frozen model solutions and ice cream as affected by stabilizers. *Journal of Dairy Science*. 82: 1399-1407.
- Goff, D. (1997). Colloidal aspects of ice cream. *International Dairy Journal*. 7: 363-373.
- Goff, D. (2002). Formation and stabilization of structure in ice cream and related products. *Current Opinion in Colloids and Interface Science*. 7: 432-437.
- Goff, D. and Hartel, W. (2004). *Ice cream and frozen desserts*. (Ed) en: Handbook of Frozen Foods. Hui, Y. H., Cornillon, P., Guerrero Legarreta, I., Lim, M. H., Murrell, K. D., and Nip, W. -K. New York: Marcel Dekker.
- Granger, C., Leger, A., Barey, P., Langendorff, V., and Cansell, M. (2005). Influence of formulation on the structural networks in ice cream. *International Dairy Journal*. 15: 255-262.
- Guinard, X., Zoumas-Morse, C., Mori, L., Uatoni, B., Panyam, D., and Kilara, A. (1997). Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream. *Journal of Food Science*. 62: 1087-1094.
- Hagiwara, T. and Hartel, R. W. (1996). Effect of sweeteners stabilizer and storage temperature on ice recrystallization in ice cream. *Journal of Dairy Science*. 79: 735-744.
- Hartel, R. W. (1996). Ice crystallization during the manufacture of ice cream. *Trends in Food Science and Technology*. 7: 315-321.
- Hernández, M., Dolz, M., Dolz, D., and Pellicer, J. (2011). Viscous synergism in carrageenans (k and l) and locust bean gum mixtures: Influence of adding sodium carboxymethylcellulose. *Food Science and Technology International*. 7: 383-391.
- Marshall, T., Goff, D., and Hartel, W. (2003). *Ice Cream*. Gaithersburgh: Aspen Publishers.
- Méndez-Velasco, C. and Goff, H. D. (2011). Enhancement of fat colloidal interactions for the preparation of ice cream high in unsaturated fat. *International Dairy Journal*. 21: 540-547.
- Méndez-Velasco, C. and Goff, H. D. (2012a). Fat structures as affected by unsaturated or saturated monoglyceride and their effect on ice cream structure, texture and stability. *International Dairy Journal*. 24: 33-39
- Méndez-Velasco, C. and Goff, H. D. (2012b). Fat structure in ice cream: A study on the types of fat interactions. *Food Hydrocolloids*. 29: 152-159.
- Muhr, A. H., Blanshard, J. M. V., and Sheard, S.J. (1986). Effect of polysaccharide stabilizers on the nucleation of ice. *International Journal of Food Science and Technology*. 21: 587-603.
- Muse, R. and Hartel, W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal Dairy Science*. 87: 1-10.
- Philip, R. and Laaman, T. R. (2011). *Hydrocolloids in frozen desserts*. (Ed) Hydrocolloids in Food Processing. Laaman, T. R. (Editor). New York: Wiley-Blackwell.
- Pintor, A. and Totosaus, A. (2012). Ice cream properties affected by lambda-carrageenan or iota-carrageenan interactions with locust bean gum/carboxymethylcellulose mixture. *International Food Research Journal*. 19: 1409-1414.
- Roland, A., Phillips, G., and Boor, J. (1999). Effects of Fat replacers on the sensory properties, color, melting and hardness of ice cream. *Journal of Dairy Science*. 82: 2094-2100.
- Secretaría de Economía (2012). Análisis del sector lácteo en México. Dirección General de Industrias Básicas. [En línea]. Disponible en: [http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/analisis\\_sector\\_lacteo.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf). Fecha de consulta: 28 de abril de 2013.
- Schmidt, K. A. and Smith, D. E. (1992). Milk reactivity of gum and milk protein solutions. *Journal of Dairy Science*. 75: 3290-3295.
- Sofjan, P. and Hartel, W. (2004). Effects of overrun on structural and physical characteristics. *International Dairy Journal*. 14: 255-262.
- Soukoulis, C., Chandrinos, I., and Tzia, C. (2008). Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with κ-carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. *LWT-Food Science and Technology*. 41: 1816-1837.
- Soukoulis, C., Lyroni, E., and Tzia, C. (2010). Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yogurt and milk fat content. *LWT-Food Science and Technology*. 43: 1351-1358.
- Trgo, C. (2003). *Factors affecting texture of ice cream*. (Ed). Texture in Food, Volume 1: Semi-solid foods. McKenna, B.M. (Editor). Boca Raton: CRC Press.