

## Reducción de bacterias de origen fecal presentes en zanahoria, espinaca, cilantro y lechuga escarola, cultivadas en la zona de chinampas de Xochimilco

Marybell Vega González, Rosa Salgado Brito y Gabriel Pineda Flores  
Universidad Simón Bolívar

### Resumen

*El objetivo principal del trabajo fue reducir el número de coliformes fecales aplicando desinfectantes económicos de cuatro hortalizas cultivadas en Xochimilco. Cada una se sumergió 15 minutos en soluciones con yodo, plata coloidal, cloro, detergente para trastes y para ropa. Las bacterias coliformes fecales fueron determinadas por cuenta viable en agar EMB. El desinfectante que redujo el número de estos microorganismos, en dos de las cuatro hortalizas, por debajo del valor permitido fue el detergente para ropa y al aumentar su concentración de 0.1 a 0.5 g/l produce la reducción de los coliformes fecales en las cuatro hortalizas a un nivel no detectable.*

**Palabras clave:** hortalizas, desinfectantes, coliformes fecales.

### Abstract

*The main aim of this work was to reduce fecal coliforms on four vegetables cultivated in Xochimilco, by applying economic disinfectants. Vegetables were submerged 15 minutes in iodine, colloidal silver, chlorine, frets detergent and clothes detergent solutions. Fecal coliforms were determined by viable count on EMB agar. Clothes detergent was the disinfectant that reduced the fecal coliforms below the allowed value, in two of four vegetables. Increase in concentration of the clothes detergent from 0.1 to 0.5 g/l reduces the fecal coliforms in the analyzed vegetables to a non detectable level.*

**Keywords:** vegetables, disinfectants, fecal coliforms.

### Introducción

El deterioro de la salud de los habitantes del Distrito Federal por consumir alimentos de baja calidad sanitaria, es un tema conocido y muy documentado (Rosas, Báez y Coutiño, 1984, Cifuentes, Suárez, Solano y Santos, 2002). Una de las principales causas de este problema es el consumo de alimentos preparados con hortalizas crudas contaminadas con materia fecal (Murthy et al. 1989; Acevedo, Mendoza y Oyon, 2001). El consumo de este tipo de alimentos puede ocasionar enfermedades como cólera, fiebre tifoidea, shigelosis, amibiasis, hepatitis, giardiasis y criptosporidiasis, entre otras (Caccio, De Giacomo, Alucinio y Pozio, 2003; Vega, Jiménez, Salgado y Pineda, 2005). También se ha demostrado la presencia combinada de *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* y *Listeria monocytogenes* en vegetales crudos (Venkitanarayanan, Ezeike, Hung y Doyle, 1999).

La zona de chinampas del lago de Xochimilco es una fuente importante de hortalizas del Distrito Federal, ya que se cultiva una variedad considerable y son comercializadas en la explanada de la delegación, así como en la central de abastos de la Ciudad de México. Las hortalizas producidas en Xochimilco tienen gran aceptación entre los consumidores por su buen aspecto y bajo costo. Sin embargo, se ha demostrado que estas hortalizas presentan un número muy elevado de bacterias de origen fecal ya que son regadas con agua de los canales que también posee una gran cantidad de estos microorganismos (Pineda-Flores, Hernández, Cruz y Gutiérrez-Castrejón, 1999; Vega et al. 2005).

Desafortunadamente, el consumo de hortalizas contaminadas no es la única fuente de enfermedades diarreicas, ya que se ha demostrado que el consumo de productos de carne, contacto persona a persona, el consumo de sidra de manzana y la

leche sin pasteurizar son otras fuentes de contagio que también pueden estar relacionadas con el contacto con agua contaminada con materia fecal (Lisle, Broadaway, Prescott, Pyle, Frincker y McFeters, 1998).

El método más utilizado para eliminar la presencia de microorganismos patógenos de las hortalizas, es la aplicación de sustancias químicas desinfectantes sobre su superficie. De los diferentes compuestos que existen, el cloro en forma de hipoclorito de sodio es la sustancia que más se utiliza en la actualidad para este fin (Zhuang, Beuchat y Angulo, 1995; Miché y Balandreau, 2001).

A pesar del uso tan difundido del cloro como agente desinfectante y del conocimiento de otras sustancias con la misma actividad, como el yodo y el nitrato de plata, estos compuestos no son ampliamente conocidos por las personas que preparan alimentos en instalaciones semifijas o ambulantes con hortalizas crudas que provienen de Xochimilco, por lo que no son empleados en su actividad diaria.

La sustancia con efecto desinfectante más conocida por este sector de la población es el detergente. Sin embargo, se desconoce la capacidad de este producto para eliminar a las bacterias de origen fecal presentes en las hortalizas cultivadas en Xochimilco.

Si el detergente cumple con la acción desinfectante deseada, similar a la obtenida con el hipoclorito de sodio, nitrato de plata o yodo, la aplicación de este producto para desinfectar las hortalizas cultivadas en Xochimilco sería una actividad que de manera efectiva eliminaría a las bacterias de origen fecal y evitaría la propagación de enfermedades diarreicas. Por otro lado, sería más accesible implementar la desinfección con detergentes, ya que estos productos son económicos y de uso cotidiano para las personas que preparan alimentos en establecimientos semifijos y ambulantes en el Distrito Federal.

## Objetivo

Determinar el efecto desinfectante de cinco productos químicos para reducir la cantidad de bacterias de origen fecal, presentes en hortalizas que se consumen crudas y que son regadas con agua de los canales de Xochimilco.

## Método

### a) Selección de las hortalizas

Se escogieron las hortalizas zanahoria, espinaca, cilantro y lechuga escarola debido a que son consumidas crudas en diferentes alimentos de los habitantes del D.F., además de que fueron cultivadas con agua de los canales de Xochimilco y se demostró que todas ellas presentaban una cantidad de bacterias coliformes fecales superior a los 100 NMP/100 ml (Vega et al., 2005).

Las hortalizas fueron adquiridas en la delegación Xochimilco, de manera aleatoria y transportándolas de acuerdo a la NOM-109-SSA1-1994 (SE 2006b).

### b) Determinación del efecto desinfectante de diferentes productos químicos

En condiciones asépticas y utilizando material estéril, se obtuvieron trozos pequeños irregulares de cada hortaliza por analizar hasta completar cinco muestras de 10g cada una. Posteriormente se sumergieron en cinco recipientes individuales que contenían 100 ml cada uno de la solución desinfectante por probar. Éstas fueron hipoclorito de sodio (0.1 ml/l), yodo (0.05 ml/l), plata coloidal (0.4 ml/l), detergente para trastes (0.1 g/l) y detergente para ropa (0.1 g/l). Se seleccionó la concentración de los desinfectantes de acuerdo a la recomendada como efectiva para desinfectar hortalizas, la cual estaba indicada en la etiqueta de cada producto.

Cada muestra de 10 g se sumergió durante 15 minutos en la solución desinfectante. Posteriormente se eliminó la solución y la hortaliza fue colocada en un vaso de licuadora que contenía 90 ml de agua peptonada estéril. Se licuó el contenido durante un minuto y se tomó una alícuota de 1 ml para realizar diluciones decimales hasta  $10^{-3}$  en tubos de ensaye de 16x 150 mm con tapón de rosca que contenían 9 ml de agua peptonada estéril. De cada dilución se tomó una alícuota de 0.1 ml y se sembró en cajas de Petri con agar Eosina Azul de Metileno por dispersión con varilla de vidrio estéril. Cada dilución se sembró por duplicado.

Las cajas se incubaron a 37 °C durante 48 horas, posteriormente se contó el número de colonias pertenecientes al grupo de coliformes fecales y se comparó con el reportado en la norma NOM-093-SSA1-1994 (SE, 2006a).

Cada hortaliza fue tratada por separado de la manera antes descrita.

## Resultados

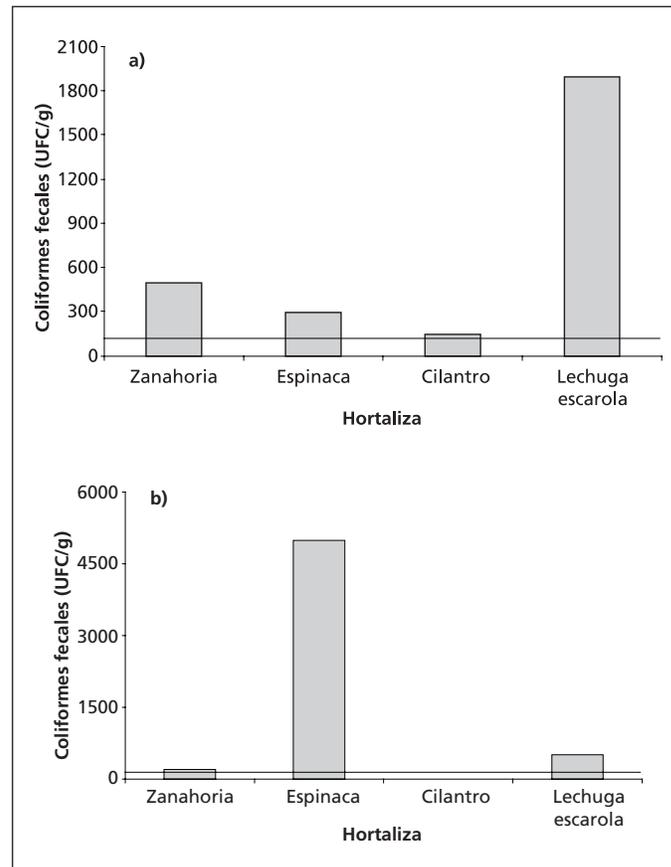
Al observar las figuras 1 a 3 se percibe que el yodo, la plata coloidal y el detergente para trastes sólo fueron capaces de reducir el número de coliformes fecales presentes en el cilantro, por debajo del valor permitido.

El hipoclorito de sodio (figura 1) no fue capaz de reducir la cantidad de bacterias de origen fecal por debajo del valor permitido, en ninguna de las hortalizas del estudio.

El efecto desinfectante del detergente para ropa (figura 3) fue el mejor de los compuestos evaluados, ya que al aplicarlo disminuyó el número de coliformes fecales por debajo del valor permitido, en zanahoria y cilantro. Este efecto sólo fue observado al utilizar este compuesto. El resto, con excepción del hipoclorito de sodio, sólo disminuyó el contenido de bacterias de origen fecal en una hortaliza.

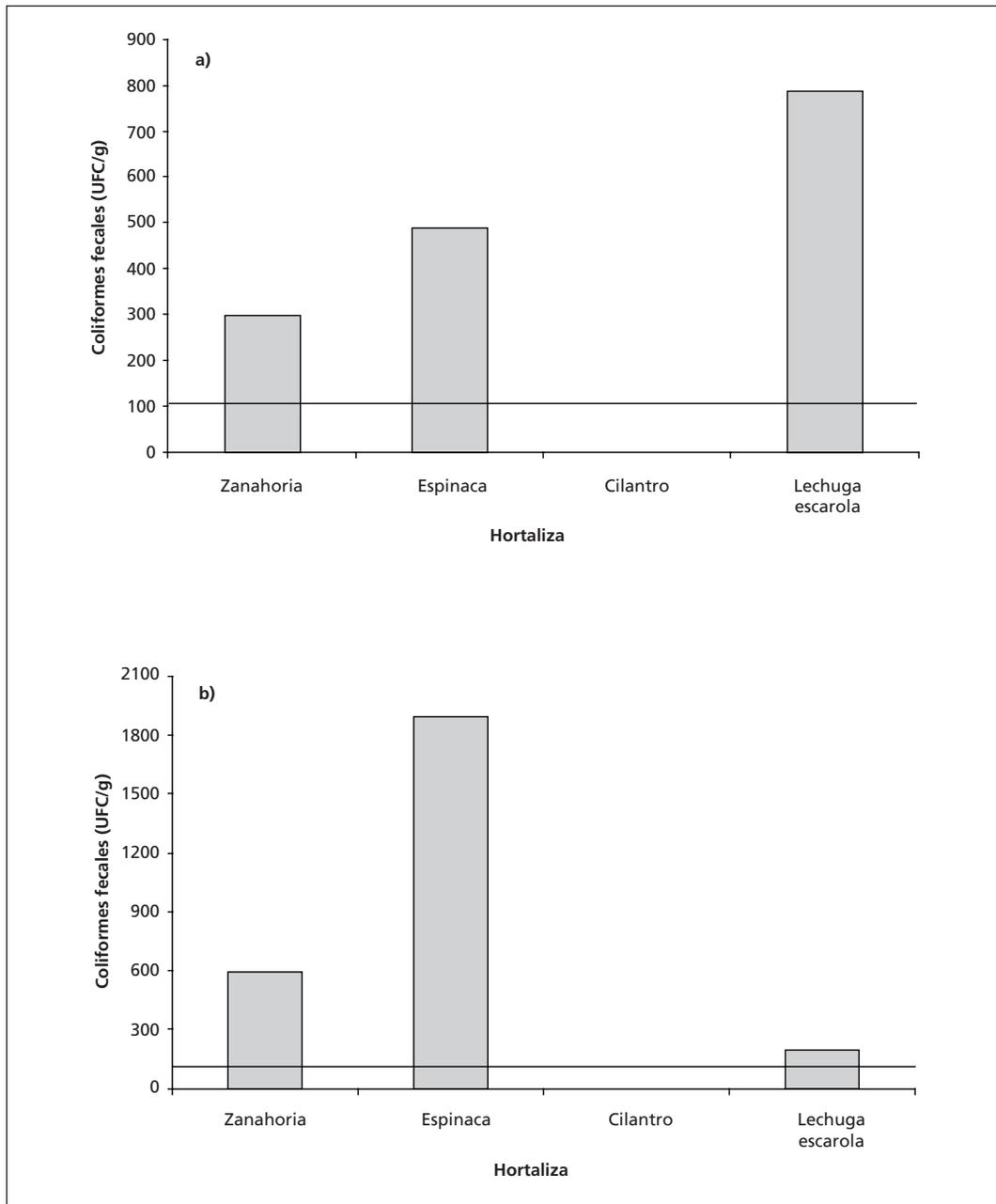
De acuerdo a la cantidad de coliformes fecales, después de los tratamientos con los desinfectantes, la hortaliza que presentó la menor reducción en la cantidad de estas bacterias fue la espinaca. En orden descendente le siguen la lechuga escarola, la zanahoria y por último el cilantro (figura 2).

Figura 1. Comportamiento del hipoclorito de sodio (a) y del yodo (b) en las hortalizas del estudio



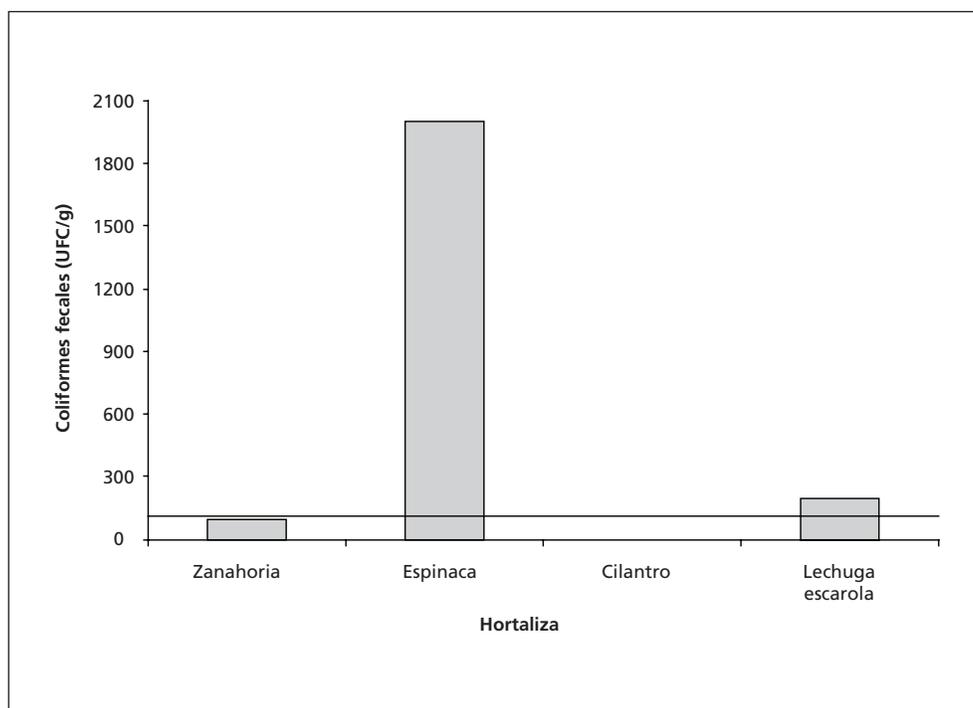
Bacterias coliformes fecales presentes en las hortalizas evaluadas después del tratamiento a) 0.1 ml/l de hipoclorito de sodio y b) 0.05 ml/l de yodo. La línea representa la cantidad máxima permitida de coliformes fecales en alimentos preparados con vegetales que se consumen crudos (NOM-093-SSA1-1994).

**Figura 2** Reducción de bacterias por tratamiento con desinfectante plata coloidal (a) y detergente para trastes (b) en las hortalizas del estudio



Bacterias coliformes fecales presentes en las hortalizas evaluadas después del tratamiento a) 0.4 ml/l de plata coloidal y b) 0.1 g/l de detergente para trastes. La línea representa la cantidad máxima permitida de coliformes fecales en alimentos preparados con vegetales que se consumen crudos (NOM-093-SSA1-1994).

Figura 3. Comportamiento del detergente para ropa en la desinfección de las hortalizas del estudio



Bacterias coliformes fecales presentes en las hortalizas evaluadas después del tratamiento con 0.1 g/l de detergente para ropa. La línea representa la cantidad máxima permitida de coliformes fecales en alimentos preparados con vegetales que se consumen crudos (NOM-093-SSA1-1994).

Debido a la acción desinfectante producida por el detergente para ropa, se evaluó el efecto de 0.1, 0.5 y 1.0 g/l de este producto sobre las cuatro hortalizas estudiadas. En la tabla 1 se muestran estos resultados, y se observa que a partir de la concentración de 0.5 g/l del detergente para ropa, la cantidad de coliformes fecales se redujo drásticamente.

Tabla 1. Resultados de la acción desinfectante en las hortalizas estudiadas

Detergente para ropa (g/l)	Coliformes fecales por hortaliza (UFC/g)			
	Zanahoria	Espinaca	Cilantro	Lechuga escarola
0.1	100	1900	0.0	250
0.5	0.0	0.0	ND <sup>1</sup>	0.0
1.0	0.0	0.0	ND	0.0

Efecto de diferentes concentraciones de detergente para ropa sobre la cantidad de bacterias coliformes presentes en las hortalizas estudiadas

1: No se determinó

## Discusión

Se determinó que las hortalizas que presentaron el mayor número de coliformes fecales, aun después del tratamiento con los desinfectantes, fueron la lechuga escarola y la espinaca. Este resultado es el mismo que el encontrado por Rosas, Báez y Coutiño (1984) hace más de 20 años. Esto significa que las condiciones del agua con la que son regadas las hortalizas cultivadas en Xochimilco no han cambiado de manera significativa con el paso del tiempo.

Las concentraciones de los desinfectantes evaluados para disminuir el número de coliformes fecales presentes en las hortalizas, fueron las señaladas en los productos comerciales para aplicarse con ese propósito. Es claro que ninguno de ellos fue capaz de reducir el número de estos microorganismos por debajo del valor permitido en las cuatro hortalizas analizadas (figuras 1 a la 3). Una razón de esto es la elevada cantidad de coliformes presentes en el agua de riego, la cual puede superar los 2400 NMP/100 ml (Pineda-Flores et al., 1999), lo que representa una concentración muy elevada de estos microorganismos en el agua. Las cantidades determinadas de coliformes fecales en lechuga escarola y espinaca después de la acción del hipoclorito de sodio y yodo respectivamente (figura 1), son casi diez veces superiores a la reportada como una concentración improbable que se presente en productos de venta al público (339 UFC/g de bacterias de origen fecal) (Jaquette, Beucaht y Mahon, 1996).

Otros factores que pueden provocar la ineficacia de los desinfectantes utilizados están relacionados con el tipo de crecimiento en el cultivo y las propiedades de las hortalizas. En el primer caso, la zanahoria crece dentro del suelo y la lechuga escarola, cilantro y espinaca presentan un crecimiento de tipo rastro. Esto se relaciona con un mayor contacto con el agua contaminada y las hortalizas, lo que produce que éstas posean una gran cantidad de coliformes fecales.

En relación con las propiedades de las hortalizas, se ha determinado que se establece una interacción planta-bacteria patógena que le permite sobrevivir al coniforme fecal hasta 15 días sin

reducir su tamaño poblacional (Cooley, William y Manderll, 2003). La presencia de estructuras naturales como los estomas de las hojas de la espinaca, cilantro y lechuga escarola, pueden servir como sitios para que las enterobacterias se protejan del contacto directo con las soluciones de los desinfectantes (Guo, Chen, Brackett y Beuchat, 2001). En comparación, la zanahoria presentó números más bajos de coliformes fecales que las hortalizas antes mencionadas, debido posiblemente a que ésta presenta una estructura dura que carece de estomas y no permite el paso ni adhesión de estos microorganismos (Rosas et al., 1984), además de crecer dentro del suelo.

El tiempo entre la cosecha y la venta de las hortalizas favorece la supervivencia de los coliformes fecales presentes, ya que al cultivarse y venderse en sitios muy próximos, no se favorece la muerte de estas bacterias por la desecación y baja temperatura particulares de las condiciones de almacenamiento (Jaquette et al., 1996).

Por otra parte, es notable la falta de efectividad desinfectante del cloro en la concentración aplicada (figura 1). Estos resultados son similares a los encontrados por otros autores, en donde demuestran que con altas concentraciones de cloro (320 y 2040 mg/l respectivamente), no es posible eliminar totalmente a *Salmonella montevideo* y *Salmonella stanley* de jitomate y alfalfa respectivamente (Zhuang et al., 1995; Jaquette et al., 1996).

Es posible que el ambiente en el cual se aplicó este desinfectante haya contribuido a la falta de eliminación de las bacterias de origen fecal. Se ha demostrado que la materia orgánica presente puede inhibir la acción desinfectante de una alta concentración de cloro (Jonson, Rice y Reasoner, 1997; Lisle et al., 1998, Virto, Mañas, Álvarez, Condon y Raso, 2005). La capacidad del cloro para oxidar a los componentes de los coliformes fecales se inhibe al existir sustancias que compiten con él para ser oxidados. En el caso de estos resultados, la presencia de materia orgánica propia de los exudados de las hortalizas y el uso del agua peptonada para hacer las diluciones, pueden reducir el cloro libre para eliminar a las bacterias de origen fecal presentes. También se ha demostrado que la materia orgánica puede estabilizar

la membrana externa de estos microorganismos, favoreciendo su efecto protector sobre la acción del cloro (Virto et al., 2005).

Por otra parte, es importante señalar que el detergente para ropa disminuyó la cantidad de coliformes fecales en dos hortalizas y este efecto no se observó al aplicar los cuatro desinfectantes restantes. Por tal motivo se evaluó el efecto de concentraciones más altas de detergente para ropa para eliminar a los coliformes fecales de las cuatro hortalizas. A partir de 0.5 g/l se eliminan estos microorganismos a un nivel no detectable (tabla 1). La presencia combinada de un blanqueador y del tensoactivo del producto pueden ser las causas que permitan una eliminación tan completa de estas bacterias.

## Conclusión

La elevada cantidad de coliformes fecales sobre las hortalizas cultivadas en Xochimilco provoca que los desinfectantes comunes no sean capaces de eliminarlos. Sin embargo, es muy importante resaltar que el detergente para ropa redujo el número de estos microorganismos por debajo del valor permitido y que al aumentar su concentración, los reduce a niveles no detectables. Este producto puede ser una alternativa para desinfectar hortalizas en lugares semifijos y ambulantes, donde se vendan alimentos preparados con hortalizas crudas, ya que es económico y muy efectivo contra las bacterias de origen fecal. Sin embargo es necesario determinar si la hortaliza conserva su buen sabor, aspecto y si es inofensiva para el consumidor, para evitar que el alimento preparado con ella no sea rechazado. 

## Referencias

- Acevedo L., Mendoza C. y Oyon R. (2001). Total and fecal coliforms, some enterobacteria *Staphylococcus sp.* and moulds in salads for hot dogs sold in Maracay, Venezuela. *Arch Latinoam Nutr.*, 51 (4), 366-370.
- Caccio M. S., De Giacomo M., Alucinio F. A. y Pozio E. (2003). *Giardia* cysts in wastewater treatment plants in Italy. *Appl. Environ. Microbiol.*, 69 (6), 3393-3398.
- Cifuentes E., Suárez L., Solano M. y Santos R. (2002). Diarrheal diseases in children from a water reclamation site in Mexico city. *Environ Health Perspect.*, 110 (10), A619-A-624.
- Cooley B.M., Millar G.W. y Mandrell E.R. (2003). Colonization of *Arabidopsis thaliana* with *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* O157:H7 and competition by *Enterobacter asburiae*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 8 (69), 4915-4926.
- Guo X., Chen J., Brackett E.R. y Beuchat R.L. (2001). Survival of salmonellae on and in tomato plants from the time of inoculation at flowering and early stages of fruit development through fruit ripening. *Appl. Environ. Microbiol.*, 10 (67), 4760-4764.
- Jaquette B.C. Beuchat R. L. y Mahon E.B. (1996). Efficacy of chlorine and heat treatment in killing *Salmonella Stanley* inoculated onto alfalfa seeds and growth and survival of the pathogen during sprouting storage. *Appl. Environ. Microbiol.*, 6 (62), 2212-2215.
- Jonson C.H., Rice E.W. y Reasoner D.J. (1997). Inactivation of *Helicobacter pylori* by chlorination. *Appl. Environ. Microbiol.*, 12 (63), 4969-4970.
- Lisle J.T., Broadaway S.C., Prescott A.M., Pyle B.H., Frincker C. y McFeters G.A. (1998). Effects of starvation on physiological activity and chlorine disinfection resistance in *Escherichia coli* O157:H7. *Appl. Environ. Microbiol.*, 64 (12), 4658-4662.
- Miché L. y Balandreau J. (2001). Effects of rice surface sterilization with hypochlorine on inoculated *Burkholderia vietnamiensis*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 7 (67), 3046-3052.
- Murthy K.S., Baltch A.L., Smith R.P., Desjardin E.K., Hammer M.C., Conroy J. V. y Michelsen P.B. (1989). Oropharyngeal and fecal carriage of *Pseudomonas aeruginosa* in hospital patients. *Journal of Clinical Microbiology*, 1(27), 35-40.
- Pineda-Flores G., Hernández T., Cruz M.C. y Gutiérrez-Castrejón T. (1999). Aplicación de dos microbioensayos para evaluar la contaminación presente en las cuencas Xochimilco y Lerma-Santiago. *Rev. Lat.-Amer. Microbiol.*, (41), 251-258.
- Rosas I., A. Báez y Coutiño M. (1984). Bacteriological quality of crops irrigated with wastewater in the Xochimilco plots, Mexico City, Mexico. *Appl. Environ. Microbiol.*, 5 (47), 1074-1079.

- SE (2006a). Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994, *Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos*, recuperado el 30 de mayo de 2006 de <http://www.economia-noms.gob.mx>
- SE (2006b). Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994, *Procedimiento para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico*, recuperado el 30 de mayo de 2006 de <http://www.economia-noms.gob.mx>
- Virto R., Mañas P., Álvarez I., Condon S. y Raso J. (2005). Membrane damage and microbial inactivation by chlorine in the absence and presence of a chlorine-demanding substrate. *Appl. Environ. Microbiol.*, 9 (71), 5022-5028.
- Vega M., Jiménez M., Salgado R. y Pineda G. (2005). Determinación de bacterias de origen fecal en hortalizas cultivadas en Xochimilco de octubre de 2003 a marzo de 2004. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria*, 4, 21-25.
- Venkitanarayanan S.K., Ezeike O.G. Hung Y. y Doyle P.M. (1999). Efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocitogenes*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 9 (65), 4276-4279.
- Zhuang R.Y., Beuchat L.R. y Angulo F.J. (1995). Fate of *Salmonella montevideo* on and in raw tomatoes as affected by temperature and treatment with chlorine. *Appl. Environ. Microbiol.*, 6 (66), 2127-2131.