

Artículo de Investigación Original / Original Research Article

Presencia de *Salmonella* spp. y *Escherichia coli* en frutilla y lechuga en mercados de Jipijapa y Guayaquil

Presence of Salmonella spp. and Escherichia coli in strawberry and lettuce in markets of Jipijapa and Guayaquil

Alexandra A. Bustamante¹

¹Instituto de Posgrado, Universidad del Sur de Manabí, Programa en Gestión Ambiental

Recibido: 09 diciembre 2025

Aceptado: 20 enero 2026

Publicado: 30 enero 2026

Correspondencia:

Alexandra A. Bustamante

alexandrabustamante@hotmail.com

Citación sugerida:

Bustamante, Alexandra B. (2026). Presencia de *Salmonella* spp. y *Escherichia coli* en frutilla y lechuga en mercados de Jipijapa y Guayaquil. *Land, Crops & Environment*, 1(1), 16–31.

Derechos:

© 2026 bajo CC BY 4.0.

Resumen

Para el presente estudio, se destaca la falta de información de la presencia de microorganismos patógenos en frutas y vegetales en mercados de Jipijapa y Guayaquil. Y por el creciente número de casos de enfermedades gastrointestinales, la hipótesis de la presente investigación se centra en la presencia de microorganismos de origen fecal en alimentos expendidos en los dos mercados. El objetivo de la investigación es determinar la incidencia de *Salmonella* spp. y *Escherichia coli* en frutas y vegetales de dos mercados. Previo a esta determinación, se encuesta cuál es la preferencia de frutas y vegetales del consumidor para realizar un estudio más específico, por lo que se seleccionaron lechugas y frutillas. Los aportes científicos del presente trabajo se centran en (I) determinar la incidencia de *Salmonella* spp. y *Escherichia coli* en frutillas y lechugas expandidas en mercados de las dos ciudades, y (II) establecer diferencias entre los niveles de concentración bacteriana de los mercados seleccionados, en función de los niveles permisibles en las normas nacionales e internacionales. Para realizar el análisis se utilizó la técnica de Petrifilm *E. coli*/coliformes; y en la determinación de *Salmonella* spp. por la técnica de INEN 1529-15. Se encontró que no existía la presencia de *Salmonella* spp, en ninguno de los mercados investigados, pero sí de *E. coli* siendo mayor en el mercado de Guayaquil. Lo cual lleva a la conclusión que las muestras analizadas de frutillas y lechugas están contaminadas con *E. coli* por encima de los límites permisibles, pero no con *Salmonella* spp.

Keywords: *Salmonella* spp.; *Escherichia coli*; inocuidad alimentaria; contaminación microbiológica; productos frescos; mercados locales.

Abstract

For the present study, the lack of information on the presence of pathogenic microorganisms in fruits and vegetables in the markets of Jipijapa and Guayaquil stands out. And due to the increasing

number of cases of gastrointestinal diseases, the hypothesis of this research focuses on the presence of microorganisms of fecal origin in food sold in the two markets. The objective of the research is to determine the bacterial growth of *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* in fruits and vegetables from two markets. Prior to this determination, the consumer's preference for fruits and vegetables was surveyed to carry out a more specific study, so lettuce and strawberries were selected. The scientific contributions of the present work focus on; (I) determining the bacterial growth of *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* in strawberries and lettuces sold in markets of the two cities, and (II) establish differences between the levels of bacterial concentration of the selected markets, based on the permissible levels in national and international standards. To perform the analysis, the Petrifilm *E. coli* / coliforms technique was used; and in the determination of *Salmonella* spp. Using the INEN 1529-15 technique. It was found that there was no presence of *Salmonella* spp, in any of the investigated markets, but of *E. coli*, being greater in the Guayaquil market. This leads to the conclusion that the analyzed strawberry and lettuce samples are contaminated with *E. coli* above the permissible limits, but not with *Salmonella* spp.

Keywords: *Salmonella* spp.; *Escherichia coli*; food safety; microbiological contamination; fresh produce; local markets.

1 Introducción

Los alimentos frescos como frutas y verduras aportan nutrientes esenciales necesarios en la dieta humana, como vitaminas, minerales y fibras dietéticas (Astill et al., 2018; Chatziprodromidou et al., 2018). Sin embargo, estos productos también se identifican como el origen de brotes transmitidos por alimentos en diversas regiones del mundo (Lynch et al., 2009). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha clasificado a las verduras de hoja verde, entre ellas la lechuga, como un sector prioritario asociado a la seguridad de los productos frescos debido al incremento de brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos (Alegbeleye et al., 2018; Centers for Disease Control and Prevention, 2019).

Tres ejemplos de tales brotes se registraron entre 2018 y 2019. El primero correspondió a un brote por *Escherichia coli* O157:H7 relacionado con lechuga, que afectó a 36 estados de los Estados Unidos, con 210 casos, 96 hospitalizaciones y 5 muertes (Centers for Disease Control and Prevention, 2019). El segundo brote, ocurrido en diciembre de 2018, afectó a 15 estados con 59 casos y 23 hospitalizaciones (Centers for Disease Control and Prevention, 2019). En 2019, se detectó que la lechuga procedente del Valle de Salinas en California estaba contaminada con *E. coli*, provocando 167 casos y 85 hospitalizaciones (Food and Drug Administration, 2019). Todos estos brotes se asociaron a una posible contaminación del agua agrícola.

Se han reportado hasta 1,8 millones de muertes por enfermedades diarreicas asociadas a la ingesta de agua o alimentos contaminados (Newell et al., 2010; World Health Organization, 2021). Dada la actual tendencia hacia una nutrición saludable, el consumo de frutas y vegetales ha aumentado considerablemente en los últimos años; paralelamente, también se han incrementado los brotes de enfermedades asociadas a su consumo. La presencia de microorganismos de interés sanitario en productos agrícolas se relaciona con prácticas higiénicas inadecuadas, sistemas de cultivo y riego deficientes, procedimientos postcosecha inadecuados y puntos de venta o distribución sin controles sanitarios (García-Gómez et al., 2002; Rivera and Rodríguez,

2009).

Las frutas y hortalizas consumidas crudas presentan un mayor riesgo de transmisión de enteropatógenos, ya que no existe una etapa posterior de procesamiento que elimine las cargas microbianas iniciales (Sivapalasingam et al., 2004). Las fresas son otro producto que normalmente se consume crudo y se cultiva ampliamente en casi todos los países del mundo (Hancock, 1999). Se han documentado múltiples brotes transmitidos por alimentos asociados al consumo de fresas, incluyendo brotes en 2011 (Laidler et al., 2013) y 2016 (Centers for Disease Control and Prevention, 2021), con casos notificados de infecciones por *E. coli* O157:H7, hepatitis A, así como brotes relacionados con *Salmonella* y norovirus (Mäde et al., 2013; Wang et al., 2018).

Por tanto, resulta de alto interés para la salud pública determinar la presencia de microorganismos patógenos en frutas y verduras mediante controles de calidad microbiológica. Durante la manipulación postcosecha, los productos suelen lavarse por inmersión en tanques de agua recirculada, método común debido a su menor costo y disponibilidad de agua (Luo et al., 2018). Este proceso permite que productos contaminados introduzcan patógenos en el agua de lavado, incrementando el riesgo de contaminación cruzada. El lavado generalmente implica el uso de desinfectantes químicos como el cloro para minimizar dicho riesgo; sin embargo, estos no eliminan completamente la contaminación microbiana (Banach et al., 2017). Además, la materia orgánica y el suelo reducen la eficacia de los desinfectantes a base de cloro, por lo que se recomienda eliminar previamente estos residuos de los productos antes del lavado (Li et al., 2020).

El control del estado higiénico del agua y de los alimentos se realiza mediante la detección de organismos coliformes de origen fecal como *E. coli*, que habitan normalmente en el intestino humano o animal. Esta bacteria es un excelente indicador de la posible presencia de microorganismos entéricos patógenos responsables de enfermedades como cólera, fiebre tifoidea, shigelosis, amebiasis y hepatitis (Madigan et al., 2015). A nivel mundial, han aumentado las enfermedades gastrointestinales relacionadas con el consumo de frutas y hortalizas contaminadas (Besser et al., 1993; Millard et al., 1994). Algunos tipos de lechuga han sido objeto de brotes por *Escherichia coli* y *Shigella* spp. (Kapperud et al., 1995). Asimismo, varios casos de hepatitis A se han vinculado al consumo de tomates y fresas (De Roever, 1998).

La calidad del agua constituye un prerrequisito fundamental para la higiene de frutas y hortalizas. Un prerrequisito se define como un conjunto de planes destinados a controlar los peligros que pueden afectar la inocuidad de los alimentos y cuya correcta gestión permite minimizar los riesgos sanitarios del proceso (Moreno-Miranda et al., 2019). La vida útil postcosecha de la frutilla destinada al consumo fresco es corta debido al ablandamiento durante la maduración y a la elevada probabilidad de desarrollo de hongos durante el almacenamiento. Los daños físicos y las podredumbres se incrementan con temperaturas elevadas, por lo que es necesario mantener la cadena de frío durante el transporte y comercialización (Alcántara-González, 1995).

Los bioaerosoles son partículas biológicas suspendidas en el aire que pueden afectar la vida de los organismos debido a su infectividad, alergenicidad o toxicidad, y pueden contribuir a una mayor contaminación microbiana de los alimentos (Olaya and Morales, 2005). *E. coli* es uno de los patógenos causantes de diarrea, a veces con presencia de sangre y dolor abdominal, adquirida por el consumo de agua y alimentos contaminados (Kaper et al., 2004). Del género *Salmonella*, la especie entérica presenta la mayor patogenicidad debido a su capacidad de invasión celular y supervivencia intrafagocítica (Barreto et al., 2016). Las infecciones por *Salmonella* se producen principalmente por la ingesta de alimentos contaminados y afectan con mayor frecuencia a niños menores de cinco años y adultos mayores (World Health Organization, 2019).

En este contexto, se evidencia la falta de información sobre la presencia de microorganismos patógenos en frutas y vegetales expendidos en los mercados de Jipijapa y Guayaquil (Ecuador). Por ello, el objetivo de la presente investigación fue determinar la presencia de *Salmonella*

spp. y *Escherichia coli* en frutillas y lechugas comercializadas en dos mercados de la costa ecuatoriana, y establecer diferencias entre los niveles de concentración bacteriana en función de los límites permisibles establecidos en las normas nacionales e internacionales.

2 Materiales y Métodos

2.1 Muestreo

A continuación, se presentan las preguntas realizadas a 100 personas en cada mercado. Se estimó una población aproximada de 70 000 personas, con una probabilidad de ocurrencia del 95% y un margen de error del 5%, de las cuales el 50% correspondió a hombres y el 50% a mujeres. Se tomó como universo a las personas que realizan compras en los mercados de Jipijapa y Guayaquil, de manera que la variable sexo no represente un sesgo en el análisis.

Dado que la investigación se enfoca en el análisis de frutas y vegetales que se consumen de manera cruda, se aplicó una encuesta para determinar cuáles de estos productos son los de mayor consumo por parte de la población y, por tanto, los más relevantes para el estudio. La encuesta se aplicó a los consumidores que frecuentan el Mercado Asislo Garay de Guayaquil y el Mercado de Jipijapa.

El número de participantes (100) fue calculado en función de la Ecuación 1 para determinar el tamaño de muestra:

$$n = \frac{Z^2 pq N}{Ne^2 + Z^2 pq} \quad (1)$$

Las preguntas utilizadas en la encuesta se elaboraron con base en el estudio de León (2007), en el cual fueron previamente validadas.

Las muestras de frutilla y lechuga se seleccionaron de manera aleatoria en el mercado de Jipijapa (latitud -1.34872 y longitud -80.57875) y en el mercado Asislo Garay de Guayaquil (latitud -2.19616 y longitud -79.88621), respectivamente. Los puntos de muestreo de ambos mercados corresponden a la variable independiente.

En la Figura 1 se presenta el mapa con la ubicación de los puntos de muestreo. En total, se recolectaron 32 muestras: 16 muestras de frutillas en cada mercado, con un peso aproximado de 500 gramos por muestra, y 16 muestras de lechuga, de las cuales 8 correspondieron a cada mercado. Todas las muestras fueron recolectadas sin ningún tipo de desinfección o lavado.

Las muestras fueron etiquetadas y empacadas en bolsas de polietileno de primer uso y conservadas en cadena de frío para su traslado inmediato al laboratorio de Microbiología, siguiendo los protocolos establecidos en el Manual de Bacteriología de la Food and Drug Administration (FDA).

2.2 Análisis microbiano

Para el análisis de *Escherichia coli* se utilizó la técnica de Petrifilm *E. coli*/coliformes. Se homogenizaron 25 g de muestra con 225 ml de buffer triptona al 0,1% durante 3 minutos a 230 rpm utilizando un homogeneizador Stomacher 400 (USA). A partir de esta dilución inicial (10^{-1}), se realizaron diluciones seriadas decimales 10^{-2} y 10^{-3} .

De cada dilución se inoculó 1 ml en una serie de tres tubos con 9 ml de caldo lauril triptosa (Oxoid) en campanas Durham, los cuales fueron incubados durante 48 h a 35 °C. Posteriormente, los tubos que presentaron turbidez y producción de gas fueron re-inoculados en tubos con caldo EC-MUG (Oxoid) e incubados a 44,5 °C durante 24 h. Se consideraron positivos para *E. coli* aquellos tubos que presentaron turbidez, gas y fluorescencia bajo luz ultravioleta.

Mediante conteo en placa, siguiendo el método oficial AOAC 991.14–998.0, se determinaron las unidades formadoras de colonias por gramo (UFC g^{-1}).

Para la determinación de *Salmonella* spp. se utilizó la técnica NTE INEN 1529-15. Se

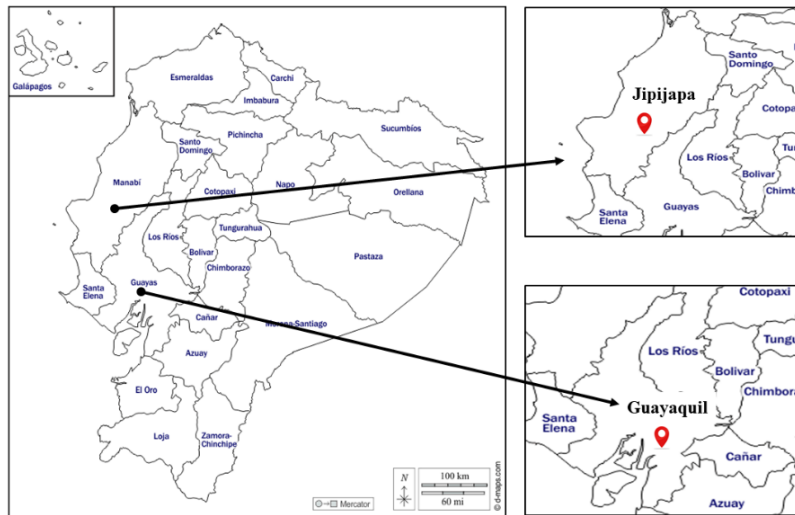


Figura 1. Mapa de ubicación del muestreo.

homogenizaron 25 g de muestra con 225 ml de caldo lactosado (Oxoid) y se incubaron durante 24 h a 35 °C como etapa de pre-enriquecimiento. Posteriormente, se realizó el enriquecimiento selectivo en caldos tetracionato (T) y Rappaport-Vassiliadis (RV), incubados a 35 °C durante 24 h.

Luego, se procedió a la siembra en agar XLD (Hektoen, HK) y agar sulfito de bismuto (SB) (Oxoid). Las placas se incubaron durante 24 h a 35 °C. El conteo microbiano obtenido corresponde a la variable dependiente del estudio.

3 Resultados

3.1 Hábitos de consumo y percepción de riesgo sanitario

La Figura 2A muestra la frecuencia con la que los encuestados consumen hortalizas. Se observa que la mayor proporción de la población (56%) consume hortalizas de manera ocasional (“A veces”), mientras que un 24% reporta consumo frecuente (“Siempre”). En contraste, un 20% indicó no consumir hortalizas. Este patrón indica que una parte importante de la población mantiene contacto regular con productos vegetales, lo que representa un potencial riesgo sanitario cuando estos alimentos se consumen crudos y no cumplen condiciones higiénicas adecuadas.

La Figura 2B muestra la preferencia por tipo de hortaliza. La lechuga es la más consumida (42%), seguida por el tomate (39%). En menor proporción se reporta consumo de coliflor (10%) y brócoli (9%). La predominancia de la lechuga es relevante desde el punto de vista microbiológico, debido a su morfología foliar amplia, mayor superficie de contacto y capacidad de retener humedad, factores que favorecen la adherencia y supervivencia de bacterias. Esto justifica su selección como matriz prioritaria para el análisis microbiológico realizado en el estudio.

La Figura 3A muestra la cantidad de frutas consumidas por los encuestados. Se observa que más de la mitad de la población (53%) reporta un consumo en grandes proporciones, mientras que un 36% indica un consumo mediano y solo un 11% consume frutas en pequeña cantidad. Estos resultados evidencian una elevada exposición de la población a frutas frescas, muchas de las cuales se consumen crudas o con un lavado mínimo. Este patrón refuerza la importancia de evaluar la calidad microbiológica de estos productos, ya que un alto volumen de consumo incrementa la probabilidad de exposición a microorganismos patógenos en caso de contaminación.

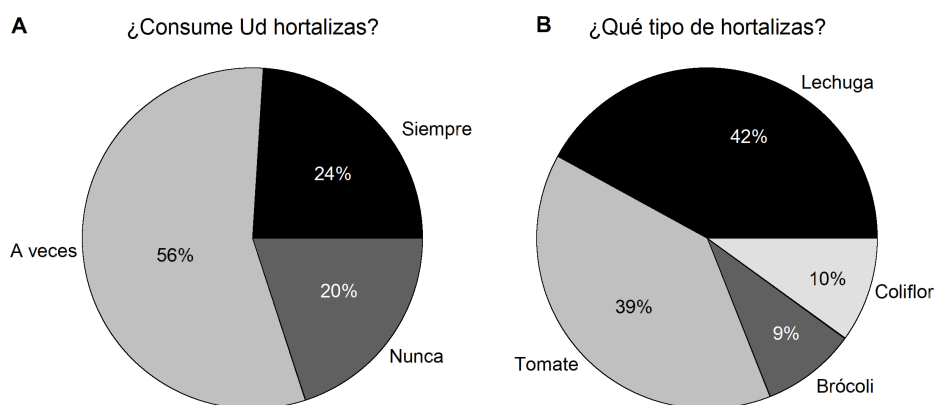


Figura 2. Resultados de la encuesta sobre el consumo de hortalizas en la población estudiada. (A) Frecuencia de consumo de hortalizas, clasificada en siempre, a veces y nunca. (B) Distribución porcentual según el tipo de hortaliza más consumida, incluyendo lechuga, tomate, brócoli y coliflor.

La Figura 3B refleja la percepción de los encuestados sobre posibles fuentes de contaminación de las frutas. El 39% considera que el principal factor de riesgo es el uso de agua contaminada, seguido por el 37% que señala el agua de riego. En menor proporción se mencionan fungicidas (13%) y parásitos (11%).

Estos resultados muestran que la población asocia mayormente el riesgo microbiológico con el recurso hídrico, lo que coincide con la evidencia científica que reconoce al agua de riego como una de las principales vías de contaminación de frutas y hortalizas con bacterias de origen fecal. Sin embargo, la menor percepción del riesgo biológico directo (parásitos y microorganismos) sugiere un conocimiento parcial de los mecanismos de contaminación, lo que puede influir en prácticas de consumo insuficientes para la prevención de enfermedades transmitidas por alimentos.

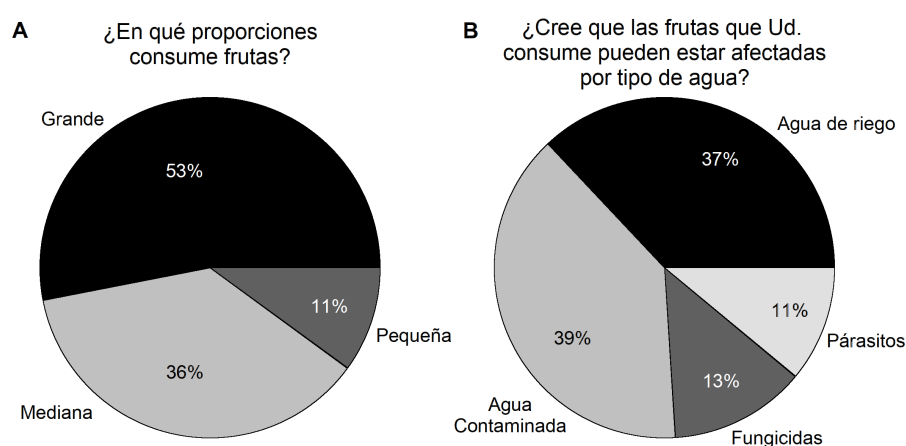


Figura 3. Resultados de la encuesta sobre el consumo y la percepción de calidad de frutas en la población estudiada. (A) Proporciones habituales de consumo de frutas, clasificadas en consumo grande, mediano y pequeño. (B) Percepción de los encuestados sobre los factores que pueden afectar la calidad de las frutas consumidas, relacionados con el tipo de agua utilizada (agua contaminada y agua de riego), así como con la presencia de fungicidas y parásitos.

La Figura 4A muestra la opinión de los encuestados respecto a la manipulación de hortalizas en los mercados locales. La mayoría (53%) considera que existe una manipulación inadecuada de estos productos, mientras que un 25% opina que no. Este resultado evidencia una percepción

predominante de deficiencias higiénicas en la cadena de comercialización, lo que sugiere desconfianza del consumidor respecto a las condiciones sanitarias durante el manejo de hortalizas.

Desde el punto de vista epidemiológico, esta percepción es relevante, ya que una manipulación deficiente favorece la contaminación cruzada y la supervivencia de microorganismos patógenos en productos que suelen consumirse crudos.

La Figura 4B presenta la percepción de los participantes sobre el consumo de hortalizas crudas como factor de riesgo para enfermedades. El 60% reconoce que su consumo constituye un riesgo sanitario, mientras que un 40% no lo considera así.

Aunque la mayoría identifica el riesgo, el porcentaje que no lo reconoce sigue siendo elevado, lo que indica brechas en la educación sanitaria. Este hallazgo es importante, ya que la percepción del riesgo influye directamente en las prácticas de higiene doméstica, como el lavado, desinfección o selección de productos.

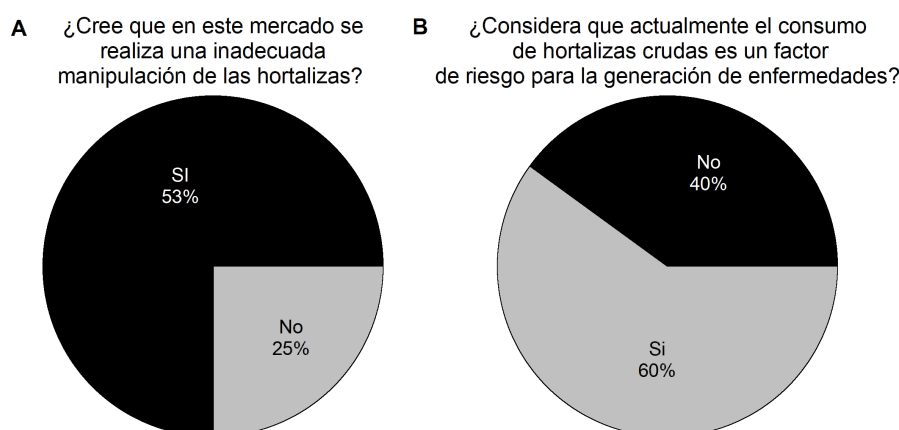


Figura 4. Resultados de la encuesta sobre prácticas de manipulación y percepción de riesgo sanitario asociado al consumo de hortalizas. (A) Opinión de los encuestados respecto a la existencia de una manipulación inadecuada de las hortalizas en el mercado evaluado. (B) Percepción sobre si el consumo actual de hortalizas crudas constituye un factor de riesgo para la generación de enfermedades.

La Figura 5A muestra que el 60% de los encuestados reporta consumir frutas, mientras que un 40% indicó no hacerlo. Este resultado evidencia que la mayoría de la población mantiene exposición regular a frutas frescas, productos que con frecuencia se consumen crudos o con procesos mínimos de lavado, lo que puede representar un riesgo sanitario en caso de contaminación microbiológica.

La Figura 5B presenta la distribución de las frutas más consumidas. La frutilla es la fruta predominante (50%), seguida por la mora (34%). En menor proporción se reporta consumo de arándanos (10%) y frambuesa (6%).

La alta preferencia por frutillas y moras es relevante desde el punto de vista microbiológico, ya que son frutas de superficie irregular, alta retención de humedad y contacto directo con el suelo, características que favorecen la adherencia y supervivencia de microorganismos patógenos. Esto respalda su importancia como matrices de interés para la evaluación microbiológica realizada en el estudio.

La Figura 6A muestra las proporciones en que la población consume hortalizas. Se observa que la mayoría de los encuestados (53%) reporta un consumo en pequeña proporción, mientras que un 37% indica un consumo mediano y solo un 10% consume hortalizas en gran proporción.

Estos resultados indican que, aunque el consumo elevado no es predominante, existe una exposición continua de la población a hortalizas frescas. Dado que estos productos suelen consumirse crudos o con preparación mínima, incluso un consumo moderado puede representar

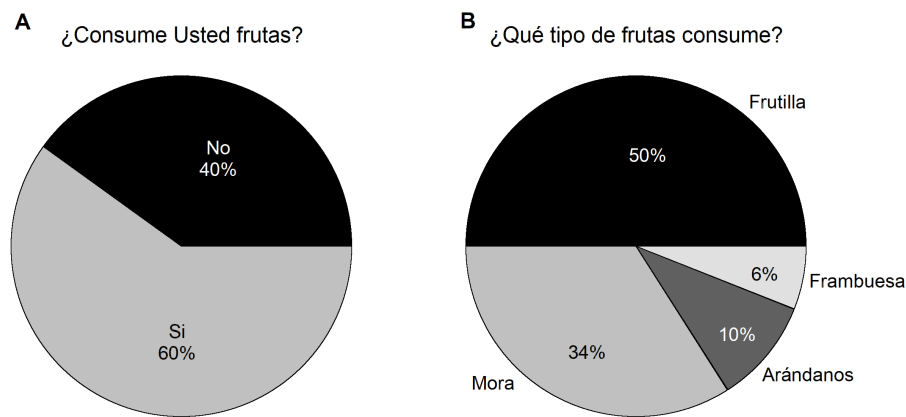


Figura 5. Resultados de la encuesta sobre el consumo de frutas en la población estudiada. (A) Proporción de encuestados que reportan consumir frutas. (B) Distribución porcentual según el tipo de frutas consumidas, incluyendo frutilla, mora, arándanos y frambuesa.

una vía de exposición a patógenos cuando existen deficiencias higiénicas.

La Figura 6B refleja la percepción de los encuestados sobre los factores que pueden afectar a las hortalizas en relación con el tipo de riego. El 39% considera que el principal factor de riesgo es el uso de agua contaminada, seguido por el 37% que señala el agua de riego como posible fuente de afectación. En menor proporción se mencionan los fungicidas (13%) y la presencia de parásitos (11%).

Estos resultados muestran que la población asocia mayormente el riesgo sanitario con el recurso hídrico, lo cual coincide con la evidencia científica que reconoce al agua de riego como una de las principales vías de contaminación microbiológica de hortalizas. Sin embargo, la menor percepción de otros riesgos biológicos sugiere un conocimiento parcial sobre los mecanismos de contaminación, lo que podría influir en prácticas preventivas insuficientes durante el consumo.

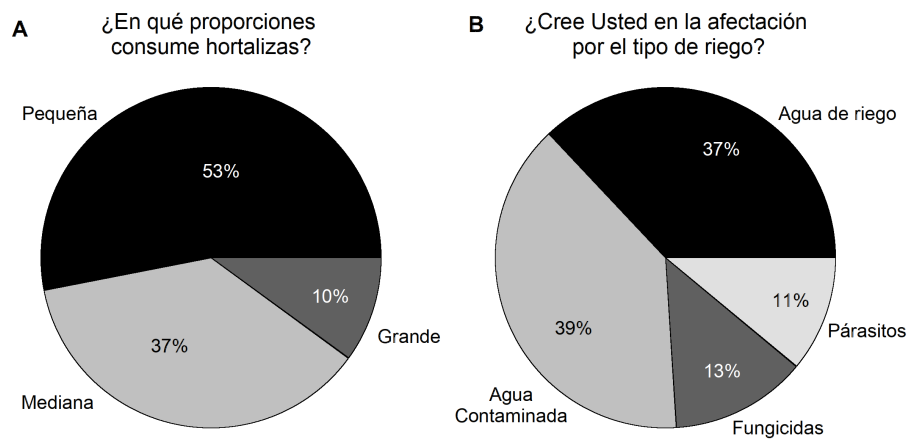


Figura 6. Resultados de la encuesta sobre el consumo de hortalizas y la percepción de factores de afectación asociados al riego. (A) Proporciones en las que los encuestados consumen hortalizas, clasificadas en consumo pequeño, mediano y grande. (B) Percepción de la población sobre la posible afectación de las hortalizas según el tipo de riego, incluyendo agua contaminada, agua de riego, uso de fungicidas y presencia de parásitos.

La percepción de los encuestados sobre las condiciones de manipulación de frutas en los mercados (Figura 7A) indica que la mayoría (64%) considera que no se realiza una manipulación inadecuada, mientras que un 36% opina lo contrario. Aunque predomina la percepción de condiciones adecuadas, el porcentaje que identifica deficiencias higiénicas no es despreciable, lo

que sugiere posibles fallas en las prácticas de manejo durante la comercialización.

Respecto a la percepción del riesgo asociado al consumo de hortalizas crudas (Figura 7B), el 55% de los encuestados considera que no representa un factor de riesgo para la generación de enfermedades, mientras que un 45% sí lo reconoce. Este resultado evidencia una percepción dividida en la población, con una proporción considerable que subestima el riesgo sanitario, lo cual puede influir en prácticas de higiene insuficientes durante el consumo.

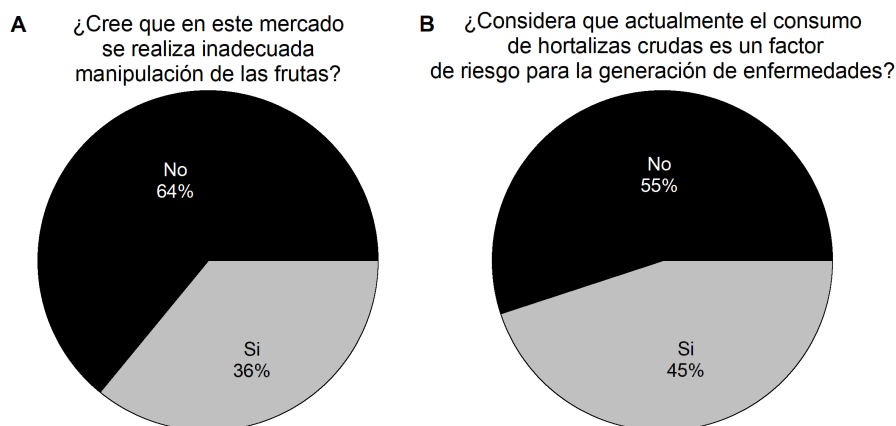


Figura 7. Resultados de la encuesta sobre prácticas de manipulación y percepción de riesgo sanitario. (A) Opinión de los encuestados respecto a si en el mercado evaluado se realiza una manipulación inadecuada de las frutas. (B) Percepción sobre si el consumo actual de hortalizas crudas constituye un factor de riesgo para la generación de enfermedades.

3.2 Calidad microbiológica de frutas y hortalizas

La Figura 8A muestra los conteos de *Escherichia coli* (UFC g⁻¹) determinados en frutillas recolectadas en ocho puntos de muestreo del mercado de Jipijapa. Los valores presentan una variabilidad notable entre muestras, con conteos que oscilan entre el orden de 10⁵ y 10⁶ (UFC g⁻¹). Aunque se observan diferencias entre puntos de muestreo, todos los valores indican la presencia de contaminación fecal, evidenciando deficiencias en las condiciones higiénicas durante la producción, transporte o comercialización de este fruto.

La Figura 8 B presenta los conteos de *E. coli* en frutillas procedentes de ocho puntos de muestreo en el mercado de Guayaquil. En este caso, los valores son consistentemente más elevados, con concentraciones que alcanzan el orden de 10⁷ (UFC g⁻¹). La magnitud de estos conteos sugiere un mayor nivel de contaminación microbiológica en comparación con Jipijapa, lo que indica diferencias en las condiciones sanitarias entre ambos mercados.

Es importante destacar que, en el análisis microbiológico para *Salmonella* spp., no se detectó la presencia de este patógeno en ninguna de las muestras de frutilla ni de lechuga procedentes de ambos mercados.

La Figura 9A muestra los conteos de *Escherichia coli* (UFC g⁻¹) determinados en muestras de lechuga recolectadas en ocho puntos de muestreo del mercado de Jipijapa. Los valores se ubican en el orden de 10⁷ (UFC g⁻¹), con variaciones entre puntos de muestreo. Aunque existe dispersión, todos los registros evidencian una carga microbiológica elevada, lo que sugiere condiciones higiénicas deficientes durante la producción, manipulación o comercialización de este vegetal de consumo frecuente en crudo.

La Figura 9B presenta los conteos de *E. coli* en lechugas procedentes del mercado de Guayaquil. En este caso, las concentraciones son considerablemente superiores, alcanzando valores del orden de 10¹⁰–10¹¹ (UFC g⁻¹). Esta diferencia de varios órdenes de magnitud con respecto a Jipijapa indica un mayor nivel de contaminación fecal en las muestras de este mer-

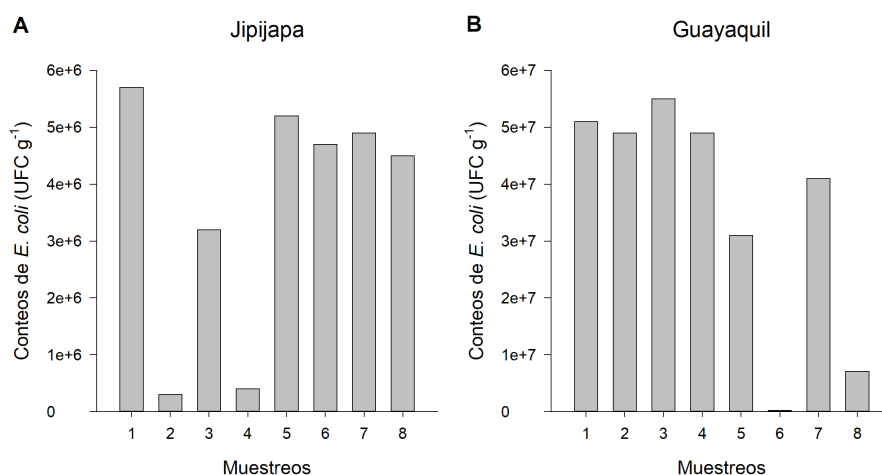


Figura 8. Conteos de *Escherichia coli* (UFC g⁻¹) determinados en frutillas comercializadas en dos mercados. (A) Resultados correspondientes al mercado de Jipijapa. (B) Resultados correspondientes al mercado de Guayaquil. Cada barra representa un punto de muestreo independiente.

cado.

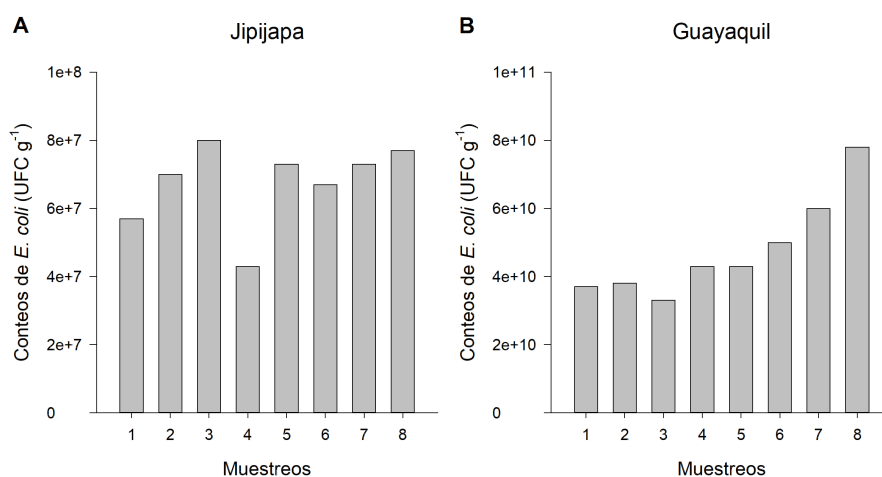


Figura 9. Conteos de *Escherichia coli* (UFC g⁻¹) determinados en muestras de lechuga comercializadas en dos mercados. (A) Resultados correspondientes al mercado de Jipijapa. (B) Resultados correspondientes al mercado de Guayaquil. Cada barra representa un punto de muestreo independiente.

3.3 Análisis estadístico de los conteos microbianos

En la Figura 10, se presentan los gráficos de cajas y de distribución normal. La dispersión de los resultados del conteo microbiano tanto para Jipijapa como para Guayaquil evidencian claramente una variabilidad. Se destaca la mayor presencia de *E. coli* en muestras de lechuga tanto en Jipijapa como en Guayaquil. Posteriormente, se presentará la evidencia estadística que sustente esta variabilidad. La distribución de los resultados también es mostrada en la Figura 11, en donde se evidencia la normalidad de los datos.

La distribución *t* de Student permite estimar la media del conteo de *Escherichia coli*, considerando que existe una distribución normal tanto para Jipijapa como para Guayaquil (Figuras 10 y 11). Este método es adecuado para el presente caso, en el cual el tamaño de la muestra es

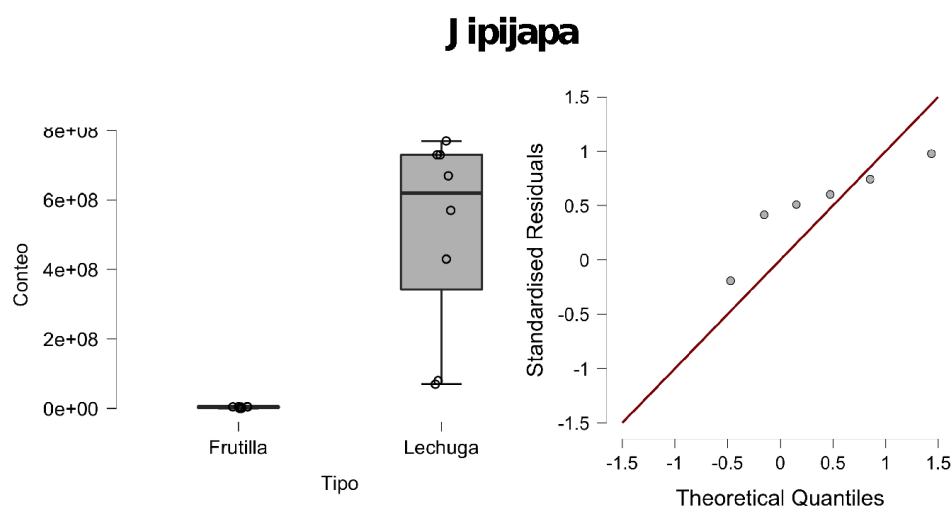


Figura 10. Gráfico de cajas y gráfico Q–Q de normalidad correspondientes a los conteos microbianos (*E. coli*, (UFC g⁻¹) determinados en muestras de lechuga y frutilla comercializadas en el mercado de Jipijapa.

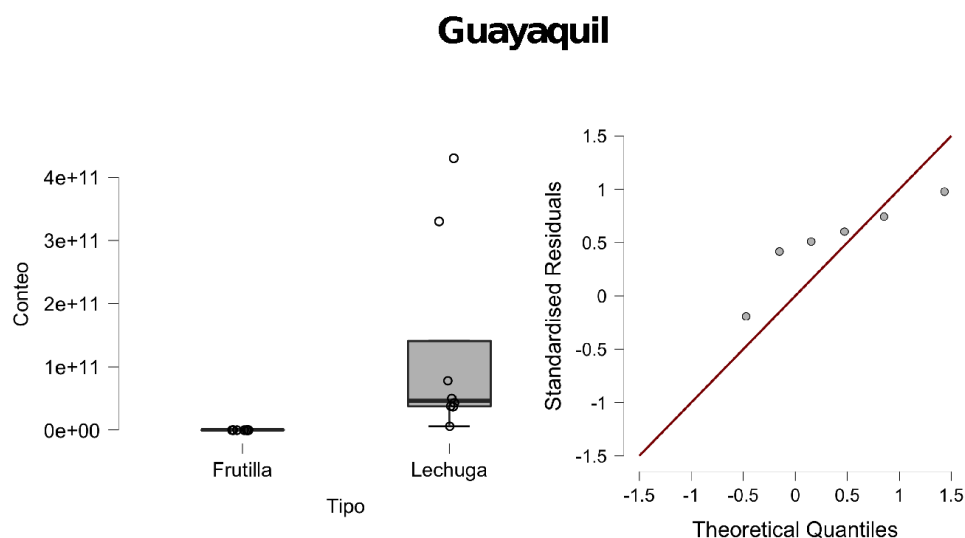


Figura 11. Gráfico de cajas y gráfico Q–Q de normalidad de los conteos microbianos (*E. coli*, (UFC g⁻¹) obtenidos en muestras de lechuga y frutilla provenientes del mercado de Guayaquil.

pequeño y se desconoce la desviación estándar de la población.

En las Tablas 1 y 2 se establece que el conteo de *E. coli* tanto para lechuga como para frutilla, en ambas ciudades, presenta diferencias estadísticamente significativas.

Para el grupo de 32 muestras se evaluó la existencia de diferencias entre 16 muestras de Jipijapa y 16 muestras de Guayaquil (variable nominal) en el conteo microbiano de *E. coli* (variable dependiente). Para ello, se aplicó una prueba *t* de Student para muestras independientes mediante un software estadístico, con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre los grupos.

La prueba *t* de dos muestras (también denominada prueba *t* para muestras independientes) es un método utilizado para evaluar si las medias poblacionales de dos grupos independientes son iguales o diferentes. En este caso, se utilizó este análisis debido a que las muestras de Jipijapa y Guayaquil corresponden a grupos independientes entre sí. En la Tabla 1 se observa que los valores de *t* se encuentran en la zona de rechazo de la hipótesis nula, considerando un valor teórico de *t* de -1.3450 con 14 grados de libertad. Se concluye que el mercado de

Guayaquil presenta una mayor contaminación fecal.

Tabla 1. Prueba t de Student para muestras independientes entre Jipijapa y Guayaquil.

Ciudad	t	Grados de libertad	p
Jipijapa	-4.946	14	0.001
Guayaquil	-2.237	14	0.042

Todas las encuestas presentaron un valor de $p = 0.0001$, lo que demuestra, mediante el análisis de chi-cuadrado, que existen diferencias estadísticamente significativas entre las variables evaluadas.

Los valores obtenidos de chi-cuadrado para las doce preguntas encuestadas se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores de chi-cuadrado para las preguntas de la encuesta.

Pregunta	Chi-cuadrado	p
1	1161.73	0.0001
2	2363.64	0.0001
3	1363.45	0.0001
4	1482.43	0.0001
5	1741.43	0.0001
6	474.15	0.0001
7	89.07	0.0001
8	2771.40	0.0001
9	1717.27	0.0001
10	1482.83	0.0001
11	229.57	0.0001
12	162.19	0.0001

4 Discusión

Las frutillas y las lechugas se consumen crudas y son regadas con agua proveniente de ríos en los que se vierten aguas residuales no tratadas. Estos cultivos son comercializados en los mercados locales y consumidos por la población urbana y rural. La finalidad de este trabajo es llamar la atención sobre la importancia del hallazgo de microorganismos de origen fecal, los cuales son indicadores de la presencia de potenciales patógenos intestinales bacterianos y parasitarios que pueden afectar la salud de la población.

Se efectuó una revisión documental de investigaciones académicas desarrolladas en Guayaquil, Jipijapa, Portoviejo y Manta, orientadas al estudio del consumo de frutas y hortalizas en mercados locales. Los resultados de esta revisión muestran que dichos trabajos se enfocan principalmente en la preferencia nutricional del consumidor, sin considerar evaluaciones microbiológicas detalladas de los productos vegetales comercializados.

En Guatemala se realizó en 2019 un estudio sobre la presencia de bacterias de origen fecal (*E. coli*) en banano, en el cual se determinaron recuentos de coliformes totales superiores a 10^5 por gramo. Se concluyó que el origen de la contaminación estuvo asociado al uso de aguas residuales domésticas para el riego. Las normas internacionales de salud recomiendan que el agua residual utilizada para el riego de hortalizas contenga menos de 10^3 coliformes fecales por cada 100 mL de agua, valores que claramente no se cumplieron en dicho estudio (Girón et al., 2019).

Asimismo, se revisaron varios trabajos de titulación en el área de la medicina realizados

en las ciudades de Guayaquil, Jipijapa, Portoviejo y Manta, los cuales, mediante encuestas, evidencian un alto número de enfermedades gastrointestinales. Entre estas se destacan las producidas por *Escherichia coli*, bacteria que puede causar diarrea hemorrágica y, en casos severos, insuficiencia renal e incluso la muerte, afectando principalmente a niños y a personas con sistemas inmunitarios debilitados (Gómez-Duarte, 2014; La Torre Dávila, 2016; Peña et al., 2014; Pua and Navas, 2014). Las enfermedades causadas por *Salmonella* spp. y *E. coli* han generado en los últimos años importantes repercusiones en la salud pública y en la economía de la población (Gómez-Duarte, 2014; La Torre Dávila, 2016; Peña et al., 2014; Pua and Navas, 2014).

De acuerdo con los resultados del presente estudio, en el mercado de Jipijapa se determinó que el 41% de los consumidores prefieren la lechuga entre los vegetales, mientras que el 50% de los consumidores prefieren la frutilla entre las frutas. En el mercado de Guayaquil se obtuvo una preferencia del 48% para la lechuga y del 43% para la frutilla.

En las frutillas y lechugas analizadas en los mercados de Jipijapa y Guayaquil no se detectó la presencia de *Salmonella* spp. Es importante señalar que la presencia de este patógeno ocasiona efectos inmediatos como diarrea, fiebre y escalofríos, pudiendo derivar en fiebre tifoidea, lo que generaría una alerta sanitaria en el expendio de alimentos contaminados. En contraste, se detectó la presencia de *E. coli*, cuya concentración por gramo de muestra fue debidamente determinada.

En frutillas provenientes del mercado de Jipijapa se registraron recuentos de hasta 10^5 y 10^6 UFC g⁻¹. La variabilidad entre frutilla y lechuga resultó estadísticamente significativa ($p < 0.001$), lo que indica que ambas especies presentan diferentes focos de contaminación.

Finalmente, se determinó que los productos de mayor consumo en los mercados estudiados son la lechuga (*Lactuca sativa*) y la frutilla (*Fragaria* sp.), razón por la cual se seleccionaron como alimentos objeto de control microbiológico mediante técnicas de laboratorio.

5 Conclusiones

La hipótesis planteada en el presente estudio se centró en la presencia de microorganismos de origen fecal en alimentos expendidos en dos mercados de Ecuador. En efecto, se encontraron recuentos de unidades formadoras de colonias por gramo (UFC g⁻¹) en muestras de frutilla y lechuga por encima de los límites establecidos por la normativa sanitaria vigente en ambos mercados. Las cepas entero-patógenas de *Escherichia coli* constituyen una de las principales causas de enfermedad diarreica aguda (EDA) en niños menores de cinco años en América Latina, África y Asia, y están asociadas a una elevada mortalidad infantil en comunidades de escasos recursos del África subsahariana y el Sudeste Asiático. Por ello, este tipo de estudios reviste gran relevancia para los mercados de expendio de alimentos, especialmente en el caso de frutas y hortalizas que presentan antecedentes de contaminación por patógenos entéricos. En los mercados de Jipijapa y Guayaquil se determinó la incidencia del crecimiento bacteriano de *Escherichia coli* en frutillas y lechugas en concentraciones que superan los rangos permisibles establecidos por la normativa ecuatoriana. El análisis microbiológico se realizó mediante la técnica de Petrifilm *E. coli*/coliformes y, para la determinación de *Salmonella* spp., se empleó la metodología NTE INEN 1529-15. No se detectó la presencia de *Salmonella* spp. en ninguno de los mercados investigados. Estos resultados permiten concluir que las muestras analizadas de frutillas y lechugas se encuentran contaminadas con *E. coli* en concentraciones superiores a los límites permisibles, aunque no se evidenció la presencia de *Salmonella* spp.

Agradecimientos

A Maytecita, mi persona favorita, todo mi agradecimiento por darme el tiempo y la fuerza necesaria para lograr la meta propuesta.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Alcántara-González, G. (1995). *Manejo postcosecha de frutas y hortalizas* (Zaragoza, España: Editorial Acribia)
- Alegbeleye, O. O., Singleton, I., and Sant'Ana, A. S. (2018). Sources and contamination routes of microbial pathogens to fresh produce during field cultivation: A review. *Food Microbiology* 73, 177–208. doi: [10.1016/j.fm.2018.01.003](https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.01.003)
- Astill, G., Menor, T., Calvin, L., and Thornsbury, S. (2018). *Before Implementation of the Produce Rule of the Food Safety Modernization Act: A Survey of U.S. Produce Growers*. Tech. Rep. EIB-194, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, Washington, DC
- Banach, J. L., Van Bokhorst-van de Veen, H., Van Overbeek, L. S., Van der Zouwen, P. S., Van der Fels-Klerx, H. J., and Groot, M. N. N. (2017). The efficacy of chemical disinfectants on the reduction of *Salmonella Typhimurium* and *Escherichia coli* affected by bacterial cell history and water quality. *Food Control* 81, 137–146. doi: [10.1016/j.foodcont.2017.05.032](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.05.032)
- Barreto, M., González, M., and Pérez, A. (2016). *Salmonella spp.* y su importancia en salud pública. *Revista Cubana de Salud Pública* 42, 295–305
- Besser, R. E., Lett, S. M., Weber, J. T., Doyle, M. P., Barrett, T. J., Wells, J. G., et al. (1993). An outbreak of diarrhea and hemolytic uremic syndrome from *Escherichia coli* O157:H7 in fresh-pressed apple cider. *JAMA* 269, 2217–2220. doi: [10.1001/jama.1993.03500170063035](https://doi.org/10.1001/jama.1993.03500170063035)
- Centers for Disease Control and Prevention (2019). *Outbreak of Escherichia coli infections linked to romaine lettuce*. Tech. rep. Atlanta, GA, USA
- Centers for Disease Control and Prevention (2021). *Multistate outbreak of Salmonella infections linked to fresh strawberries*. Tech. rep. Atlanta, GA, USA
- Chatziprodromidou, I. P., Bellou, M., Vantarakis, G., and Vantarakis, A. (2018). Viral outbreaks linked to fresh produce consumption: A systematic review. *Journal of Applied Microbiology* 124, 932–942. doi: [10.1111/jam.13714](https://doi.org/10.1111/jam.13714)
- De Roever, C. (1998). Microbiological safety evaluations and recommendations on fresh produce. *Food Control* 9, 321–347. doi: [10.1016/S0956-7135\(98\)00022-X](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(98)00022-X)
- Food and Drug Administration (2019). *Investigation of O157:H7 outbreak linked to romaine lettuce from Salinas, California*. Tech. rep. Silver Spring, MD, USA
- García-Gómez, R., Chávez-Espinosa, J., Mejía-Chávez, A., and Durán-de Bazúa, C. (2002). Microbiological determinations of some vegetables from the Xochimilco zone in Mexico City, Mexico. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 44, 24–30
- Girón, B., Cano, F., Monney, L., Méndez, A., and Espinoza, H. (2019). Determinación de la presencia de *Escherichia coli* en la cáscara y parte comestible del banano y evaluación de su crecimiento durante la postcosecha. *Revista Científica* 28
- Gómez-Duarte, O. G. (2014). Enfermedad diarreica aguda por *Escherichia coli* enteropatógenas en Colombia. *Revista Chilena de Infectología* 31, 577–586. doi: [10.4067/S0716-10182014000500013](https://doi.org/10.4067/S0716-10182014000500013)

- Hancock, J. F. (1999). *Strawberries* (Wallingford, UK: CABI Publishing)
- Kaper, J. B., Nataro, J. P., and Mobley, H. L. T. (2004). Pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology* 2, 123–140. doi: [10.1038/nrmicro818](https://doi.org/10.1038/nrmicro818)
- Kapperud, G., Rørvik, L. M., Hasseltvedt, V., Høiby, E. A., Iversen, B. G., Staveland, K., et al. (1995). Outbreak of *Shigella sonnei* infection traced to imported iceberg lettuce. *Journal of Clinical Microbiology* 33, 609–614
- La Torre Dávila, R. (2016). *Valor predictivo del recuento de leucocitos en materia fecal para el diagnóstico de Salmonella, Shigella y Escherichia coli*. Master's thesis, Hospital María Auxiliadora
- Laidler, M. R., Tourdjman, M., Buser, G. L., Hostetler, T., Repp, K. K., Leman, R., et al. (2013). *Escherichia coli* O157:H7 infections associated with consumption of locally grown strawberries contaminated by deer. *Clinical Infectious Diseases* doi: [10.1093/cid/cit468](https://doi.org/10.1093/cid/cit468)
- Li, K., Etienne, X., Chiu, Y.-C., Jones, L., Khouryieh, H., Jiang, W., et al. (2020). Validation of triple-wash procedure with peroxyacetic acid-H₂O₂ mixer to improve microbial safety and quality of zucchini. *Food Control* 112, 107146. doi: [10.1016/j.foodcont.2020.107146](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107146)
- Luo, Y., Zhou, B., Van Haute, S., Nou, X., Zhang, B., Teng, Z., et al. (2018). Association between bacterial survival and free chlorine concentration during commercial fresh-cut produce wash operation. *Food Microbiology* 70, 120–128. doi: [10.1016/j.fm.2017.09.013](https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.09.013)
- Lynch, M. F., Tauxe, R. V., and Hedberg, C. W. (2009). The growing burden of foodborne outbreaks due to contaminated fresh produce. *Epidemiology and Infection* 137, 307–315. doi: [10.1017/S095026880800196X](https://doi.org/10.1017/S095026880800196X)
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., and Stahl, D. A. (2015). *Brock Biology of Microorganisms* (Pearson), 14 edn.
- Millard, P. S., Gensheimer, K. F., Addiss, D. G., Sosin, D. M., Beckett, G. A., Houck-Jankoski, A., et al. (1994). An outbreak of cryptosporidiosis from fresh-pressed apple cider. *JAMA* 272, 1592–1596. doi: [10.1001/jama.1994.03520200042034](https://doi.org/10.1001/jama.1994.03520200042034)
- Moreno-Miranda, C., Pérez-González, M., and Sánchez-Torres, L. (2019). Programas prerrequisito como base de los sistemas de gestión de inocuidad alimentaria. *Revista Chilena de Nutrición* 46, 451–459
- Mäde, D., Trübner, K., Neubert, E., Höhne, M., and Johne, R. (2013). Detection and typing of norovirus from frozen strawberries involved in a large-scale gastroenteritis outbreak in Germany. *Food and Environmental Virology* 5, 162–168. doi: [10.1007/s12560-013-9118-0](https://doi.org/10.1007/s12560-013-9118-0)
- Newell, D. G., Koopmans, M., Verhoef, L., Duizer, E., Aidara-Kane, A., Sprong, H., et al. (2010). Food-borne diseases — The challenges of 20 years ago still persist while new ones continue to emerge. *International Journal of Food Microbiology* 139, S3–S15. doi: [10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.021](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.021)
- Olaya, A. and Morales, J. (2005). Bioaerosoles: implicaciones en la salud y en la industria alimentaria. *Revista Salud Pública* 7, 332–343
- Peña, Y. P., Hernández, M. E., and Castillo, V. L. (2014). Resistencia antimicrobiana en *Salmonella* y *Escherichia coli* aisladas de alimentos. *Panorama. Cuba y Salud* 6, 30–38

- Pua, A. L. and Navas, N. M. G. (2014). Calidad higiénica y determinación de *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* en carne de cerdo. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria* 12
- Rivera, J. and Rodríguez, M. (2009). Contaminación microbiológica en frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 10, 45–56
- Sivapalasingam, S., Friedman, C. R., Cohen, L., and Tauxe, R. V. (2004). Fresh produce: a growing cause of outbreaks of foodborne illness in the United States. *Journal of Food Protection* 67, 2342–2353. doi: [10.4315/0362-028X-67.10.2342](https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.10.2342)
- Wang, W., Zhou, Y., Xiao, X., Yang, G., Wang, Q., Wei, W., et al. (2018). Behavior of *Salmonella typhimurium* on fresh strawberries under different storage temperatures and wash treatments. *Frontiers in Microbiology* 9, 2091. doi: [10.3389/fmicb.2018.02091](https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02091)
- World Health Organization (2019). *Salmonella (non-typhoidal)*. Tech. rep., Geneva, Switzerland
- World Health Organization (2021). *Food safety*. Tech. rep., Geneva, Switzerland