



## Detection of *Salmonella* spp. in beef from TIF and non-TIF slaughterhouses in Nayarit, Mexico

## Detección de *Salmonella* spp. en carne bovina procedente de rastros tipo inspección federal (TIF) y rastros “No-TIF” en Nayarit, México

Ventura-Ramón G.H.<sup>2,3#</sup>, Bueno-Durán A.Y.<sup>2,3#</sup>, Toledo-Ibarra G.A.<sup>1,3</sup>,  
Díaz-Resendiz K.J.G.<sup>1,3</sup>, Barcelos-García R.G.<sup>3</sup>, Girón-Pérez M.I.<sup>1,3\*</sup>.

Universidad Autónoma de Nayarit. <sup>1</sup>Laboratorio de Inmunotoxicología CEMIC 03, <sup>2</sup>Unidad Académica de Ciencias Químicas Biológicas y Farmacéuticas, Cd. De la Cultura Amado Nervo. S/N, C.P. 63000. Tepic, Nayarit, México. <sup>3</sup>Laboratorio Nacional para la Investigación en Inocuidad Alimentaria LANIIA-Unidad Nayarit. Centro Nayarita de Innovación y Transferencia de Tecnología A.C. Calle Tres S/N, Col. Cd. Industrial C.P. 63173. Tepic, Nayarit, México.

**Cite this paper/Como citar este artículo:** Ventura-Ramón G.H., Bueno-Durán A.Y., Toledo-Ibarra G.A., Díaz-Resendiz K.J.G., Barcelos-García R.G., Girón-Pérez, M. I. (2020). Detection of *Salmonella* spp. in beef from TIF and non-TIF slaughterhouses in Nayarit, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 7, e902. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e902>



### ABSTRACT

In Mexico, beef for human consumption comes from federal-inspection type (TIF, tipo inspección federal) or non-TIF slaughterhouses. The latter do not comply with all national quality and hygiene standards established by the Ministry of Agriculture and Rural Development (SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural), while TIF beef is certified by the National Service of Health, Safety, and Food Quality (SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria), which reports to SADER. In this work the presence of *Salmonella* spp. was analyzed in TIF and non-TIF beef commercialized in supermarkets, as well as non-TIF beef commercialized in local butchers in Tepic, Nayarit (Mexico). *Salmonella* spp. was detected

#### Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: December 10<sup>th</sup> 2019.

Accepted/Aceptado: March 3<sup>rd</sup> 2020.

Available on line/Publicado: March 3<sup>rd</sup> 2020.

#Authors contributed equally./#Los autores contribuyeron igualmente.

#### \*Corresponding Author:

Girón-Pérez, Manuel Iván. Universidad Autónoma de Nayarit. Laboratorio de Inmunotoxicología CEMIC 03, Cd. De la Cultura Amado Nervo. S/N, C.P. 63000. Tepic, Nayarit, México. Laboratorio Nacional para la Investigación en Inocuidad Alimentaria LANIIA-Unidad Nayarit. Centro Nayarita de Innovación y Transferencia de Tecnología A.C. Calle Tres S/N, Col. Cd. Industrial C.P. 63173. Tepic, Nayarit, México. Phone: +52(311) 211 8800 Ext.8922. E-mail.: [ivan\\_giron@hotmail.com](mailto:ivan_giron@hotmail.com)

### RESUMEN

En México, la carne para consumo humano puede provenir de rastros “Tipo Inspección Federal” (TIF), o bien de rastros “No-TIF”, estos últimos no trabajan con apego a todas las Normas Nacionales de Calidad e Higiene establecidas por SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural), mientras que la carne “TIF” cuenta con la certificación por parte del Servicio Nacional de Sanidad, inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), el cual es dependiente de la SADER. En este trabajo se analizó la presencia de *Salmonella* spp. en carne de res “TIF” y “No-TIF”, comercializadas en supermercados, así como en carne “No-TIF” comercializada en carnicerías locales (carnicerías populares) de Tepic Nayarit, México. La detección de *Salmonella* spp. fue realizada mediante qPCR. Los resultados mostraron la presencia de *Salmonella* spp. en los tres tipos de carne analizada; sin embargo, en las muestras de carne TIF se detectó menor proporción de muestras contaminadas y menor grado de contaminación, no obstante, la carne TIF analizada no está libre de la presencia de este patógeno, por lo que no se puede considerar un producto inocuo.

using qPCR, and the results indicate its presence in the three types of beef analyzed. Although a smaller proportion of contaminated samples and a lower degree of contamination were detected in it, TIF beef is not free from the presence of this pathogen and thus cannot be considered an innocuous product.

---

## KEY WORDS

---

Microbiological contamination, TIF beef, *Salmonella* spp.

---

## Introduction

*Salmonella* spp. is the agent that causes gastrointestinal infections known as salmonellosis, a disease considered a public health problem worldwide (Kumar *et al.*, 2019). In 2018 there were 124,277 cases of diseases caused by different serotypes of *Salmonella* in Mexico (SINAVE, 2018), while 103,289 cases were reported by October 2019 (SINAVE, 2019). The pathogen is usually transmitted by water intake and contaminated food, as meat and meat products, which cause severe human health problems when they do not comply with quality and hygiene standards (Fachmann *et al.*, 2017).

Beef consumption in Mexico is only second to that of chicken (FIRA, 2017). By the end of 2018, Mexico was the sixth beef producer worldwide accounting for 3.2 % of the world beef consumption (USDA-FAS, 2018; SIAP, 2018).

In Mexico, the Ministry of Agriculture and Rural Development (SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) is responsible for establishing criteria and inspecting the quality of livestock product for human consumption. Through the National Service of Health, Safety, and Food Quality (SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria), it has determined a categorization of the slaughterhouses operating across the country. Depending on their compliance with international quality and safety standards, SENASICA classifies slaughterhouses as federal-inspection type (TIF, tipo inspección federal) when they follow SENASICA standards and are constantly monitored. In contrast, non-TIF slaughterhouses are not monitored and do not comply with the standards (FIRCO, 2016).

---

## PALABRAS CLAVE

---

Contaminación microbiológica, Carne TIF, *Salmonella* spp.

---

## Introducción

*Salmonella* spp. es el agente causal de infecciones gastrointestinales conocidas como salmonelosis, enfermedad considerada como un problema de salud pública a nivel mundial (Kumar *et al.*, 2019). En México, durante el año 2018 se presentaron 124,277 casos de enfermedades ocasionadas por diferentes serotipos de *Salmonella* (SINAVE, 2018), mientras que para el año 2019 hasta el mes de octubre, se presentaron 103,289 casos (SINAVE, 2019). La principal ruta de transmisión para este patógeno es a través de la ingesta de agua y alimentos contaminados, como la carne y sus derivados, los cuales, si no cumplen con las normas de calidad e higiene pueden ocasionar importantes problemas a la salud humana (Fachmann *et al.*, 2017).

El consumo de carne bovina es de gran importancia, en México después de la carne de pollo, es la segunda variedad de carne más consumida (FIRA, 2017). Para el cierre del año 2018, México ocupó el sexto lugar a nivel mundial en consumo de carne de bovino, lo que representó el 3.2 % del consumo mundial (USDA-FAS, 2018; SIAP, 2018).

En México, la instancia responsable de establecer criterios e inspeccionar la calidad de los productos pecuarios de consumo humano es la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), que a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), ha establecido una clasificación de los rastros que operan en las diferentes entidades del país. Dependiendo del cumplimiento de estándares internacionales de calidad e inocuidad de sus productos, SENASICA los ha denominado rastros Tipo Inspección Federal (TIF), los cuales aseguran el cumplimiento de la normativa de SENASICA y son constantemente monitoreados, mientras que los rastros "No-TIF" no son monitoreados, por lo que no aseguran el cumplimiento de dicha normativa (FIRCO, 2016).

El objetivo de la presente investigación fue analizar y comparar la presencia de *Salmonella* spp. en carne de res de rastros "TIF" y "No-TIF" comercializada en supermercados de reconocido prestigio, así como carne "No-TIF" comercializada en carnicerías locales (carnes populares) de la Ciudad de Tepic, Nayarit México.

The aim of the present investigation was to analyze and compare the presence of *Salmonella* spp. in beef from TIF and non-TIF slaughterhouses commercialized in supermarkets, as well as non-TIF beef commercialized in local butchers in Tepic, Nayarit (Mexico).

## Material and Methods

Beef samples from TIF (n = 10) and non-TIF (n = 10) slaughterhouses were collected at supermarkets, and non-TIF beef samples (n = 10) were obtained at local butchers in Tepic, Nayarit (Mexico). The samples were taken to the laboratory under aseptic conditions (sterile bags and cold chain) to be immediately used.

Samples were processed following NF Validation™ workflow by Applied Biosystems®. Samples (25 g) were homogenized in 225 mL tetrathionate broth (TT broth) (BD Bioxon®, Mexico) in a stomacher (BagMixer® 400W, France) at a constant speed (8 strokes/sec) for 1 min and incubated at 37 °C for 20 h. They were then diluted in 15 g/L peptone water (BD Bioxon®, Mexico) at a 1:9 ratio and incubated at 37 °C for 20 h.

To extract DNA, a PrepSEQ® Rapid Spin preparation kit was used according to the manufacturer's instructions. Enriched dilutions (750 µL) were placed in spin columns and centrifuged at 12,000 x g for 3 min. The supernatant was discarded, 50 µL lysis buffer were added, and the pellets formed were homogenized. After incubation at 95 °C for 12 min, samples were allowed to cool at room temperature and centrifuged at 12,000 x g for 1 min. Finally, 250 µL nuclease-free water were added to all samples for homogenization and centrifugation at 12,000 x g for 2 min. The supernatant containing the DNA was used to identify *Salmonella* spp. by qPCR.

To detect *Salmonella* spp., a MicroSEQ® *Salmonella* spp. detection kit was used according to the manufacturer's instruction. The DNA samples (30 µL) were placed into tubes containing lyophilized beads and carefully mixed. Afterwards, a qPCR was carried out using a 7500 Fast real-time PCR system (Applied Biosystems®) and validated with an internal positive control (IPC) analyzed with each sample. Pathogen detection negative control was used as negative

## Material y Métodos

Se recolectaron muestras de carnes de bovino provenientes de rastros "TIF" (n=10) y muestras de carnes provenientes de rastros "No-TIF" (n=10) en diferentes supermercados de reconocido prestigio; además en carnicerías locales se colectaron muestras de carne (carnes populares) "No-TIF" (n=10). Todos los establecimientos estuvieron localizados en la ciudad de Tepic, Nayarit México. Las muestras fueron llevadas al laboratorio en condiciones asépticas (bolsas estériles y en cadena de frío) y procesadas inmediatamente.

Las muestras se procesaron de acuerdo con el flujo de trabajo de NF Validation™ por Applied Biosystem®. Para esto, 25 g de cada muestra se homogeneizó en 225 mL de caldo tetratiónato (caldo TT) (BD Bioxon®, México) en un homogeneizador stomacher (BagMixer® 400W, France) a velocidad constante (8 golpeteos/s) durante 1 minuto y se incubaron durante 20 h a 37 °C; posteriormente, las muestras enriquecidas se diluyeron con agua peptonada (15 g/L) (BD Bioxon®, México) manteniendo una proporción de 1:9 y se incubaron durante 20 h a 37 °C.

Para la extracción de DNA se siguieron las instrucciones de "PrepSEQ® Rapid Spin Sample Preparation Kit". Para esto, se colocaron 750 µL de cada dilución enriquecida en columnas de filtración y se centrifugaron a 12,000 xg durante 3 minutos, posteriormente se descartó el sobrenadante y se agregaron 50 µL de solución de lisis, se homogeneizaron los *pellets* previamente formados y se incubaron las muestras a 95 °C durante 12 minutos. Las muestras se llevaron a temperatura ambiente y se centrifugaron a 12,000 xg por 1 minuto. Por último, se agregaron 250 µL de agua libre de nucleasas a cada una de las muestras se homogeneizaron y se centrifugaron a 12,000 xg por 2 minutos. El sobrenadante conteniendo el DNA se utilizó para identificar a *Salmonella* spp. por la técnica de qPCR.

Para la detección de *Salmonella* spp. se siguieron las instrucciones de MicroSEQ® *Salmonella* spp. Detection Kit. Se colocaron 30 µL de las muestras de DNA en cada tubo conteniendo perlas liofilizadas, posteriormente se mezclaron cuidadosamente y se prosiguió con la qPCR, utilizando el equipo 7500 Fast Real-Time PCR Instrument (Applied Biosystem®). Para validar la reacción de qPCR, se contó con un control positivo interno (IPC), el cual fue analizado de forma paralela con cada una de las muestras. Como control negativo, se utilizó "Pathogen Detection Negative Control". Mientras que como control positivo

control while a *Salmonella* spp. culture (0.5 McFarland standard) was used as positive control.

Results were qualitatively interpreted as absence or presence of *Salmonella* using RapidFinder™ Express software. The Ct values (amplification threshold cycle) obtained were considered semiquantitative regarding contamination by *Salmonella* spp. in the positive samples.

The qualitative data obtained were analyzed from their relative frequencies using a chi-squared test. Semiquantitative data were analyzed with a Kruskal-Wallis, Dunn's subtest. Data were analyzed with GraphPad Prism v6.0 (GraphPad software, Inc. USA). Statistical significance was considered when  $p < 0.05$ .

## Results and Discussion

After the comparative analysis, there was no statistical difference ( $p > 0.05$ ) between TIF and non-TIF samples (5/10 vs 7/10) from supermarkets regarding the presence of *Salmonella* spp. However, the bacteria were detected in 100 % of the samples acquired at local butchers (Figure 1).

The lack of significant difference between TIF and non-TIF beef suggests that the critical control and contamination prevention points followed in supermarkets are key to lowering the risks related to safety. In addition, TIF slaughterhouses make sure to follow processes that include animal comfort and sacrifice, as well as beef storage (FIRCO, 2017). Therefore, the fact that non-TIF beef distributed in supermarkets has a similar degree of contamination to that of TIF beef indicated that handling at final distribution points is of great importance. Contrastingly, there is high contamination in the beef from local butchers, commercial outlets that usually lack a program of hygiene practices to handle foods, such as temperature control and other safety measures (rodent control and other vectors).

On the other hand, the amplification threshold cycle (Ct) was one of the most relevant parameters in this investigation since it is inversely proportional to the concentration of the pathogen's DNA; therefore, it

externo al kit, se utilizó un cultivo de *Salmonella* spp. con una densidad bacteriana de 0.5 en la escala de McFarland.

Los resultados fueron cualitativamente interpretados como: ausencia o presencia de *Salmonella* según el RapidFinder™ Express Software utilizado. Mientras que los valores de Ct (ciclo umbral de amplificación) obtenidos fueron considerados como un valor semicuantitativo del grado de contaminación por *Salmonella* spp. en las muestras positivas.

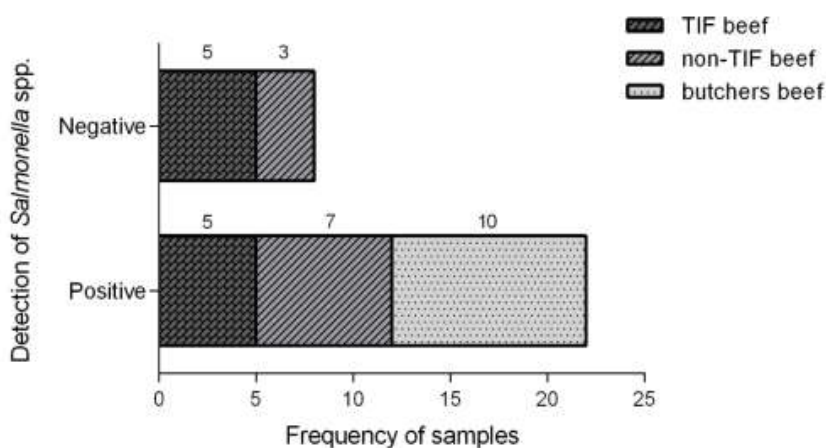
Los datos cualitativos obtenidos, se analizaron a partir de sus frecuencias relativas, utilizando una prueba de chi-cuadrada, mientras que los datos semi-cuantitativos se analizaron aplicando la prueba de Kruskal-Wallis, subprueba de Dunn. Se utilizó el software GraphPad Prism Version 6.0 (GraphPAD Software, Inc. USA). Se consideró una significancia estadística con un valor de  $p < 0.05$ .

## Resultados y Discusión

Al realizar el análisis comparativo, se observó que no existe diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ) en la presencia de *Salmonella* spp. entre la proporción de muestras "TIF" y "No-TIF" (5/10 vs 7/10) obtenidas en supermercados; no obstante, la presencia de *Salmonella* spp. fue detectada en el 100 % de las muestras adquiridas en carnicerías locales (Figura 1).

La no diferencia significativa entre la carne "TIF" y "No-TIF", sugiere que los puntos críticos de control y prevención de la contaminación que se contemplan en los supermercados son importantes para disminuir riesgos relacionados con la inocuidad. De esta manera, si bien en los rastros "TIF" se vigilan procesos que incluyen, entre otros, el confort animal, métodos de sacrificio del animal y almacenamiento de la carne (FIRCO, 2017), el hecho de que la carne "No-TIF" que se distribuye a través de supermercados tenga una proporción de contaminación similar a la carne "TIF", indica que la manipulación en los puntos de distribución final es muy importante. Lo que contrasta con la alta contaminación detectada en la carne proveniente de carnicerías locales (carnes populares), establecimientos que no suelen contar con un programa de prácticas de higiene para el proceso de alimentos, como es el control de la temperatura y otras medidas básicas de inocuidad del producto (control de roedores y otros vectores).

Por otra parte, un parámetro que se consideró importante en esta investigación, fue el valor del ciclo umbral de amplificación (Ct), ya que éste es inversamente proporcional a la concentración de DNA del patógeno y por lo tanto puede tomarse como una medida indirecta del grado de contaminación de la carne. En este sentido,



**Figure 1. Frequency of TIF and non-TIF beef samples with *Salmonella* spp. commercialized in Tepic, Nayarit (Mexico).** Frequency values were compared by chi-squared test. Different letters in each group indicate a significant statistical difference  $p < 0.05$ .

**Figura 1. Frecuencia de muestras con presencia de *Salmonella* spp. en carnes TIF y carnes No-TIF comercializadas en la Ciudad de Tepic Nayarit, México.** Los valores de frecuencia fueron comparados a través de la prueba de Chi-cuadrada. Letras diferentes en cada grupo, indican diferencia estadísticamente significativa  $p < 0.05$ .

can be considered an indirect measure of the degree of contamination in the beef. Additionally, the data distribution obtained from TIF beef was very close to the limit value of Ct established for the negative samples ( $Ct > 35$ ). Five of these samples even showed Ct values above this value and were then considered negative samples. The remaining five samples of TIF beef were positive to *Salmonella* spp., while only one of the samples showed a Ct value of 21.90, the other 4 showed Ct values just below 35 (Figure 2) and were therefore slightly contaminated with *Salmonella* spp. Less sensitive techniques could even consider these samples as negative (false negatives).

On the other hand, the median of non-TIF beef distributed in supermarkets was 27.03 and only 3 samples were above the cut-off point (negative samples). The 10 samples from local butchers were below the cut-off point, 100 % of them positive to *Salmonella* spp., and the median was 21.69 (Figure 2).

A study by Narváez-Bravo *et al.* (2013) reported the presence of *S. enterica* in 49.2 % of pre-gutted beef but only in 6 % of it by the end of the process. This stresses

la distribución de los datos obtenidos para la carne "TIF" estuvieron muy cercanos al valor límite de Ct establecido para muestras negativas ( $Ct > 35$ ), incluso 5 de estas muestras presentaron valores de Ct por arriba de este valor (por lo que se consideraron muestras negativas), las 5 muestras restantes de carne TIF, fueron positivas a la presencia de *Salmonella* spp., pero sólo 1 de las muestras presentó un valor de Ct de 21.90, las 4 restantes presentaron valores de Ct apenas por debajo de 35 (Figura 2), por lo que se considera que el grado de contaminación por *Salmonella* spp. en este tipo de carne es bajo; incluso es probable que, por técnicas menos sensibles, estas muestras pudieran considerarse como negativas (falsos negativos).

Por otra parte, para la carne "No-TIF" distribuida en supermercados, el valor de la mediana fue de 27.03 y sólo 3 muestras estuvieron por arriba del punto de corte (muestras negativas); mientras que, en la carne proveniente de comercios locales, las 10 muestras estuvieron por debajo del punto de corte (100 % de las muestras fueron positivas a la presencia de *Salmonella* spp.), siendo el valor de la mediana de 21.69 (Figura 2).

En un estudio realizado por Narváez-Bravo *et al.* (2013), se reportó una prevalencia de *S. enterica* en carne pre-



samples reached 36 %. The most common *S. enterica* serotypes were: Derby (29.6 %), London (16.8 %), Give (7.3 %), Anatum (7.0 %), Agona (6.7 %), and Infanti (5.1 %).

Additionally, several research groups have carried out microbiological monitoring of beef commercialized in several states of Mexico, as Tabasco, Mexico City, Hidalgo, Jalisco, and Nuevo Leon. Samples positive to *Salmonella* spp. were reported to reach 1.2 % – 30 % (Esquivel-Hernández & Nava-Morales, 2017).

Besides the probable health risks that beef contamination poses, there is a lack of international consensus on the methods to detect the microorganism. In this context, manual or automatized microbiological methods (based on biochemical profile samples) are used for routine determinations in Mexico, even though molecular methods based on the identification of gene fragments have proven to be more sensitive and specific. This has been demonstrated in the study by Yañez *et al.* (2008), which reports up to 20 % difference in detection limits between qPCR and a traditional method. The molecular method yielded results in 24 h, while results were obtained in 4 days following the traditional method. Also, molecular strategies allow for developing methods based on multiplex PCR, for the simultaneous detection and quantification of several pathogens in a faster way (García-López *et al.*, 2009).

According to the results obtained in the present research work, the degree of contamination with *Salmonella* spp. in TIF beef was lower, both in number of samples and Ct values, as compared against the other two groups. Alarmingly, 50 % of the TIF samples were contaminated with *Salmonella*, which indicates that consumption of TIF beef does not ensure security and safety of the products. However, this investigation cannot identify whether the contamination with *Salmonella* spp. in this type of beef originates from the TIF slaughterhouse or the final handling of the product.

## Conclusion

From the results of the present work, we can conclude that the *Salmonella* spp. was identified in the

carne la prevalencia de muestras positivas para *Salmonella*, fue desde 2.5 %, hasta productos con una prevalencia de contaminación de 36 %; Los serotipos de *S. enterica* más comunes fueron: Derby (29.6 %), London (16.8 %), Give (7.3 %), Anatum (7.0 %), Agona (6.7 %) e Infanti (5.1 %).

Por otra parte, diversos grupos de investigación han realizado monitoreos microbiológicos en carne de res que se comercializa en varios estados de México, como: Tabasco, Ciudad de México, Hidalgo, Jalisco y Nuevo León, en todos los casos se reportaron muestras positivas a *Salmonella* spp, con valores de 1.2 % – 30 % de muestras positivas (Esquivel-Hernández & Nava-Morales, 2017).

Además de los potenciales riesgos a la salud que representa la contaminación de la carne, existe el problema de la falta de consenso internacional sobre métodos de detección de este microorganismo. En este contexto, en México, para determinaciones de rutina aún se siguen utilizando métodos manuales o automatizados de microbiología (basados en pruebas de perfil bioquímico). No obstante, los métodos moleculares, basados en identificación de fragmentos génicos han demostrado mayor sensibilidad y especificidad. Tal como lo demuestra un estudio publicado por Yañez *et al.* (2008), en el cual reportan hasta 20 % de diferencia en los límites de detección entre el método de qPCR vs método convencional, además que con el método molecular se obtuvieron resultados en 24 h, mientras que, con el método convencional, los resultados se obtuvieron en 4 días. Por otra parte, las estrategias moleculares permiten desarrollar métodos basados en PCR multiplex, los cuales permiten detectar y cuantificar varios patógenos simultáneamente y de una manera mucho más rápida (García-López *et al.*, 2009).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, el grado de contaminación por *Salmonella* spp. en la carne "TIF", resultó ser menor (tanto en número de muestras, como en valor de Ct) en comparación con los otros dos grupos. Resulta alarmante que el 50 % de las muestras TIF resultaron contaminadas con *Salmonella*, lo cual indica que el consumir carne "TIF" no es sinónimo de seguridad e inocuidad del producto; sin embargo, esta investigación no permite identificar si la contaminación por *Salmonella* spp. de este tipo de carne se genera en el rastro "TIF" o bien durante la manipulación final del producto.

## Conclusion

A partir de los resultados del presente trabajo de investigación, se puede concluir que se identificó la presencia de *Salmonella* spp. en los tres grupos de

three groups of beef analyzed. Still, TIF beef exhibited the highest contamination with these bacteria potentially pathogenic to humans.

carne analizadas, sin embargo, las carnes TIF fueron las que presentaron menor contaminación con esta bacteria potencialmente patógena para el humano.

## References

- Hernández-San Juan S., Zuñiga Estrada A., Sánchez Ortega I., Castro Rosas J., Román Gutierrez A.D., and Santos-López E. M (2007). Microbiological conditions during the slaughter process at a municipal slaughterhouse in Hidalgo, Mexico. *Veterinaria Mexico* OA. 38(2): 187-194. <http://veterinariamexico.unam.mx/index.php/vet/article/view/175>
- Esquivel-Hernández Y. & Nava-Morales G. M. (2017). Carne y Subproductos como Vehículo de *Salmonella* entérica en México. 72-83. En: Lugo-Melchor, O.Y., Alvarado-Osuna, C., Ramirez-Cerda E.L. Inocuidad y Trazabilidad de los alimentos mexicanos. Ed. CIATEJ [https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion\\_5c9cee7713603.pdf#page=73](https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5c9cee7713603.pdf#page=73)
- Fachmann M.S.R., Löfström C., Hoorfar J., Hansen F., Christensen J., Mansdal S. and Josefsen M.H. (2017). Detection of *Salmonella enterica* in Meat in Less than 5 Hours by a Low-Cost and Noncomplex Sample Preparation Method. *Applied and Environmental Microbiology*. 15:83(5): e03151-16. <https://doi.org/10.1128/AEM.03151-16>
- FIRA (Fideicomisos Instituidos con Relación a la Agricultura) (Trusts in Relation to Agriculture) (2017). Bovine Meat. Panorama Agroalimentario, Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. [Agrifood Overview, Directorate for Research and Economic and Sectorial Evaluation]. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200639/Panorama\\_Agroalimentario\\_Carne\\_de\\_bovino\\_2017\\_1\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200639/Panorama_Agroalimentario_Carne_de_bovino_2017_1_.pdf)
- FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido). (2016). ¿Sabes que es un Rastro Tipo Inspección Federal? Gobierno de México. <https://www.gob.mx/firco/articulos/sabes-que-es-un-rastro-tipo-inspeccion-federal?idiom=es>
- FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido). (2017). ¿Conoces el proceso del ganado dentro de un Rastro TIF? Gobierno de México. <https://www.gob.mx/firco/es/articulos/conoces-el-proceso-del-ganado-dentro-de-un-rastro-tif?idiom=es>
- García-López E., Salud Rubio Lozano Ma., Alonso Morales R. A., Gayosso Vazquez A., Miranda Castro S. P., Nicoli Tolosa M, and Núñez Espinosa J. F. (2009). Multiplex DNA amplification to detect *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. in bovine carcasses. *CyTA - Journal of Food*, 7(1): 31-36, <https://doi.org/10.1080/11358120902850651>
- Kumar A., Allison A., Henry M., Scales A. and Fouladkhah A.C. (2019). Development of Salmonellosis as Affected by Bioactive Food Compounds. *Microorganisms*. 7(9): e364. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7090364>
- Narváez-Bravo C. Miller M.F., Jackson T., Jackson S., Rodas-González A., Pond K., Echeverry A. and Brashears M. (2013). *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 Prevalence in Cattle and on Carcasses in a Vertically Integrated Feedlot and Harvest Plant in Mexico. *Journal of Food Protection*. 76(5): 786-795. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-079>
- NOM-114-SSA1-1994 (Norma Oficial Mexicana). (1994). Diario Oficial de la Federación. Bienes Y Servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en Alimentos. DOF: 22 sep 1995. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/114ssa14.html>
- NOM-213-SSA1-2002 (Norma Oficial Mexicana). (2002). Diario Oficial de la Federación. Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. DOF: 3 abril 2019. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/213ssa102.html>
- Parrilla M.C., Saldade-Castañeda C.O. and Nicoli-Tolosa L.M. (2014) Incidencia de *Salmonella* en productos cárneos. *Salud Pública de México*. 20(5): 569-574. <http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/1015>
- Pérez-Montaño JA, Gonzalez-Aguilar D, Barba J, Pacheco-Gallardo C, Campos-Bravo CA, García S, Heredia NL, and Cabrera-Díaz E. (2012). Frequency and antimicrobial resistance of *Salmonella* serotypes on beef carcasses at small abattoirs in Jalisco State, Mexico. *Journal of Food Protection*. 75(5): 867-73. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-423>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2018). [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2018/Agricultural-Atlas-2018](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Agricultural-Atlas-2018)



- SINAVE (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiología). (2018). Boletín epidemiológico Semana 52. Secretaría de Salud. 52(35). <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/425972/sem52.pdf>
- SINAVE (Sistema Nacional de Vigilancia). (2019). Boletín epidemiológico Semana 42. Secretaría de Salud. 42(36). <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/504487/sem42.pdf>
- USDA-FAS (United States Department of Agriculture-Foreign Agricultural Service). (2018). Mexico, Livestock and Products Annual.
- Yañez E., Máttar S and Durango A. (2008). Determinación de Salmonella spp. por PCR en tiempo real y método convencional en canales de bovinos y en alimentos de la vía pública de Montería, Córdoba. *Asociación Colombiana de Infectología*. 12(4): 246-254. <http://www.scielo.org.co/pdf/inf/v12n4/v12n4a03.pdf>