

Evaluación microbiológica del camarón comercial del noroeste de México

Microbiological evaluation of commercial shrimp from northwestern Mexico

Francisco Cadena-Cadena^a, Alba R. Ochoa-Meza^a, Joe L. Arias-Moscoso^{a*}, Leandris Argente-Martínez^a, Ofelda Peñuelas-Rubio^a, Odilia A. Higuera-Barraza^a

Abstract:

Shrimp is a high-value food and of great economic importance in northwestern Mexico; however, its perishability makes it susceptible to bacterial contamination under inadequate handling conditions. This study evaluated 420 shrimp samples sold in Sonora in 2024 and detected coliforms (45%), *Vibrio* (32%), and *Salmonella/Shigella* (23%). Open-air markets recorded the highest contamination levels (47%), followed by unrefrigerated fish markets (33%) and supermarkets (19%). Contamination also increased during the warmer months (June-July), associated with high temperatures. The results demonstrate that hygiene, refrigeration, and post-capture handling are key factors in microbiological quality, underscoring the need to strengthen good practices to reduce public health risks.

Keywords:

Shrimp, *Salmonella/Shigella*, *Vibrio*, Coliforms, food safety.

Resumen:

El camarón es un alimento de alto valor nutricional y gran importancia económica en el noroeste de México; sin embargo, su carácter perecedero lo hace susceptible a la contaminación bacteriana en condiciones inadecuadas de manejo. Este estudio evaluó 420 muestras de camarón comercializadas en Sonora durante 2024 y detectó coliformes (45%), *Vibrio* (32%) y *Salmonella/Shigella* (23%). Los niveles más altos de contaminación se registraron en mercados al aire libre (47%), seguidos de pescaderías no refrigeradas (~33%) y de supermercados (19%). Además, se observó un incremento en los meses cálidos (junio-julio), asociado a las altas temperaturas. Los resultados evidencian que la higiene, la refrigeración y el manejo postcaptura son factores clave en la calidad microbiológica, por lo que es necesario fortalecer las buenas prácticas para reducir riesgos a la salud pública.

Palabras Clave:

Camarón, *Salmonella/Shigella*, *Vibrio*, coliformes, inocuidad alimentaria.

1. Introducción

Los productos pesqueros constituyen una parte importante de la alimentación humana por su alto valor nutricional. En general, aportan proteínas de alta calidad, así como vitaminas y minerales esenciales para los seres humanos [1]. Entre estos alimentos, el camarón destaca por su sabor, textura y valor nutricional, lo que lo convierte en uno de los

productos del mar más consumidos en muchas regiones del mundo. Además de su importancia alimentaria, el camarón tiene un gran valor económico en países con actividad pesquera y acuícola [2,3]. La producción de camarón es una de las actividades pesqueras más importantes del noroeste de México. Estados como Sonora, Sinaloa y Nayarit concentran la mayor producción a nivel nacional, solo superados por Campeche y Tabasco.

^a Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Bacum-Sonora, Mexico; <https://orcid.org/0000-0001-5409-3909>, Fcadena.cadena@itvy.edu.mx; <http://orcid.org/0000-0001-8108-9876>, aochoa.meza@itvy.edu.mx; <https://orcid.org/0000-0002-0353-2251>, oleinismora@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7782-3246>, openuelas.rubio@itvy.edu.mx; ohiguera.barraza@itvy.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0003-4030-129X>

^{a*} <http://orcid.org/0000-0002-2548-4625>, jarias.moscoso@itvy.edu.mx

En el caso de Sonora, el cultivo y la comercialización del camarón generan empleo y contribuyen de manera importante a la economía regional. Gran parte de esta producción se distribuye en mercados locales, supermercados y tianguis, donde el producto es adquirido directamente por los consumidores [4].

Sin embargo, al tratarse de un alimento altamente perecedero, el camarón puede ser susceptible a la contaminación por microorganismos si no se maneja bajo condiciones adecuadas de higiene y refrigeración [5]. Durante las etapas de captura, transporte, almacenamiento y venta, el producto puede entrar en contacto con diversas fuentes de contaminación. Factores como la manipulación inadecuada, la exposición a temperaturas elevadas o la falta de limpieza en superficies y utensilios pueden favorecer la presencia y el crecimiento de bacterias [6].

Entre los microorganismos que con mayor frecuencia se encuentran asociados a productos marinos se encuentran las bacterias del género *Vibrio* [7]. Estas bacterias viven de forma natural en ambientes marinos y estuarinos, por lo que su presencia en organismos acuáticos, como peces, moluscos y crustáceos, es relativamente común. Algunas especies de este género, como *Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio cholerae*, pueden causar enfermedades gastrointestinales en humanos al consumir alimentos contaminados o mal cocidos. Por esta razón, el monitoreo microbiológico de productos pesqueros es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria [2,8]. Además de los *vibrios*, otros microorganismos pueden indicar problemas de higiene en la manipulación de alimentos. Entre ellos se encuentran las bacterias coliformes, que se utilizan como indicadores de contaminación y de posibles fallas en las condiciones sanitarias. Bacterias patógenas como *Salmonella/Shigella* y *Escherichia coli* pueden aparecer en alimentos cuando existen prácticas inadecuadas de manejo, transporte o almacenamiento [6,7].

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar la presencia de bacterias en camarón comercializado en el mercado minorista de Sonora. El camarón es un producto ampliamente distribuido y

comercializado, ya que esta región actúa como un importante centro de redistribución. Por ello, resulta fundamental asegurar que su producción y comercialización garanticen alimentos inocuos y de calidad.

2. Materiales y métodos

Con el propósito de evaluar la presencia de bacterias asociadas a enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y la falta de higiene de los alimentos en camarón destinado al consumo humano, se realizó un estudio descriptivo de diseño transversal durante el año 2024. Esta aproximación metodológica permite caracterizar el estado microbiológico de los alimentos disponibles en el mercado en un período definido [6].

2.1 Recolección de muestras

Se recolectaron un total de 420 muestras de camarón durante el período de estudio, cada una con un peso aproximado de 100 g, procedentes de distintos establecimientos de venta al menudeo. La selección de las unidades de muestreo se realizó mediante un muestreo no probabilístico, esta estrategia es frecuentemente empleada en estudios exploratorios orientados a evaluar la calidad microbiológica de alimentos disponibles en los distintos puntos de comercialización [6]. Cada muestra fue colocada individualmente en bolsas de plástico estériles debidamente identificadas, con el fin de prevenir la contaminación cruzada y garantizar la integridad de las muestras durante el proceso de recolección [2,9]. El traslado al laboratorio se realizó en condiciones de refrigeración, manteniendo las muestras a una temperatura entre 2 y 4 °C mediante un sistema hielo-producto-hielo, lo que permitió preservar la estabilidad microbiológica del producto hasta su procesamiento.

La recolección de las muestras se realizó en tres tipos de establecimientos, con una distribución equitativa de 140 unidades de análisis en supermercados, 140 en pescaderías no refrigeradas y 140 en mercados al aire libre (tianguis). Con el propósito de minimizar posibles sesgos derivados de diferencias en la intensidad de muestreo entre los distintos puntos de venta, se

estandarizó la obtención de especímenes a una cantidad fija de 11 por establecimiento al mes. La frecuencia de aislamiento bacteriano se expresó como porcentaje de positividad respecto del total de muestras analizadas. El porcentaje de positividad se calculó mediante la fórmula:

$$\text{Positividad}(\%) = \frac{\text{Numero de muestras positivas}}{\text{Numero total de muestras}} \times 100$$

Se analizaron un total de 420 muestras, determinándose la presencia de bacterias de importancia sanitaria pertenecientes a los grupos coliformes, *Vibrio* spp. y *Salmonella/Shigella*. Los resultados se expresaron como frecuencia absoluta (n) y frecuencia relativa (%).

2.2 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó conforme a la NOM-210-SSA1-2014 mediante un esquema secuencial de enriquecimiento, aislamiento selectivo, caracterización bioquímica y confirmación serológica/molecular. Para coliformes y *Escherichia coli*, se procesaron 10 g de muestra en 90 mL de agua peptonada alcalina (1:10, p/v) mediante un homogeneizador de tejidos portátil D-160 (8000 rpm, 1 min) y se dejó reposar durante 1 h. Se realizaron diluciones seriadas (10^{-2} – 10^{-3}) e inoculación en caldo lactosado. Se incubó a 37 °C durante 24 h. Los tubos con gas y turbidez se confirmaron mediante siembra en agar MacConkey y en EMB. Los aislamientos presuntivos se caracterizaron mediante pruebas bioquímicas estándar (TSI, LIA, MIO, citrato, ureasa, O/F) [10].

El aislamiento de *Salmonella* spp. y *Shigella* spp. se efectuó a partir de colonias en XLD, SSA y MacConkey, con subcultivo en TSI y LIA (a 35 °C durante 24 h). La identificación de *Salmonella* spp. se basó en perfiles TSI/LIA y en una batería bioquímica complementaria (oxidasa, indol, ureasa, citrato, motilidad, descarboxilación de lisina/ornitina/arginina, producción de gas a partir de glucosa, fermentación de dulcitol, sorbitol, arabinosa, ramnosa, trehalosa, salicina, malonato y pruebas de Voges–Proskauer y de rojo de metilo).

La identificación de *Shigella* spp. se realizó mediante el esquema de Farmer et al., basado en oxidasa, indol, ureasa, citrato, motilidad, ornitina, lisina, utilización de acetato de sodio y fermentación de manitol. Los aislamientos presuntivos de *Salmonella/Shigella* se subcultivaron en agar nutritivo inclinado y en TSB para su conservación y la realización de pruebas complementarias. La confirmación serológica de *Salmonella* se realizó mediante aglutinación en portaobjetos con antiseros O polivalentes y, posteriormente, mediante tipificación con antiseros monovalentes. La confirmación de *Shigella* se efectuó mediante aglutinación en lámina con antiseros específicos (A–D: *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii*, *S. sonnei*) [11].

Para *Vibrio* spp., 25 g de muestra se homogeneizaron en 225 mL de agua peptonada alcalina al 3% (p/v) y se incubaron a 37 °C durante 24 h. El cultivo enriquecido se inoculó en agar TCBS suplementado con 2,5% de NaCl e incubó a 37 °C durante 18–24 h. Colonias presuntivas se seleccionaron por morfología típica y se confirmaron mediante tinción de Gram y re-aislamiento en medios nutritivos con NaCl [12]. La confirmación de *Vibrio* spp. se realizó mediante PCR. El ADN se obtuvo mediante lisis térmica (95–99 °C, 10–15 min) y centrifugación. La detección de género se realizó mediante la amplificación del gen 16S rDNA con primers universales. La identificación a nivel de especie se realizó mediante primers específicos para *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus* y *V. cholerae*. Los amplicones se validaron mediante análisis BLAST en la base de datos NCBI [13].

2.3 Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva e inferencial. La frecuencia de muestras positivas se expresó como porcentaje del total de muestras analizadas. Las diferencias en la proporción de muestras positivas entre los tipos de establecimientos (supermercados, pescaderías no refrigeradas y mercados al aire libre) se evaluaron mediante pruebas de chi-cuadrado (χ^2) de independencia. Para comparar la frecuencia de detección de los diferentes grupos bacterianos (*Salmonella/Shigella*, coliformes y *Vibrio*) entre establecimientos, se realizaron análisis de tablas de

contingencia 3×3 mediante la prueba χ^2 . Cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó el análisis de residuos estandarizados para identificar las categorías responsables de la asociación observada.

La variación mensual en la frecuencia de detección bacteriana se evaluó mediante regresión lineal simple, considerando el porcentaje de muestras positivas como variable dependiente y el tiempo (en meses) como variable independiente. Adicionalmente, se calcularon intervalos de confianza al 95 % para las proporciones observadas. La magnitud de las asociaciones se estimó mediante el coeficiente V de Cramer. En todos los casos, se consideró significativa la diferencia estadística cuando $p < 0.05$. Los análisis se realizaron con IBM SPSS Statistics v.29 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

3. Resultados

3.1 Frecuencia de muestras positivas según el tipo de establecimiento

El análisis microbiológico de las muestras de camarón evidenció variaciones según el tipo de establecimiento de procedencia. Como se muestra en la Figura 1, los mercados al aire libre presentaron la mayor proporción de muestras positivas (47%), seguidos de las pescaderías no refrigeradas (33%), mientras que los supermercados registraron la menor proporción (19 %).

En el total de detecciones bacterianas, los coliformes representaron la fracción predominante ($n = 315$; 45 %), seguidos de *Vibrio* spp. ($n = 114$; 32 %) y *Salmonella/Shigella* ($n = 84$; 23 %) (Tabla 1). El número total de detecciones superó el de muestras debido a aislamientos múltiples en una misma unidad analizada.

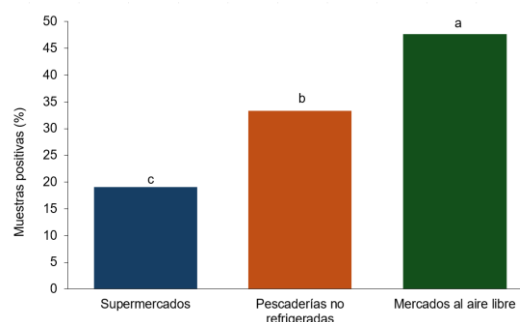


Figura 1. Porcentaje de muestras positivas de camarón según el tipo de establecimiento de venta. Las barras con letras distintas indican diferencias significativas entre los establecimientos (χ^2 , $p < 0.05$).

Tabla 1. Frecuencia de aislamiento de cada grupo bacteriano

Bacteria	n positivas	%
Coliformes	315	45
Vibrio	114	32
Salmonella/Shigella	84	23

Una misma muestra pudo resultar positiva para más de un grupo bacteriano, por lo que la suma de las frecuencias excede el número total de muestras positivas.

La distribución de coocurrencia bacteriana (Tabla 2) mostró que 164/420 muestras (39.0 %) no presentaron aislamiento de ninguno de los tres grupos evaluados, mientras que 256/420 (61.0 %) fueron positivas para al menos uno de ellos. La contaminación simple se observó en 129/420 (30.7 %), con predominio de coliformes (77; 18.3 %), seguidos de *Vibrio* spp. (32; 7.6 %) y *Salmonella/Shigella* (20; 4.8 %). La contaminación múltiple se registró en 127/420 (30.2 %), principalmente en las combinaciones coliformes + *Vibrio* spp. (11.9 %) y la codetección de los tres grupos (8.8 %), seguida de coliformes + *Salmonella/Shigella* (6.0 %) y *Vibrio* spp. + *Salmonella/Shigella* (3.6 %).

Tabla 2. Coincidencia de aislamientos bacterianos en las muestras

Combinación de aislamiento	n	%
Solo Coliformes	77	18.3
Solo <i>Vibrio</i> spp.	32	7.6
Solo <i>Salmonella/Shigella</i>	20	4.8
Coliformes + <i>Vibrio</i> spp.	50	11.9
Coliformes + <i>Salmonella/Shigella</i>	25	6.0
<i>Vibrio</i> spp. + <i>Salmonella/Shigella</i>	15	3.6
Coliformes + <i>Vibrio</i> spp. + <i>Salmonella/Shigella</i>	37	8.8
Negativas a las tres bacterias	164	39.0

3.2 Frecuencia de bacterias detectadas por tipo de establecimiento

El análisis de la presencia de bacterias específicas mostró variaciones significativas entre los distintos tipos de puntos de venta. En el caso de *Salmonella/Shigella*, los mercados al aire libre presentaron el valor más alto, con aproximadamente el 54 % de las muestras positivas. Las pescaderías no refrigeradas mostraron una frecuencia cercana al 35 %, mientras que los supermercados registraron la más baja, alrededor del 10 %.

En cuanto a los coliformes, se observó una distribución relativamente homogénea entre los establecimientos. Los mercados al aire libre presentaron aproximadamente 37 % de positividad, seguidos por las pescaderías no refrigeradas con cerca de 35 %, mientras que los supermercados mostraron alrededor de 28 % de muestras positivas. En el caso de *Vibrio*, los mercados al aire libre registraron nuevamente el mayor porcentaje, con aproximadamente 47 % de muestras positivas. Las pescaderías no refrigeradas presentaron valores cercanos al 35 %, mientras que los supermercados mostraron el porcentaje más bajo, de aproximadamente 18 %. En general, los resultados indican que la frecuencia de detección de las bacterias analizadas fue mayor en los mercados

al aire libre que en los demás puntos de venta evaluados.

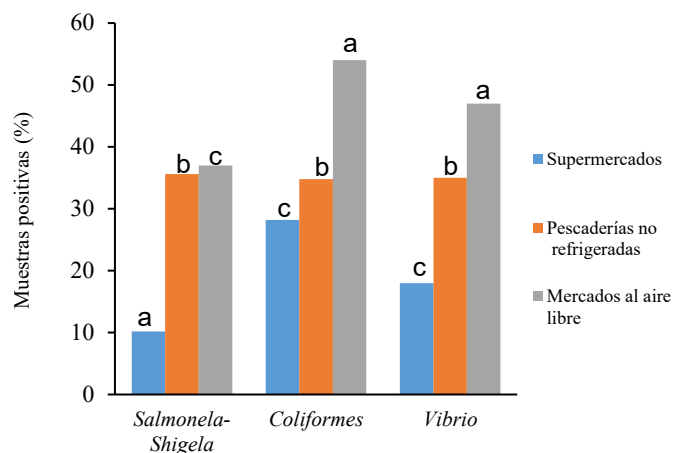


Figura 2. Frecuencia de bacterias detectadas en camarón comercializado en diferentes establecimientos. Barras con letras distintas dentro de cada grupo bacteriano indican diferencias significativas (χ^2 , $p < 0.05$).

3.3 Distribución general de bacterias identificadas

La distribución global de las bacterias detectadas en las muestras de camarón analizadas mostró que los coliformes representaron la mayor proporción de los aislamientos, con un 45 % del total. En segundo lugar, se identificó *Vibrio*, que representó el 32 % de las bacterias detectadas. Por su parte, *Salmonella/Shigella* representó el 23 % del total de los aislamientos obtenidos durante el análisis microbiológico. Estos resultados permiten observar la proporción relativa de los distintos grupos bacterianos identificados en las muestras evaluadas.

3.4 Contaminación microbiológica en camarón durante el año

La variación mensual de la frecuencia de detección de bacterias en las muestras analizadas se muestra en la Figura 4. Se observó una tendencia de incremento gradual en la presencia de los tres grupos bacterianos evaluados durante los primeros meses del año, con valores máximos en jun-jul, seguidos de una disminución progresiva hacia los últimos meses del año. En el caso de *Vibrio*, los porcentajes de detección oscilaron entre 28 % y 38

% a lo largo del año. Los valores más bajos se registraron en enero (28 %) y febrero (30 %), mientras que en los meses siguientes se observó un aumento gradual. El valor máximo se registró en julio (38%). Posteriormente, se observó una tendencia a la baja, hasta un 29 % en diciembre.

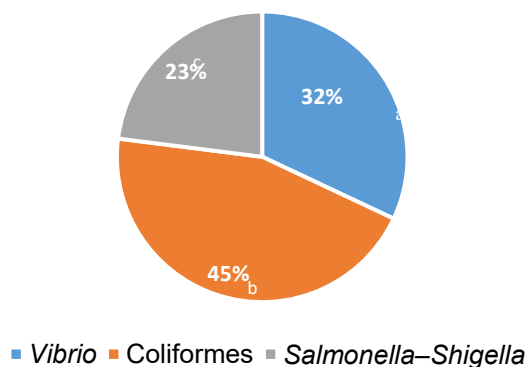


Figura 3. Distribución porcentual de las bacterias detectadas en muestras de camarón. Diferencias significativas entre los grupos bacterianos (χ^2 , $p < 0.05$).

Por otra parte, las bacterias coliformes presentaron los porcentajes más altos durante todo el periodo de estudio. Los valores iniciales fueron de 41% en enero, incrementándose progresivamente hasta 50% en julio y disminuyendo hasta 42% en noviembre y 42% en diciembre. En cuanto al grupo Salmonella/Shigella, se registraron las frecuencias más bajas entre los microorganismos evaluados, con valores que variaron entre 19 % y 26 %. Los porcentajes iniciales fueron de 19 % en enero, aumentando ligeramente hasta julio (26 %) y luego disminuyendo hasta 20 % en diciembre. Los resultados muestran que los valores máximos de detección bacteriana se registraron en verano, particularmente entre junio y julio, mientras que los niveles más bajos se observaron al inicio y al final del año.

4. Discusión

Los resultados del presente estudio muestran diferencias importantes en la frecuencia de contaminación bacteriana del camarón según el tipo de establecimiento en el que se comercializa. Se observó que los mercados al aire libre presentaron los porcentajes más altos de muestras positivas

para los microorganismos evaluados, seguidos por las pescaderías no refrigeradas, mientras que los supermercados mostraron los porcentajes más bajos. Este patrón sugiere que las condiciones de manejo, almacenamiento y conservación del producto desempeñan un papel determinante en la presencia y proliferación de bacterias asociadas a los productos pesqueros [2,14].

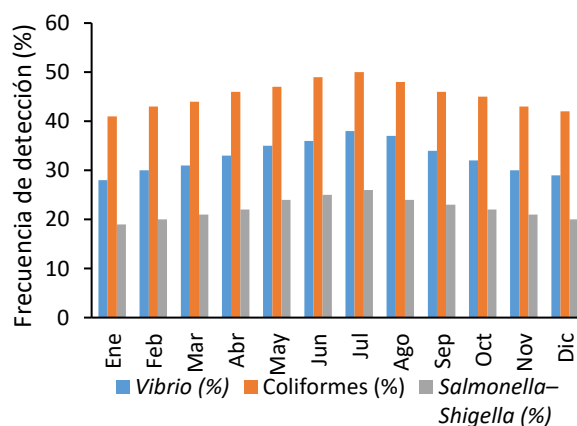


Figura 4. Variación mensual de bacterias indicadoras en muestras de camarón

Una limitación del presente estudio es el uso de un esquema de muestreo no probabilístico, lo que limita la extrapolación de los resultados a toda la población de camarón comercializado en la región. Sin embargo, el diseño permitió obtener una amplia cobertura anual, incluir diferentes sistemas de comercialización y realizar comparaciones consistentes de las condiciones microbiológicas observadas durante el periodo de estudio.

Uno de los hallazgos más relevantes es la mayor proporción de muestras positivas procedentes de mercados al aire libre. En este tipo de establecimientos, el camarón suele comercializarse en condiciones en las que la refrigeración es limitada o incluso inexistente, lo que favorece el crecimiento y la supervivencia de los microorganismos presentes en el producto. Resultados similares se obtuvieron para el crecimiento de *E. coli*, *V. alginolyticus* y *V. vulnificus* en mercados de Tailandia donde se encontró que los productos exhibidos en hielo son factores vinculados a un incremento en la probabilidad de contaminación por *Salmonella* [15].

La exposición del camarón a temperaturas ambientales relativamente altas, especialmente en regiones con climas cálidos como el noroeste de México, puede acelerar significativamente la multiplicación bacteriana [16]. Además, la manipulación constante del producto por parte de vendedores y consumidores, así como el contacto con superficies o utensilios que no siempre cuentan con condiciones óptimas de higiene, puede incrementar la carga microbiana presente en el alimento [17].

Las pescaderías no refrigeradas también mostraron porcentajes considerables de muestras positivas, aunque ligeramente inferiores a los de los mercados al aire libre. Esto podría explicarse por la aplicación ocasional de prácticas de conservación, como el uso de hielo o el almacenamiento temporal en contenedores relativamente frescos. Sin embargo, la falta de sistemas de refrigeración constantes limita la eficacia de estas medidas para mantener la calidad microbiológica del producto, de hecho, la disminución rápida de temperatura disminuye el riesgo de proliferación bacteriana [18]. En productos pesqueros frescos, el mantenimiento de la cadena de frío es un factor fundamental para preservar la inocuidad y evitar la proliferación de microorganismos [18,19]. Cuando el producto permanece durante largos periodos a temperaturas inadecuadas, se crean condiciones favorables para el crecimiento bacteriano [19]. Sin embargo, los supermercados presentaron el menor porcentaje de muestras positivas entre los tres tipos de establecimientos evaluados. Este resultado podría estar relacionado con la implementación de medidas de control sanitario más estrictas, así como con el uso continuo de sistemas de refrigeración durante el almacenamiento y la exhibición del camarón. En muchos supermercados y pescaderías refrigeradas, los productos pesqueros se mantienen en vitrinas refrigeradas o sobre camas de hielo que permiten conservar temperaturas más bajas, lo que contribuye a limitar el crecimiento de microorganismos [2,20]. Asimismo, estos establecimientos suelen operar bajo normativas sanitarias más estrictas y procesos de supervisión que buscan garantizar condiciones adecuadas de higiene y de manejo de alimentos. Se observó que el grupo de *Salmonella/Shigella* presentó los valores

más altos en los mercados al aire libre. La presencia de estos microorganismos en productos pesqueros puede asociarse a diversas fuentes de contaminación, como el agua utilizada en la captura, el procesamiento o el lavado de los productos. Asimismo, las prácticas de manipulación durante la comercialización pueden desempeñar un papel importante en su presencia. En entornos con condiciones sanitarias limitadas, el contacto del alimento con superficies contaminadas, utensilios de trabajo o manos de los manipuladores puede facilitar la transferencia de microorganismos al producto [20,21]. Por otra parte, los resultados de las bacterias coliformes mostraron una distribución más homogénea entre los distintos tipos de establecimientos, aunque con valores ligeramente superiores en mercados al aire libre y en pescaderías no refrigeradas. Las bacterias coliformes se utilizan comúnmente como indicadores de la calidad higiénica de los alimentos y del agua utilizada en su procesamiento. Su presencia en las muestras analizadas podría reflejar condiciones de manipulación que no siempre cumplen con estándares óptimos de higiene. Factores como el uso de agua no tratada para el lavado del producto, la manipulación directa del camarón sin medidas adecuadas de higiene o el contacto con superficies contaminadas pueden favorecer la presencia de este grupo bacteriano [5].

El análisis global de detección bacteriana (Tabla 1) y de coocurrencia (Tabla 2) evidencia un patrón consistente de contaminación mixta en las muestras evaluadas. La distribución de aislamientos indicó predominio de coliformes en el total de detecciones, seguidos de *Vibrio* spp. y *Salmonella/Shigella*, lo cual sugiere una carga microbiana dominada por indicadores de contaminación higiénico-fecal [22]. Sin embargo, la interpretación de estos valores debe considerarse en función de la coexistencia de múltiples microorganismos por unidad de muestra, lo que explica la discrepancia entre el número total de detecciones y el número de muestras analizadas. Sin embargo, la estructura de co-aislamientos (Tabla 2) muestra que únicamente el 39.0 % de las muestras no presentó aislamiento de los tres grupos bacterianos evaluados, mientras que el 61.0 % presentó al menos un grupo bacteriano. La contaminación múltiple (30.2 %) fue comparable a la

contaminación simple (30.7 %), lo que indica una alta frecuencia de co-presencia bacteriana [23]. Este comportamiento sugiere no solo exposición repetida a fuentes de contaminación, sino también condiciones de manejo que favorecen la persistencia simultánea de microorganismos de diferentes orígenes ecológicos, particularmente en las etapas postcaptura y durante la comercialización [23,24]. Las especies de *Vibrio* forman parte natural de los ecosistemas marinos y estuarinos, por lo que su presencia en productos del mar es relativamente común. Sin embargo, las condiciones de almacenamiento y la temperatura pueden influir de manera significativa en su proliferación. Cuando los productos pesqueros se mantienen a temperaturas elevadas durante periodos prolongados, las poblaciones de *Vibrio* pueden incrementarse considerablemente, lo que aumenta el riesgo asociado a su consumo [25].

Los coliformes representaron la mayor proporción del total de bacterias identificadas, seguidos por *Vibrio* y, finalmente, por *Salmonella/Shigella*. Este patrón podría estar relacionado con la capacidad de ciertos microorganismos para adaptarse y sobrevivir en distintos ambientes. Las bacterias coliformes, por ejemplo, presentan una gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales, lo que podría explicar su mayor frecuencia relativa en las muestras analizadas [26].

Las prácticas de manejo postcaptura también influyen significativamente en la calidad microbiológica del camarón. Durante el transporte, almacenamiento y comercialización, una manipulación inadecuada, superficies sucias, utensilios contaminados y fallas en el control de la temperatura pueden incrementar la carga bacteriana. Los productos del mar son especialmente susceptibles al crecimiento microbiano debido a su alto contenido de agua, proteínas y nutrientes. Por ello, la refrigeración inmediata tras la captura y el mantenimiento de la cadena de frío son medidas esenciales para garantizar la inocuidad del producto [5,20].

Los resultados también muestran variaciones temporales en la presencia de *Vibrio*, coliformes y *Salmonella/Shigella*, con una tendencia a aumentar en los meses cálidos y a disminuir en los fríos. Este

comportamiento sugiere que factores ambientales, como la temperatura y la humedad, pueden influir en la dinámica de la contaminación microbiológica del camarón durante su comercialización. En estudios recientes se encontró deficiencias en la estandarización del proceso, con solo el 52.0% de las muestras cumpliendo con la normativa de humedad [27].

En el caso de las bacterias del género *Vibrio*, se observó un aumento gradual desde los primeros meses del año hasta alcanzar su punto máximo en julio, seguido de una disminución en los meses posteriores. Este patrón coincide con lo reportado en diversos estudios sobre microbiología de productos marinos, donde se ha documentado que las especies de *Vibrio* presentan mayor abundancia durante periodos cálidos [28-30]. Esto se debe a que estos microorganismos forman parte natural de los ecosistemas marinos y estuarinos, y su proliferación se encuentra estrechamente relacionada con factores como la temperatura del agua, la salinidad y la disponibilidad de nutrientes [30].

De manera similar, las bacterias coliformes presentaron porcentajes elevados durante todo el periodo evaluado. La presencia de coliformes en alimentos suele interpretarse como un indicador de las condiciones higiénico-sanitarias durante el manejo, procesamiento y comercialización de los productos [14,18]. Los valores observados podrían reflejar deficiencias en las prácticas de manipulación, transporte o almacenamiento del camarón en los distintos puntos de venta. La exposición del producto a temperaturas inadecuadas, el contacto con superficies contaminadas o la manipulación constante del alimento son factores que pueden favorecer la introducción y proliferación de estos microorganismos [5,20]. Aunque la presencia de *Salmonella/Shigella* es menor, la detección de estos patógenos resulta relevante desde el punto de vista de la salud pública, ya que su presencia en los alimentos puede representar un riesgo para los consumidores. Las bacterias de los géneros *Salmonella* y *Shigella* se asocian con frecuencia con la contaminación de origen fecal o con prácticas inadecuadas de higiene en la manipulación de alimentos [31].

La mayor presencia de microorganismos en los meses cálidos sugiere una influencia estacional en la contaminación microbiológica del camarón. En regiones con climas cálidos, como el noroeste de México, las altas temperaturas ambientales pueden acelerar el crecimiento bacteriano, especialmente cuando el producto no se mantiene en condiciones adecuadas de refrigeración [19,20]. Esta situación es de suma importancia en mercados tradicionales o tianguis, donde el control de la temperatura y las condiciones de almacenamiento pueden ser más limitados que en establecimientos con sistemas de refrigeración más estrictos [19]. Otro aspecto que podría influir en los resultados observados es el aumento de la demanda y de la comercialización de productos pesqueros en determinadas épocas del año. Un mayor volumen de comercialización puede implicar una manipulación más frecuente del producto, lo que incrementa el riesgo de contaminación cruzada. Asimismo, el uso compartido de utensilios, la exposición de los alimentos al ambiente y la falta de prácticas adecuadas de higiene pueden favorecer la transferencia de microorganismos al camarón [14].

El presente estudio presenta algunas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, se empleó un esquema de muestreo no probabilístico, lo que limita la extrapolación de los hallazgos a toda la población de camarón comercializado en la región. Sin embargo, el diseño permitió lograr una amplia cobertura anual e incluir diversos sistemas de comercialización. Asimismo, los resultados se expresaron principalmente como frecuencia de detección de los microorganismos evaluados y no como recuentos microbiológicos (UFC/g o NMP/g), por lo que los datos permiten establecer la ocurrencia de contaminación, pero no cuantificar con precisión la carga microbiana presente en cada muestra. Estudios futuros deberían incorporar diseños de muestreo probabilísticos y análisis cuantitativos que permitan una evaluación más precisa del riesgo microbiológico asociado al consumo de camarón. Los resultados evidencian la necesidad de reforzar el control microbiológico a lo largo de toda la cadena de producción y comercialización del camarón. La implementación de buenas prácticas de manejo, el mantenimiento adecuado de la cadena de frío, la

limpieza de superficies y utensilios, así como la capacitación del personal son acciones clave para disminuir el riesgo de contaminación bacteriana. Son pocos los estudios que evidencian la presencia de bacterias potencialmente patógenas en camarón disponible en el mercado minorista, lo que permite identificar riesgos asociados a su consumo y fortalecer las estrategias de vigilancia sanitaria para garantizar la inocuidad de estos productos.

5. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en el análisis microbiológico del camarón comercializado en distintos puntos de venta, se pueden establecer que el tipo de establecimiento influye en la frecuencia de contaminación bacteriana, ya que los mercados al aire libre presentaron el mayor porcentaje de muestras positivas, seguidos por las pescaderías no refrigeradas, mientras que los supermercados mostraron los niveles más bajos de positividad y también las principales bacterias encontradas fueron los coliformes, el *Vibrio* y *Salmonella/Shigella* lo que muestra que el camarón comercializado puede estar expuesto a diferentes fuentes de contaminación durante las etapas de manipulación, almacenamiento y venta. La mayor proporción de coliformes sugiere posibles deficiencias en las condiciones higiénicas durante el manejo del producto. Lo que indica que las condiciones de conservación y la cadena de frío desempeñan un papel fundamental en la calidad microbiológica del camarón. Los establecimientos donde el producto se mantiene sin refrigeración constante presentan mayores porcentajes de contaminación, por lo que es necesario fortalecer las prácticas de higiene, manejo y conservación de productos pesqueros, especialmente en mercados tradicionales y pescaderías sin refrigeración, con el objetivo de mejorar la calidad microbiológica del camarón y reducir posibles riesgos para la salud pública.

Agradecimientos

Agradecemos al cuerpo académico consolidado ITVAYA CA3, a la Red Internacional BIOSECURANET y a los laboratorios de Pulsos

Ultrasonicos, Alimentos y Acuicultura por el apoyo brindado durante el desarrollo de este proyecto

Conflicto de intereses

Los autores declaramos no tener conflicto de intereses

Referencias

- Balami, S.; Sharma, A.; Karn, R. Significance of nutritional value of fish for human health. *Malaysian Journal of Halal Research* **2019**, *2*, 32-34.
- Hirshfeld, B.; Lavelle, K.; Lee, K.Y.; Atwill, E.R.; Kiang, D.; Bolkenov, B.; Gaa, M.; Li, Z.; Yu, A.; Li, X. Prevalence and antimicrobial resistance profiles of *Vibrio* spp. and *Enterococcus* spp. in retail shrimp in Northern California. *Frontiers in Microbiology* **2023**, *14*, 1192769.
- Duppeti, H.; Nakkarike Manjabbhatta, S.; Kempaiah, B.B. Flavor profile and role of macromolecules in the flavor generation of shrimp meat and valorization of shrimp by-products as a source of flavor compounds: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **2024**, *65*, 123-142.
- SIAP. Anuario estadístico de la producción agrícola. **2024**.
- Salama, Y.; Chennaoui, M. Microbial spoilage organisms in seafood products: pathogens and quality control. *Eur. J. Microbiol. Infect. Dis* **2024**, *1*, 66-89.
- Vega-Sánchez, V.; De Anda, F.R.G.; Velázquez, A.P.Z.; González, J.M.T.; Reyes-Rodríguez, N.E. Calidad microbiológica en muestras de camarón obtenidas en puntos de venta en Tulancingo, Hidalgo. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP* **2023**, *9*, 24-28.
- Pedrotti, M.L.; de Figueiredo Lacerda, A.L.; Petit, S.; Ghiglione, J.F.; Gorsky, G. *Vibrio* spp and other potential pathogenic bacteria associated to microfibers in the North-Western Mediterranean Sea. *PLoS One* **2022**, *17*, e0275284.
- Roy, P.K.; Roy, A.; Jeon, E.B.; DeWitt, C.A.M.; Park, J.W.; Park, S.Y. Comprehensive analysis of predominant pathogenic bacteria and viruses in seafood products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **2024**, *23*, e13410.
- Cando-Dumancela, C.; Davies, T.; Hodgson, R.J.; Liddicoat, C.; Peddle, S.D.; Watson, C.D.; Breed, M.F. A practical guide for restoration ecologists to manage microbial contamination risks before laboratory processes during microbiota restoration studies. *Restoration Ecology* **2023**, *31*, e13687.
- NOM-210-SSA1-2014, N.O.M. Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos. **2014**.
- Sandrea-Toledo, L.; Avila-Roo, Y.; Paz-Montes, A.; Corpas-Guerrero, C.; Petit-Capriles, K.; Ocampo-Vilchez, N. Salmonella y Shigella a partir de muestras fecales en la población Santa Rosa, Maracaibo-Venezuela. *Kasmera* **2007**, *35*, 127-136.
- Zhang, F.; Zhang, J.; Lin, G.; Chen, X.; Huang, H.; Xu, C.; Chi, H. Antibiotic resistance and genetic profiles of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from farmed Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Ningde regions. *Microorganisms* **2024**, *12*, 152, doi:<https://doi.org/10.3390/microorganisms12010152>.
- Arias-Moscato, J.L.; Cadena-Cadena, F.; Ochoa-Meza, A.R.; Argente-Martínez, L.; Peñuelas-Rubio, O.; Cuevas-Acuña, D.A.; Torres-Huaco, F.D.; Valdenebro-Gonzalez, M.N. Prevalence and antimicrobial resistance of *Vibrio* spp. in the shrimp retail trade in Northwest Mexico. *The Microbe* **2026**, 100674.
- Bolívar, A.; Costa, J.; Posada-Izquierdo, G.D.; Pérez-Rodríguez, F.; Bascón, I.; Zurera, G.; Valero, A. Characterization of foodborne pathogens and spoilage bacteria in mediterranean fish species and seafood products. *Foodborne Pathogens and Antibiotic Resistance* **2016**, 21-39.
- Atwill, E.R.; Jeamsripong, S. Bacterial diversity and potential risk factors associated with *Salmonella* contamination of seafood products sold in retail markets in Bangkok, Thailand. *PeerJ* **2021**, *9*, e12694.
- Shields, J.D. Climate change enhances disease processes in crustaceans: case studies in lobsters, crabs, and shrimps. *The Journal of Crustacean Biology* **2019**, *39*, 673-683.
- Armendariz Sanz, J.L. *Seguridad e higiene en la manipulación de alimentos* Ediciones Paraninfo, SA: 2017.
- García-Cortés, A.; Martínez-Martínez, E.; Fernández-Villanueva, G.; Torres-Valdez, A.Y.; Fagotti, F.; García-García, R.; de la Cruz Quiroz, R.; Torres, J.A. Absolute preservation indicator for the assessment of refrigeration performance based on dynamic temperature measurements and predictive microbiology. *Food Control* **2022**, *136*, 108891.
- Arriaga-Lorenzo, P.; Rodolfo, R.-V.; Arturo, M.-H.P.; Nazmín, T.-G.D.; Antonio, S.-J.L. Cold chain relevance in the food safety of perishable products. *Foods and Raw materials* **2023**, *11*, 116-128.
- Sheng, L.; Wang, L. The microbial safety of fish and fish products: Recent advances in understanding its significance, contamination sources, and control strategies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **2021**, *20*, 738-786.
- Akkaya, E.; Muratoglu, K.; Tarhan, D.; Ozsobaci, N.P.; Ercan, A.M.; Colak, H.; Hampikyan, H.; Bingol, E.B.; Or, M.E.; Andoni, E. Determination of heavy metal levels and assessment of *L. monocytogenes* and *Salmonella* spp. Presence in fishery products and mussels from the Marmara Region, Türkiye. *Toxics* **2025**, *13*, 153.
- Letchumanan, V.; Chan, K.-G.; Lee, L.-H. *Vibrio parahaemolyticus*: a review on the pathogenesis, prevalence, and advance molecular identification techniques. *Frontiers in microbiology* **2014**, *5*, 705.
- Khan, M.; Rahman, M.M.; Paul, S.I.; Lively, J.A. Detection of pathogenic bacteria in retail shrimp from Bangladesh. *Food Science & Nutrition* **2024**, *12*, 6379-6388.
- Letchumanan, V.; Yin, W.-F.; Lee, L.-H.; Chan, K.-G. Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from retail shrimps in Malaysia. *Frontiers in microbiology* **2015**, *6*, 33, doi:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00033>.
- Zeidler, C.; Szott, V.; Alter, T.; Huehn-Lindenbein, S.; Fleischmann, S. Prevalence of *Vibrio* spp. in seafood from German supermarkets and fish markets. *Foods* **2024**, *13*, 3987.
- Wani, A.K.; Akhtar, N.; Sher, F.; Navarrete, A.A.; Américo-Pinheiro, J.H.P. Microbial adaptation to different environmental conditions: molecular perspective of evolved genetic and cellular systems. *Archives of Microbiology* **2022**, *204*, 144.
- Fitriana, F.; Anuntawirun, S.; Roongrojmongkhon, N.; Dachsri, P.; Atwill, E.R.; Thiptara, A.; Jeamsripong, S. Exploring physicochemical property and food safety in dried shrimp production: Risks and mitigation strategies. *PLoS One* **2026**, *21*, e0342315.
- Sheikh, H.I.; Najiah, M.; Fadhlina, A.; Laith, A.A.; Nor, M.M.; Jalal, K.C.A.; Kasan, N.A. Temperature upshift mostly but not always enhances the growth of *Vibrio* species: a systematic review. *Frontiers in Marine Science* **2022**, *9*, 959830.
- Velez, K.E.C.; Leighton, R.E.; Decho, A.W.; Pinckney, J.L.; Norman, R.S. Modeling pH and temperature effects as climatic hazards in *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus* planktonic growth and biofilm formation. *GeoHealth* **2023**, *7*, e2022GH000769.
- Brumfield, K.D.; Chen, A.J.; Gangwar, M.; Usmani, M.; Hasan, N.A.; Jutla, A.S.; Huq, A.; Colwell, R.R. Environmental factors influencing occurrence of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus*. *Applied and environmental microbiology* **2023**, *89*, e00307-00323.
- Tusa, H.; Alemayehu, T.; Subussa, B.W.; Ayalew, H.; Ali, M.M. Hygienic practices of vendors and their contribution to coliform, *Salmonella*, and *Shigella* bacteria of raw milk at Asella Town, Oromia, Ethiopia. *International Journal of Food Science* **2024**, 2024, 8869022.