Revisión sistemática sobre la prevalencia, métodos de detección y estrategias de control de Norovirus en alimentos listos para el consumo humano

Autor:
Laura Fernanda Vanegas Rayo

Título por el que opta:
Microbióloga

Director:
M.Sc Alexís Gafáro Montejo

Grupo de Investigación:
GIMIA

Línea de Investigación:
Microbiología Ambiental

Facultad de Ciencias Básicas
Programa de Microbiología
Universidad Santiago de Cali
Santiago de Cali - Colombia
2026

IMPACTOS

Relacione el (los) impacto(s) que presentó el Trabajo de Grado según los siguientes criterios:

IMPACTO	PRODUCTO	BENEFICIARIO(S)
Económico	Documento de análisis que fundamenta la necesidad de estrategias de control para reducir la carga económica en salud pública asociada a los brotes de gastroenteritis y las pérdidas por incapacidad laboral.	Sistema de salud pública, industria alimentaria y sector productivo.
Responsabilidad social	Generación de lineamientos teóricos para la prevención de la transmisión viral en contextos de venta informal y pequeños negocios, donde los recursos de higiene son limitados.	Vendedores ambulantes, manipuladores de alimentos en pequeños negocios y población vulnerable.
Científico	Artículo de revisión sistemática que sintetiza la evidencia dispersa sobre prevalencia y detección de Norovirus, llenando un poco el vacío de conocimiento existente en Latinoamérica y Colombia. Generación de nuevo conocimiento mediante el análisis de datos.	Comunidad académica, grupos de Investigación, investigadores en virología y epidemiología.
Indicadores de Gestión	Recomendaciones para mejorar la atribución viral en los registros de brotes de ETA, ayudando a disminuir el subregistro y el diagnóstico de "gastroenteritis de origen desconocido" en los sistemas de vigilancia.	Instituto Nacional de Salud (INS), secretarías de salud y entidades de vigilancia epidemiológica.
Tecnológico	Evaluación comparativa de la eficacia de métodos moleculares y protocolos de concentración viral, identificando las tecnologías más aptas para superar inhibidores en matrices alimentarias.	Laboratorios de diagnóstico, laboratorios de control de calidad de alimentos y entes regulatorios.
Técnico	Compilación de estrategias validadas de higiene, saneamiento y procesamiento no térmico para la inactivación del virus, sirviendo como base para la actualización de protocolos de	Profesionales en aseguramiento de la calidad, ingenieros de alimentos y técnicos en saneamiento.

	Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).	
Ambiental	Identificación de puntos críticos en el saneamiento y tratamiento de aguas que actúan como reservorios virales y fuentes indirectas de contaminación de cultivos y productos.	Entidades de gestión ambiental y comunidades rurales o agrícolas.
Social	Apropiación social del conocimiento sobre inocuidad alimentaria, enfocada en reducir la morbilidad por enfermedades gastrointestinales transmitidas por alimentos listos para el consumo.	Consumidores de alimentos listos para el consumo (ALC) y sociedad en general.
Cultural	Fomento de una cultura de inocuidad y prevención en la manipulación de alimentos, abordando prácticas riesgosas arraigadas en la venta de comida en vía pública.	Manipuladores de alimentos, sector gastronómico y plazas de mercado.

REVISIÓN SISTEMÁTICA SOBRE LA PREVALENCIA, MÉTODOS DE DETECCIÓN Y ESTRATEGIAS DE CONTROL DE NOROVIRUS EN ALIMENTOS LISTOS PARA EL CONSUMO HUMANO

Laura Fernanda Vanegas Rayo[1] (laura.vanegas00@usc.edu.co)

[1]Grupo de Investigación GIMIA, Programa de Microbiología. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Santiago de Cali. Campus Pampalinda Calle 5 # 62-00. Santiago de Cali. Colombia

RESUMEN

La presente investigación abordó la problemática del Norovirus (NoV) humano como el principal agente etiológico de brotes de gastroenteritis aguda vinculados al consumo de alimentos listos para el consumo (ALC), los cuales presentan desafíos únicos debido a su baja dosis infectiva y alta persistencia ambiental. El estudio se planteó como objetivo analizar la prevalencia, los avances en los métodos de detección molecular y las estrategias de control de este patógeno en la cadena alimentaria. Para ello, se empleó una metodología de revisión sistemática basada en la síntesis y análisis crítico de 32 fuentes bibliográficas de alto impacto procedentes de bases de datos indexadas. Los resultados evidenciaron que la transmisión del NoV estuvo estrechamente ligada a la contaminación cruzada por manipuladores y a la internalización del virus en tejidos de vegetales y moluscos, lo que limitó la eficacia de los lavados superficiales. En cuanto al diagnóstico, se identificó una transición tecnológica desde la RT-qPCR convencional hacia la PCR digital (dPCR), la cual demostró una mayor resiliencia frente a los inhibidores presentes en matrices alimentarias complejas. También las estrategias de control tradicionales, como la depuración de bivalvos y el uso de desinfectantes a base de alcohol, resultaron insuficientes para la inactivación viral. En consecuencia, se estableció que la seguridad de los ALC depende de la prevención en el origen y de la implementación de tecnologías de detección con cuantificación absoluta para fortalecer la vigilancia en salud pública.

Palabras clave: *Inocuidad alimentaria; RT-qPCR; salud pública; gastroenteritis; manipulación de alimentos.*

ABSTRACT

This study addressed the issue of human norovirus (NoV) as the primary causative agent of outbreaks of acute gastroenteritis linked to the consumption of ready-to-eat foods (RTE), which present unique challenges due to their low infectious dose and high environmental persistence. The study aimed to analyze the prevalence, advances in molecular detection methods, and control strategies for this pathogen in the food chain. To this end, a systematic review methodology was employed, based on the synthesis and critical analysis of 32 high-impact bibliographic sources from indexed databases. The results showed that NoV transmission was closely linked to cross-contamination by food handlers and the internalization of the virus in vegetable and mollusk tissues, which limited the effectiveness of surface washing. Regarding diagnosis, a technological transition was identified from conventional RT-qPCR to digital PCR (dPCR), which demonstrated greater resilience against inhibitors present in complex food matrices. It was concluded that traditional control strategies, such as the purification of bivalves and the use of alcohol-based disinfectants, proved insufficient for viral inactivation. Consequently, it was established that the safety of shellfish depends on prevention at the source and the implementation of detection technologies with absolute quantification to strengthen public health surveillance.

Keywords: *Food safety; RT-qPCR; public health; gastroenteritis; food handling.*

HIGHLIGHTS

- Se demostró que la PCR digital (dPCR) supera las limitaciones de la RT-qPCR convencional al proporcionar una cuantificación absoluta y mayor resistencia a los inhibidores químicos intrínsecos de los alimentos complejos.

- Se identificó la internalización viral en tejidos vegetales y la ineficacia de la depuración comercial en moluscos como los principales factores de riesgo que comprometen la inocuidad de los alimentos listos para el consumo.

- Se confirmó la resistencia del Norovirus a desinfectantes alcohólicos y métodos térmicos estándar, lo que subraya la necesidad de adoptar tecnologías de procesamiento no térmico y reforzar la higiene mecánica de manos.

1. INTRODUCCIÓN

El Norovirus (NoV), perteneciente a la familia *Caliciviridae*, representa actualmente el mayor desafío para la seguridad alimentaria mundial en términos de virología entérica. Epidemiológicamente, es reconocido como la causa principal de gastroenteritis aguda no bacteriana en todos los grupos de edad y es el agente patógeno más común reportado en los brotes de enfermedades de transmisión alimentaria (ETA) a escala global (Koopmans, 2015; Olaimat et al., 2024). Su impacto sanitario es profundo, derivando en una inmensa carga económica para los sistemas de salud pública debido a los costos asociados con la atención médica de emergencia y la pérdida masiva de productividad laboral. La biología del virión presenta características que dificultan su control: posee una infectividad extremadamente alta, donde una dosis mínima de menos de 100 partículas virales es suficiente para iniciar una infección, y presenta una resistencia excepcional a condiciones ambientales adversas, soportando rangos amplios de pH, desecación y la acción de desinfectantes clorados y alcoholes de uso estándar (Omatola et al., 2024; Pexara & Govaris, 2020).

La dinámica de transmisión del Norovirus es predominantemente fecal-oral y ocurre de manera altamente eficiente, ya sea a través del contacto directo entre personas o mediante vehículos contaminados como el agua y los alimentos (Derrick et al., 2021; Mouchtouri et al., 2024). En este contexto, los alimentos listos para el consumo (ALC) o *Ready-to-Eat* (RTE) definidos como productos que se consumen sin un tratamiento térmico previo, como vegetales de hoja verde, frutas cortadas, sándwiches y mariscos constituyen un vector de riesgo crítico. La literatura científica destaca que la contaminación de estos productos suele ocurrir en las etapas finales de la cadena, principalmente por la manipulación directa de individuos infectados. Se ha evidenciado que los manipuladores de alimentos pueden excretar altas concentraciones del virus incluso antes de presentar síntomas, durante la fase aguda de la enfermedad o durante periodos prolongados de convalecencia asintomática (Rui Qi et al., 2018; Wainaina et al., 2017; Zheng et al., 2021). Además, el uso de agua contaminada en la producción agrícola y las deficiencias en el saneamiento ambiental actúan como rutas de introducción indirecta pero persistente del virus en la cadena alimentaria (Fongaro et al., 2023; Espinoza et al., 2022).

Desde una perspectiva analítica, la detección del Norovirus en matrices alimentarias representa un reto técnico monumental. A diferencia de los patógenos bacterianos, el Norovirus humano no puede cultivarse de forma rutinaria en sistemas de laboratorio convencionales, lo que obliga a los investigadores a depender casi exclusivamente de técnicas moleculares como la RT-qPCR. Sin embargo, la efectividad de estos métodos en ALC es variable; la heterogeneidad de las matrices alimentarias introduce compuestos orgánicos y químicos que actúan como inhibidores de la reacción de polimerasa, y las bajas cargas virales dispersas en el alimento requieren procesos previos de concentración viral complejos. Actualmente, la falta de protocolos de concentración y

extracción estandarizados y armonizados internacionalmente limita la capacidad de vigilancia y la comparabilidad de datos entre países (Pantoja Ruiz et al., 2024).

En el ámbito regional, Latinoamérica muestra una carga de morbilidad por norovirus significativamente alta, sugiriendo una circulación ambiental intensa. En Colombia, el riesgo se ve amplificado por factores socioeconómicos, como la prevalencia de la venta informal de alimentos listos para el consumo en vías públicas, donde el acceso a agua potable y las prácticas de higiene son a menudo insuficientes (O'Ryan et al., 2017). A pesar de esta realidad, los sistemas de vigilancia nacional suelen centrarse en la detección de bacterias como *Salmonella* o *E. coli*, careciendo de una infraestructura diagnóstica molecular robusta y generalizada para virus. Esto genera un fenómeno de subnotificación crónica, donde la gran mayoría de los brotes de gastroenteritis viral se catalogan simplemente como "origen inespecífico" o desconocido (INS, 2025).

Ante la ausencia de una síntesis clara sobre esta problemática en la región, la presente revisión sistemática se propone como una herramienta de consolidación de conocimiento científico. El objetivo general de este trabajo es realizar una revisión sistemática de la literatura científica (periodo 2015-2025) para analizar la prevalencia, los métodos de detección y las estrategias de control de norovirus en alimentos listos para el consumo. Para dar cumplimiento a este propósito, se han definido los siguientes objetivos específicos: Determinar la prevalencia reportada del virus en diversas categorías de alimentos RTE, con un enfoque particular en el contexto epidemiológico de Latinoamérica y Colombia. Evaluar críticamente los métodos de detección (moleculares e inmunológicos) y los protocolos de concentración viral, identificando aquellos con mayor eficacia en matrices alimentarias complejas. Analizar las estrategias de mitigación, evaluando desde el impacto de las prácticas de higiene en manipuladores hasta la implementación de tecnologías de procesamiento no térmico para garantizar la inocuidad.

2. METODOLOGÍA

El estudio se estructuró bajo el rigor metodológico de la declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), garantizando un proceso de selección de evidencia transparente, reproducible y con un sesgo minimizado (Mouchtouri et al., 2024).

Tipo de estudio

Este trabajo se define como un estudio documental de carácter no experimental, diseñado para sintetizar y analizar la evidencia científica sobre el Norovirus en alimentos de consumo humano. Más que una recopilación, este diseño metodológico permite integrar críticamente los hallazgos de investigaciones previas, proporcionando una base teórica sólida y actualizada que facilite la toma de decisiones estratégicas en el ámbito de la seguridad alimentaria.

2.1. Búsqueda bibliográfica y criterios de inclusión y exclusión

Estrategia de búsqueda

La búsqueda se realizó de manera sistemática en bases de datos científicas de alto impacto ScienceDirect, Scopus, PubMed, Redalyc, Scielo, Google Académico y Web of Science. Adicionalmente, se consultaron fuentes de literatura gris, específicamente los boletines epidemiológicos del Instituto Nacional de Salud (INS) de Colombia para la contextualización nacional (INS, 2025).

Se utilizaron operadores booleanos (AND, OR) para maximizar la precisión de los resultados. Las ecuaciones de búsqueda empleadas fueron:

1. Prevalencia de norovirus en ALC:

- ("norovirus" OR "NoV") AND ("alimentos listos para el consumo" OR "ready-to-eat food") AND ("prevalencia" OR "prevalence")

- ("NoV") AND ("RTE food") AND ("detection" OR "occurrence")

2. Métodos de detección y eficiencia:

- ("norovirus" OR "NoV") AND ("métodos de detección" OR "RT-qPCR" OR "genotyping") AND ("alimentos")
- ("detection methods") AND ("norovirus") AND ("food matrix" OR "food safety")

3. Estrategias de control e impacto en inocuidad:

- ("control" OR "inactivation" OR "sanitation") AND ("norovirus") AND ("food handler" OR "manipulador de alimentos")
- ("estrategias de control") AND ("Norovirus") AND ("alimentos listos para el consumo")

Se limitó la búsqueda a un rango de 10 años (2015-2025) para asegurar la vigencia tecnológica de los métodos de detección y la relevancia epidemiológica de los brotes analizados. Se incluyeron artículos de investigación original y reportes técnicos de organismos internacionales (OMS/FAO).

Criterios de inclusión

- Cada uno de los artículos serán de revista Q1 y Q2 de nivel.
- Estudios que analicen específicamente Norovirus en alimentos listos para el consumo (ALC) y los métodos de detección y estrategias de control.
- Investigaciones que detallen protocolos de concentración viral y límites de detección mediante RT-qPCR u otras.
- Artículos que evalúen la eficacia de estrategias de control (químicas, físicas o tecnologías emergentes) con resultados.
- Publicaciones en idioma inglés y español.
- Estudios realizados en cualquier país de Latinoamerica, con especial interés en aquellos con realidades sanitarias similares a Colombia.

Criterios de exclusión

- Estudios no centrados en norovirus, sus métodos de detección o estrategias de control en la cadena alimentaria de ALC.
- Región geográfica no pertinente que no incluya Latinoamérica o Colombia.
- Artículos que traten exclusivamente sobre Norovirus en entornos clínicos o transmisión persona a persona sin nexo alimentario.
- Estudios sobre otros virus entéricos (Hepatitis A, Rotavirus) que no presenten datos diferenciales para Norovirus.
- Publicaciones de artículos de opinión, revisiones, acceso restringido, tesis de pregrado, información insuficiente o contenido duplicado.

2.2. Proceso de selección de estudios

La búsqueda se llevó a cabo en las bases de datos seleccionadas, consolidando los registros obtenidos para iniciar el proceso de depuración. En primer lugar, se utilizaron las funciones del gestor bibliográfico Zotero para

identificar y eliminar los registros duplicados, asegurando una base de datos limpia. Posteriormente, se realizó el cribado inicial mediante la revisión de títulos y resúmenes, aplicando un formulario estandarizado que delimitó los criterios de inclusión y exclusión de forma objetiva. Para la fase de elegibilidad, los artículos preseleccionados fueron sometidos a una lectura crítica a texto completo, verificando su idoneidad y calidad metodológica. Finalmente, aquellos estudios que superaron este análisis conformaron la selección definitiva para la revisión.

2.3. Extracción y análisis de datos

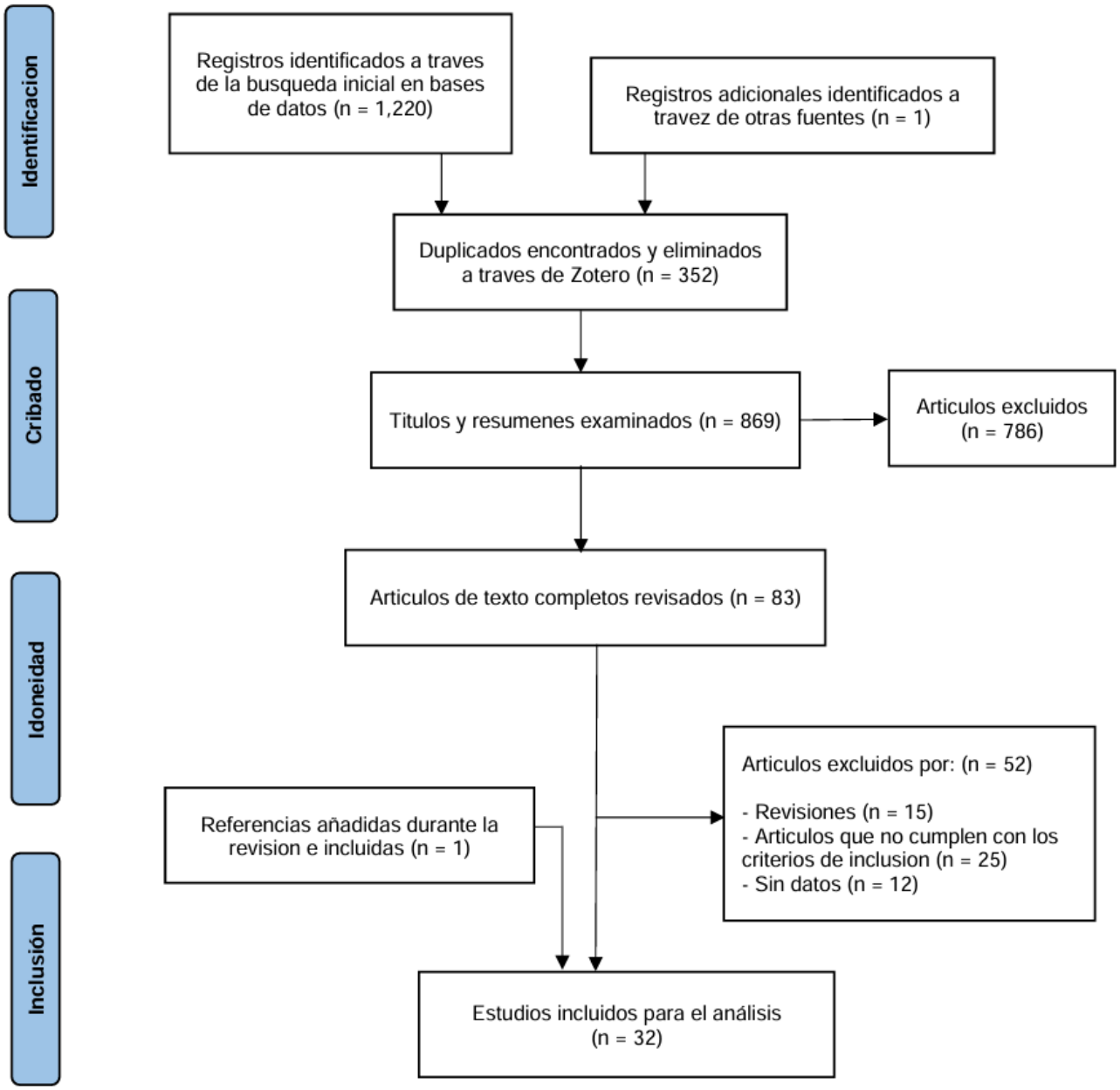
Con los datos obtenidos de la lectura crítica de los artículos incluidos, se elaboraron tablas y gráficos, que destacan los principales estudios para el control del Norovirus en ALC. Se clasificaron y organizaron los hallazgos de acuerdo al año, autor, y conclusiones relevantes que estén asociados a los objetivos planteados (prevalencia, métodos y control).

3. DESARROLLO Y DISCUSIÓN

El proceso de recolección y filtrado de la evidencia científica se estructuró bajo los lineamientos de la declaración PRISMA 2020, garantizando así la transparencia y el rigor metodológico de la revisión. En la fase inicial de identificación, se recuperó un total de 1,220 artículos mediante combinaciones estratégicas de palabras clave, aplicando filtros de rango cronológico y acceso abierto en las bases de datos. Tras la consolidación de la información, se procedió a la detección y eliminación de 352 registros duplicados a través del gestor bibliográfico Zotero, reduciendo la cifra a 869 documentos.

Posteriormente, se llevó a cabo una fase de tamizaje (screening) mediante la lectura de títulos y resúmenes, lo que permitió descartar 786 artículos que no cumplían con los criterios de inclusión. Este filtro derivó en una selección de 83 trabajos para una evaluación crítica a texto completo. Finalmente, tras verificar el cumplimiento estricto de los criterios de inclusión y exclusión, se descartaron 52 documentos y se añadió 1 referencia durante la revisión, se seleccionaron 32 estudios definitivos para el desarrollo de los resultados de esta revisión sistemática. El flujo detallado de este proceso se ilustra en la Figura 1.

Figura 1. *Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de estudios según criterios de inclusión y exclusión, revisión sistemática sobre la prevalencia, métodos de detección y estrategias de control de norovirus en alimentos listos para el consumo humano.*



Nota: Adaptado de prevalencia global de la infección asintomática por norovirus en brotes: una revisión sistemática y un metanálisis. Por Wang, J., Gao, Z., Yang, Zr. *et al.*, 2023, *BMC Infect Dis* 23 , 595.

El abordaje del Norovirus (NoV) en la industria alimentaria representa uno de los mayores desafíos para la microbiología contemporánea. Históricamente, los sistemas de gestión de inocuidad se han estructurado en torno al control de patógenos bacterianos, asumiendo que intervenciones como la cocción, la desinfección química y el control de la cadena de frío serían igualmente eficaces contra los virus. Sin embargo, la presente revisión

sistemática evidencia una realidad distinta: la persistencia del NoV, sumada a su baja dosis infectiva y su evolución genotípica, requiere un cambio de paradigma urgente en el manejo de los alimentos listos para el consumo (ALC).

A continuación, se desglosa el análisis crítico de la literatura científica reciente, organizado en función de los tres ejes centrales de esta investigación:

3.1 Prevalencia, dinámicas de transmisión y persistencia ambiental

El primer objetivo de la revisión fue determinar cómo el Norovirus ingresa, persiste y se transfiere a lo largo de la cadena alimentaria. La evidencia recopilada demuestra que la contaminación no es un evento aislado, sino un proceso sistémico fuertemente influenciado por factores ambientales y humanos.

Tabla 1. Investigaciones sobre prevalencia, transferencia y persistencia del Norovirus.

Autor/Año	Objetivo del estudio	Condiciones experimentales	Principales hallazgos
(Derrick et al., 2021)	Medir la transferencia del NoV humano durante la producción de sándwiches.	Simulación del papel de los alimentos, los manipuladores y el entorno de preparación comercial.	La contaminación cruzada entre manos, guantes y superficies de acero inoxidable es el principal vector de dispersión en ALC.
(Rönnqvist et al., (2015)	Medir la transmisión viral entre manos, guantes y utensilios.	Simulación de manipulación de productos frescos (vegetales).	Las superficies inertes actúan como puentes altamente eficientes; el uso de guantes no mitiga el riesgo si no hay cambios frecuentes.
(Elviss et al., 2022)	Estudio de atribución de NoV en el entorno comercial.	Muestreo en áreas de preparación de alimentos en locales con y sin brotes reportados.	Se detectó genoma viral en superficies de locales sin brotes activos, indicando una circulación ambiental silenciosa y constante.
(Lane et al., 2022)	Modelar la transmisión alimentaria, estacionalidad e implicaciones.	Análisis de mecanismos de propagación mediante modelado de sistemas dinámicos.	Los picos de brotes están fuertemente correlacionados con la estacionalidad invernal y la sobrecarga de los sistemas de tratamiento de aguas.
(Desdouits et al., 2020)	Estudiar la diversidad del NoV genogrupo II en mariscos.	Enfoque de metagenómica dirigida en ostras implicadas en brotes.	Se identificó una alta diversidad genotípica en una misma muestra, sugiriendo contaminación polimicrobiana desde múltiples fuentes fecales.
(DiCaprio et al., 2025)	Evaluar la adhesión y localización del NoV en productos frescos.	Inoculación y análisis de tejidos en hortalizas y vegetales de consumo crudo.	El virus demostró capacidad de internalización en los tejidos vegetales, protegiéndose de los tratamientos de lavado superficial.

(INS, 2024)	Establecer recomendaciones para la identificación de NoV.	Lineamientos epidemiológicos para brotes de ETA en Colombia.	Evidencia la necesidad de fortalecer la vigilancia y la recolección de muestras para reducir el subregistro de brotes virales.
(Polo et al., 2016)	Cuantificar NoV en ostras implicadas en brotes en Francia.	Uso de dPCR para establecer correlaciones entre carga viral y enfermedad clínica.	Se estableció un vínculo directo entre la concentración genómica en el alimento y la gravedad de los brotes notificados.
(Winder et al., 2022)	Proporcionar una visión general de la virología y medidas preventivas.	Revisión de la estructura de la cápside y su impacto en la transmisión.	La robustez estructural de la cápside confiere al virus una resistencia extrema a la desecación ambiental y a variaciones de pH.

Al contrastar los estudios de (Derrick et al., 2021; Rönnqvist et al., 2015) se hace evidente un consenso claro en la literatura el factor humano es el eslabón más débil. Las simulaciones demuestran que las políticas de uso de guantes en la industria a menudo generan una falsa sensación de seguridad, ya que los polímeros retienen y transfieren las partículas virales con la misma eficiencia que la piel desnuda. Sin embargo, el hallazgo más disruptivo para el paradigma de inocuidad proviene de (DiCaprio et al., 2025) al confirmar que el Norovirus puede adherirse e internalizarse en el tejido celular de productos frescos, se invalida la premisa de que el lavado postcosecha garantiza la seguridad del consumidor.

Las implicaciones de esto son profundas, especialmente si se vinculan con el modelado de (Lane et al., 2022) y los datos metagenómicos de (Desdouits et al., 2020) que asocian la presencia viral con deficiencias en el tratamiento de aguas residuales. Si el agua de riego está contaminada, la internalización ocurrirá desde la fase de cultivo, haciendo que el control de calidad en la planta de procesamiento sea tardío. Una limitación en estos estudios es que la mayoría simula las condiciones en entornos de laboratorio altamente controlados; existe un sesgo hacia la sobreestimación de las tasas de transferencia en comparación con plantas procesadoras reales con flujos de aire dinámicos y protocolos de limpieza industrial activa.

3.2 Avances en métodos de detección y caracterización molecular

El segundo objetivo consistió en evaluar la eficacia de los métodos diagnósticos en matrices alimentarias, las cuales suelen ser ricas en inhibidores (grasas, pectinas, metales pesados).

Tabla 2. Métodos moleculares y biosensores para la detección de Norovirus

Autor/Año	Objetivo del estudio	Condiciones experimentales	Principales hallazgos
(Rexin et al., (2024)	Cuantificación precisa de NoV mediante ddPCR.	Análisis de mariscos (ostras) asociados a brotes de gastroenteritis.	La ddPCR demostró una sensibilidad superior y mayor resiliencia ante inhibidores tisulares que la RT-qPCR convencional.
(Marpaung et al., 2025)	Revisar tecnologías de detección de NoV.	Evaluación desde métodos convencionales	Se documenta una transición de métodos de laboratorio centralizados

		hasta biosensores innovadores.	a sistemas *point-of-care* rápidos e integrados.
(Zhou et al., 2025)	Desarrollar un nanobiosensor magnético CRISPR/Cas12a-SERS.	Detección ultrasensible y libre de amplificación en agua y alimentos simples.	El método logró límites de detección excepcionales sin necesidad de extracción compleja de ARN.
(Dann et al., 2025)	Detección de doble cepa (GI.1 y GII.4) usando MIPs.	Uso de polímeros de impresión de epítopos (MIPs) en muestras de alimentos.	Permitió la captura altamente específica de las cepas prevalentes, facilitando el procesamiento en matrices heterogéneas.
(Persson et al., 2018)	Comparar RT-ddPCR y RT-qPCR.	Cuantificación de norovirus en tejido de ostras.	La ddPCR no requirió curvas de calibración y redujo la tasa de falsos negativos por inhibición de la polimerasa.
(Sun et al., 2021)	Ensayo RT-ddPCR dúplex en un solo paso.	Detección simultánea de GI y GII en lechuga y fresas.	Aceleró el tiempo analítico manteniendo una alta especificidad en vegetales de hoja verde y bayas.
(Boxman et al., 2024)	Comparar dPCR con ensayos qPCR estandarizados por ISO.	Estudio interlaboratorio internacional con tejido de ostra.	Confirmó que la dPCR es estadísticamente más reproducible entre diferentes laboratorios que la norma ISO actual.
(Cai et al., 2025)	Mejorar la detección RT-qPCR en ensaladas frescas.	Uso de carbón activado recubierto con bentonita y almidón para concentración.	El pre-tratamiento logró eliminar inhibidores polifenólicos, aumentando significativamente la señal de fluorescencia.
(DiCaprio, 2017)	Revisar avances en detección y métodos de cultivo.	Modelos emergentes, incluyendo sistemas de organoides intestinales.	Los organoides permitieron, por primera vez, medir la infectividad real del virus in vitro.
(Lee et al., 2022)	Detección colorimétrica basada en amplificación HRPzyme.	Desarrollo de ensayo dependiente de helicasa.	Ofrece una alternativa visual de bajo costo para tamizajes rápidos sin equipos de termociclado costosos.

(Yang et al., 2025)	RT-LAMP digital en hidrogel con reacción interfacial.	Cuantificación enriquecida in situ en alimentos y agua.	Sensibilidad aumentada ideal para el monitoreo ambiental directo en plantas de procesamiento.
(Park et al., 2021)	Mejorar la RT-qPCR mediante eliminación de inhibidores.	Protocolos de purificación previos a la amplificación.	Demostró que la sensibilidad final depende intrínsecamente del método de concentración y purificación de la muestra.
(Zhu et al., 2025)	Evaluación del método MIRA–qPCR.	Detección rápida de Genogrupo II en mariscos.	Redujo los tiempos de procesamiento con una sensibilidad equiparable a la PCR tradicional.
(Suther & Moore, 2019)	Identificar inhibidores de PCR en alimentos.	Análisis fisicoquímico de matrices asociadas a ETA.	Caracterizó compuestos específicos (ej. glucógeno en moluscos) que bloquean la transcripción inversa.
(Zhou et al., 2024)	Protocolo de enriquecimiento viral basado en grafeno.	Incremento de sensibilidad en fresas y ostras.	El nanomaterial facilitó la recuperación de partículas virales en muestras de gran volumen y baja concentración.
(Plante et al., 2021)	Protocolo de extracción de ARN para ostras crudas.	Optimización previa a qRT-PCR y ddPCR.	Subrayó que el cuello de botella diagnóstico no es la amplificación, sino la calidad de la extracción de ácidos nucleicos.
(Gyawali et al., 2019)	Revisión de tecnologías actuales y emergentes.	Enfoque en el sector de bivalvos y mariscos.	Resalta la brecha entre la innovación tecnológica y la aplicabilidad regulatoria en la industria alimentaria.
(RSC Adv., 2024)	Detección dual (SERS/Colorimétrica).	Desarrollo analítico con nanopartículas.	Proveen lectura doble confirmatoria (visual y espectroscópica) para evitar falsos positivos.

La evidencia recopilada ilustra una obsolescencia progresiva de la RT-qPCR tradicional para matrices alimentarias. Estudios sistemáticos como los de (Suther & Moore, 2019; Park et al., 2021) documentan exhaustivamente cómo los componentes intrínsecos de los ALC actúan como inhibidores, causando falsos negativos. Ante esto, la literatura muestra una convergencia hacia la PCR digital en gotas (ddPCR). Los ensayos de (Persson et al., 2018; Rexin et al., 2024) y el estudio internacional de (Boxman et al., 2024) confirman que la

partición de la muestra en microgotas minimiza el efecto de los inhibidores y permite una cuantificación absoluta sin curvas estándar.

Por otro lado, la incorporación de biosensores basados en CRISPR/Cas12a (Zhou et al., 2025) y polímeros de impresión molecular (Dann et al., 2025) marca una evolución hacia la democratización del diagnóstico. Sin embargo, al evaluar críticamente estos avances, se detecta un sesgo de laboratorio: la mayoría de los biosensores han sido validados en alimentos inoculados artificialmente con altas cargas virales. Faltan estudios a gran escala que validen estas nanotecnologías en muestras ambientales naturalmente contaminadas, donde las concentraciones virales están en el límite de detección. Además, la persistente incapacidad de los métodos moleculares basados en ARN para distinguir entre virus infecciosos y virus degradados sigue siendo una limitación, aunque los avances en cultivos de organoides presentados por (DiCaprio., 2017) ofrecen un camino prometedor.

3.3 Estrategias de control, inactivación y mitigación del riesgo

El tercer objetivo analizó qué estrategias son verdaderamente eficaces para eliminar o reducir el Norovirus en los ALC sin comprometer la calidad del producto.

Tabla 3. Evaluación de la eficacia de métodos de control y desinfección.

Autor/Año	Objetivo del estudio	Condiciones experimentales	Principales hallazgos
(CDC, 2025)	Establecer guías de prevención oficiales.	Recomendaciones de salud pública e higiene comunitaria.	Confirma que los desinfectantes de manos a base de alcohol son ineficaces; el lavado mecánico con agua y jabón es imprescindible.
(Anfruns-Estrada et al., 2019)	Evaluar lavado con sanitizantes en ensaladas mixtas.	Simulación de prácticas de los consumidores domésticos.	El lavado convencional reduce la carga viral, pero no asegura la eliminación completa, manteniendo un nivel de riesgo residual.
(Rupnik et al., 2021)	Reducción de NoV en ostras del Pacífico.	Evaluación de procesos de depuración comercial y controlada.	La depuración, efectiva para bacterias, fracasó en la eliminación del virus retenido en el tejido digestivo del molusco.
(Mirmahdi & Montazeri, 2025)	Analizar la inactivación térmica en ostras.	Revisión de desafíos en el procesamiento por calor de mariscos.	El NoV exhibió una resistencia térmica significativamente mayor dentro de la matriz del alimento que en suspensiones líquidas.
(Terio et al., 2020)	Detectar NoV viable en ensaladas listas para consumo.	Uso de PMA acoplado a RT-PCR en tiempo real.	El pretratamiento con PMA impidió la amplificación de ARN de virus dañados, evitando sobreestimar el riesgo clínico.

La discusión sobre la inactivación viral revela una brecha preocupante entre las prácticas industriales y domésticas y la resiliencia biológica del virus. Las guías del (CDC, 2025) son enfáticas respecto a la resistencia del NoV a los alcoholes debido a la falta de envoltura lipídica. A nivel de procesamiento, (Rupnik et al., 2021) desmitifican la

eficacia de la depuración de moluscos, una práctica globalmente adoptada pero biológicamente ineficaz contra la retención celular del Norovirus. De manera similar, (Anfruns-Estrada et al., 2019) advierten que la desinfección química superficial en vegetales frescos (lavado con hipoclorito a bajas concentraciones) no garantiza inocuidad.

La evaluación de la inactivación térmica realizada por (Mirmahdi & Montazeri, 2025) resalta que alcanzar las temperaturas necesarias para destruir el virus altera severamente las propiedades organolépticas de los ALC. Aquí radica la mayor limitación reportada en la literatura actual: la carencia de tecnologías de procesamiento no térmico como el plasma frío o altas presiones hidrostáticas validadas específicamente para Norovirus a escala comercial masiva. El uso de Monoazida de Propidio (PMA) documentado por (Terio et al., 2020) para diferenciar virus vivos de muertos es un avance vital, ya que muchos estudios históricos de inactivación química pueden haber subestimado la eficacia de los desinfectantes al detectar restos de ARN inofensivo.

3.4 Evaluación y limitaciones

Situando estos hallazgos en el contexto de la literatura científica, es evidente que el abordaje del Norovirus ha estado fragmentado. La industria invierte fuertemente en detección (PCR), pero la evidencia sugiere que los esfuerzos deben redirigirse a la prevención primaria. Las limitaciones inherentes a los estudios revisados incluyen la variabilidad en los subrogados virales utilizados (Tulane virus, Murine Norovirus) en los ensayos de inactivación, los cuales no siempre predicen con exactitud el comportamiento del Norovirus humano. Además, existe un sesgo geográfico: gran parte de las investigaciones moleculares de vanguardia provienen de Europa, Asia y Norteamérica, existiendo un vacío crítico de estudios genómicos y epidemiológicos adaptados a las prácticas agrícolas e infraestructura de Latinoamérica y Colombia.

4. CONCLUSIONES

Los hallazgos de esta revisión obligan a un cambio de paradigma en la microbiología alimentaria: el Norovirus no puede ser gestionado bajo los mismos protocolos que las bacterias entéricas como *Salmonella* o *E. coli*. Su capacidad documentada de internalización sistémica en tejidos vegetales y su persistencia en matrices complejas redefinen el concepto de riesgo en los alimentos listos para el consumo. La relevancia de este estudio radica en demostrar que la higiene postcosecha es insuficiente; la seguridad alimentaria frente al Norovirus exige un control estricto de las fuentes de irrigación y el saneamiento agrícola desde el origen.

Se ha confirmado de manera categórica la ineficacia de las intervenciones clásicas: la depuración de moluscos bivalvos no elimina el virus y el uso de geles antibacteriales a base de alcohol es inútil frente a la transmisión por manipuladores. La consecuencia directa para la industria es la necesidad de sustituir los protocolos de desinfección química superficial por métodos físicos estrictos (lavado mecánico constante) e invertir en tecnologías de procesamiento avanzado. Para las autoridades regulatorias, la transición de la RT-qPCR convencional hacia la PCR digital (dPCR) es inminente, dado que esta última ha demostrado ser la única técnica capaz de sortear los inhibidores naturales de los alimentos y proveer cuantificación absoluta y reproducible.

A partir de la síntesis de la evidencia, se formulan las siguientes hipótesis: Las biopelículas bacterianas en equipos de acero inoxidable industrial actúan como reservorios protectores que confieren al Norovirus una termoresistencia y quimioresistencia anómala, prolongando su viabilidad en las plantas de ensamblaje de alimentos. Un porcentaje significativo de brotes clasificados como "gastroenteritis bacteriana inespecífica" en Latinoamérica corresponde a infecciones por Norovirus enmascaradas por la incapacidad de la RT-qPCR convencional de detectar cepas mutantes GII en matrices alimentarias altamente inhibitorias.

Para cerrar las brechas de conocimiento identificadas, se proponen las siguientes líneas de investigación prioritarias: Escalar las tecnologías basadas en CRISPR/Cas12a y SERS desde muestras inoculadas en laboratorio hacia validaciones de campo en mercados locales y plantas de procesamiento en Colombia, buscando sistemas *Point-of-Care* asequibles. Promover el uso estandarizado de cultivos de organoides intestinales humanos (enteroides) para evaluar la eficacia real de tecnologías de procesamiento no térmico (plasma frío y luz ultravioleta pulsada), abandonando la dependencia de virus subrogados que ofrecen resultados ambiguos. Investigar el impacto cualitativo de los sistemas de filtración y tratamiento de aguas residuales locales sobre la diversidad

genotípica del Norovirus que contamina los campos agrícolas, correlacionando la carga ambiental con las variables de cambio climático estacional.

5. AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profunda gratitud a la Universidad Santiago de Cali y al Programa de Microbiología por brindarme las herramientas académicas y el rigor científico necesarios para mi formación profesional.

Al profesor y tutor de este trabajo, Alexís Gafáro Montejo, por su invaluable guía, paciencia y por compartir su conocimiento y experiencia en el área de la microbiología e inocuidad alimentaria, fundamentales para la culminación exitosa de esta revisión.

A mi familia, por ser el soporte constante y la motivación principal detrás de cada paso en mi carrera académica.

Finalmente, a los investigadores cuyos trabajos han sido citados en este documento, por su contribución al avance de la virología de alimentos y la salud pública.

6. DECLARACION DEL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los autores declaran que no han usado herramientas de inteligencia artificial (IA) en la creación de este artículo.

7. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Derrick, J., Hollinghurst, P., O'Brien, S., Elviss, N., Allen, D. J., & Iturriza-Gómara, M. (2021). Measuring transfer of human norovirus during sandwich production: Simulating the role of food, food handlers and the environment. *International Journal of Food Microbiology, 348*, 109151. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109151

Espinoza-Tellez, T., Quevedo-León, R., & Ávila-Pizarro, Y. (2022). Food as a transmitter of viruses: A review. *Scientia Agropecuaria, 13*(1), 25-42. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.003

Fongaro, G., Rodríguez-Lázaro, D., & Sobral Marques-Souza, D. (2023). *Environmental and Food Virology: Impacts and Challenges in One Health Approach*. ZU Library. https://doi.org/10.1201/9781003263494

Instituto Nacional de Salud. (2025). *Boletín Epidemiológico, semana 5*. https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2025_Boletin_epidemiologico_semana_5.pdf

Koopmans, M. (2015). Foodborne viruses from a global perspective. In Institute of Medicine (US). *Improving food safety through the One Health approach: Workshop summary*. National Academies Press (US). https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK114484/

Mouchtouri, V. A., Simou, E., Soteriades, S., Rousou, X., Kontouli, K. M., Kafetsouli, D., Kourentis, L., Anagnostopoulos, L., & Hadjichristodoulou, C. (2024). Systematic literature review and meta-analysis on preventing and controlling norovirus outbreaks on cruise ships, 1990 to 2020: calling for behaviour change strategies of travellers. *Euro surveillance: bulletin Europeen sur les maladies transmissibles = European*

communicable disease bulletin, 29(10), 2300345. https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2024.29.10.2300345

O'Ryan, M., Riera-Montes, M., & Lopman, B. (2017). Norovirus in Latin America: Systematic Review and Meta-analysis. *The Pediatric infectious disease journal*, *36*(2), 127–134. https://doi.org/10.1097/INF.0000000000001369

Olaimat, A. N., Taybeh, A. O., Al-Nabulsi, A., Al-Holy, M., Hatmal, M. M., Alzyoud, J., Aolymat, I., Abughoush, M. H., Shahbaz, H., Alzyoud, A., Osaili, T., Ayyash, M., Coombs, K. M., & Holley, R. (2024). Common and potentially emerging foodborne viruses: A comprehensive review. *Life, 14*(2), 190. https://doi.org/10.3390/life14020190

Omatola, C. A., Mshelbwala, P. P., Okolo, M.-L. O., Onoja, A. B., Abraham, J. O., Adaji, D. M., Samson, S. O., Okeme, T. O., Aminu, R. F., Akor, M. E., Ayeni, G., Muhammed, D., Akoh, P. Q., Ibrahim, D. S., Edegbo, E., Yusuf, L., Ocean, H. O., Akpala, S. N., Musa, O. A., & Adamu, A. M. (2024). Noroviruses: Evolutionary Dynamics, Epidemiology, Pathogenesis, and Vaccine Advances—A Comprehensive Review. *Vaccines, 12*(6), 590. https://doi.org/10.3390/vaccines12060590

Pantoja-Ruiz, J.A., Zúñiga-Pérez, P., & López-Gálvez, F. (2024). A comprehensive review on norovirus epidemiology, detection, and control in food production and processing. *Frontiers in Public Health*.

Pexara, A., & Govaris, A. (2020). Foodborne viruses and innovative non-thermal food-processing technologies. *Foods, 9*(11), 1520. https://doi.org/10.3390/foods9111520

Rui Qi, Yu-ting Huang, Jian-wei Liu, Yue Sun, Xi-feng Sun, Hui-Ju Han, Xiang-Rong Qin, Min Zhao, Li-jun Wang, Wenqian Li, Jun-hong Li, Cong Chen, Xue-Jie Yu. (2018). Global Prevalence of Asymptomatic Norovirus Infection: A Meta-analysis. *eClinicalMedicine,* 50-58. a School of Health Sciences, State Key Laboratory of Virology, Wuhan University, Wuhan, Hubei Province, China. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2018.09.001

Wainaina, E., Otieno, C.A., Kamau, J. (2017). Norovirus infections and knowledge, attitudes and practices in food safety among food handlers in an informal urban settlement, Kenya. *BMC Public Health 20*, 474 (2020). https://doi.org/10.1186/s12889-020-8401-x

Daniel Rexin, Laetitia Kaas, Jérémie Langlet, Dawn Croucher, Joanne Hewitt. (2024). Droplet Digital PCR for Precise Quantification of Human Norovirus in Shellfish Associated with Gastroenteritis Illness. Journal of Food Protection. Volume 87, Issue 11, 100363, ISSN 0362-028X. https://doi.org/10.1016/j.jfp.2024.100363.

David Septian Sumanto Marpaung, Ayu Oshin Yap Sinaga, Damayanti Damayanti. (2025). Norovirus detection technologies: From conventional methods to innovative biosensors, Analytical Biochemistry. Volume 698, 115750, ISSN 0003-2697. https://doi.org/10.1016/j.ab.2024.115750.

Caihong Zhou, Yongzhao Zhang, Xuejing Yang, Ziqian Zhao, Menglei Xia, Chunhui Wei, Qiankun Wu, Zisong Chang, Long Ma, Lijuan Yin. (2025). A magnetic CRISPR/Cas12a-SERS nanobiosensor for amplification-free and ultrasensitive detection of norovirus in water and food simples. Analytica Chimica Acta. Volume 1363, 344133, ISSN 0003-2670. https://doi.proxyusc.elogim.com/10.1016/j.aca.2025.344133.

Amy Dann, Pankaj Singla, Jake McClements, Minji Kim, Sloane Stoufer, Robert D. Crapnell, Craig E. Banks, Shayan Seyedin, Mark Geoghegan, Christopher F. Blanford, Matthew D. Moore, Marloes Peeters. (2025). Dual-strain detection of norovirus GI.1 and GII.4 in food samples using epitope-imprinted polymers. Analytica Chimica Acta. Volume 1368, 344331, ISSN 0003-2670. https://doi.proxyusc.elogim.com/10.1016/j.aca.2025.344331.

Erin DiCaprio, Anastasia Purgianto, Yuanmei Ma, John Hughes, Xiangjun Dai, Jianrong Li. (2025). Attachment and localization of human norovirus and animal caliciviruses in fresh produce, International Journal of Food Microbiology. Volume 211, Pages 101-108, ISSN 0168-1605. https://doi.proxyusc.elogim.com/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.07.013.

Sofia Persson, Ronnie Eriksson, James Lowther, Patrik Ellström, Magnus Simonsson. (2018). Comparison between RT droplet digital PCR and RT real-time PCR for quantification of noroviruses in oysters. International Journal of Food Microbiology. Volume 284, Pages 73-83, ISSN 0168-1605. https://doi.proxyusc.elogim.com/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.06.022.

Jade Derrick, Philippa Hollinghurst, Sarah O'Brien, Nicola Elviss, David J. Allen, Miren Iturriza-Gómara. (2021). Measuring transfer of human norovirus during sandwich production: Simulating the role of food, food handlers and the environment. International Journal of Food Microbiology. Volume 348, 109151, ISSN 0168-1605. https://doi.proxyusc.elogim.com/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109151.

Cassandra Suther, Matthew D. Moore. (2019). Quantification and discovery of PCR inhibitors found in food matrices commonly associated with foodborne viruses. Food Science and Human Wellness. Volume 8, Issue 4, Pages 351-355, ISSN 2213-4530. https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.09.002.

Tao Yang, Liang Xue, Zisheng Luo, Jianhan Lin, Xinyang Zhang, Fangbin Xiao, Yuanjie Liu, Dong Li, Xingyu Lin. (2025). Sensitivity-enhanced hydrogel digital RT-LAMP with in situ enrichment and interfacial reaction for norovirus quantification in food and wáter. Journal of Hazardous Materials. Volume 488, 137325, ISSN 0304-3894. https://doi.proxyusc.elogim.com/10.1016/j.jhazmat.2025.137325.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2025). Cómo prevenir los norovirus. https://www.cdc.gov/norovirus/es/prevention/como-prevenir-los-norovirus.html

Instituto Nacional de Salud (INS). (2024). Comunicado con recomendaciones para identificación de norovirus en brotes de EDA o ETA. https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/comunicado-con-recomendaciones-para-identificacion-de-norovirus-en-brotes-de-eda-o-eta.pdf

Chongzhen Sun, Jiayin Chen, Hui Li, Ling Fang, Shiwei Wu, Pallavi Jayavanth, Shuze Tang, Gloria Sanchez, Xiyang Wu. (2021). One-step duplex RT-droplet digital PCR assay for the detection of norovirus GI and GII in lettuce and strawberry. Food Microbiology. Volume 94, 103653, ISSN 0740-0020. https://doi.proxyusc.elogim.com/10.1016/j.fm.2020.103653.

Ingeborg L.A. Boxman, Ramia Molin, Sofia Persson, Anna Juréus, Claudia C.C. Jansen, Nils P. Sosef, Soizick F. Le Guyader, Joanna Ollivier, Maija Summa, Maria Hautaniemi, Elisabetta Suffredini, Simona Di Pasquale, Mette Myrmel, Mamata Khatri, Urska Jamnikar-Ciglenecki, Darja Kusar, Dominik Moor, Lisa Butticaz, James A. Lowther, David I. Walker, Tina Stapleton, Magnus Simonsson, René A.M. Dirks. (2024). An international inter-laboratory study to compare digital PCR with ISO standardized qPCR assays for the detection of norovirus GI and GII in oyster tissue. Food Microbiology. Volume 120, 104478, ISSN 0740-0020. https://doi.proxyusc.elogim.com/10.1016/j.fm.2024.104478.

Chengqi Cai, Guoping Wu, Ningbo Liao. (2025). Enhanced RT-qPCR detection of norovirus in fresh salads using a novel bentonite- and starch-coated activated carbon concentration method. Food Control, Volume 185, 112052, ISSN 0956-7135. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2026.112052.

Erin DiCaprio. (2017). Recent advances in human norovirus detection and cultivation methods. Current Opinion in Food Science. Volume 14, Pages 93-97, ISSN 2214-7993. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.02.007.

Polo, D., Schaeffer, J., Fournet, N., Le Saux, J., Parnaudeau, S., McLeod, C....Le Guyader, F. S. (2016). Digital PCR for Quantifying Norovirus in Oysters Implicated in Outbreaks, France. *Emerging Infectious Diseases*, *22*(12), 2189-2191. https://doi.org/10.3201/eid2212.160841.

Terio, V., Lorusso, P., Mottola, A., Buonavoglia, C., Tantillo, G., Bonerba, E., & Di Pinto, A. (2020). Norovirus Detection in Ready-To-Eat Salads by Propidium Monoazide Real Time RT-PCR Assay. *Applied Sciences*, *10*(15), 5176. https://doi.org/10.3390/app10155176

Gyawali, P., KC, S., Beale, D. J., & Hewitt, J. (2019). Current and Emerging Technologies for the Detection of Norovirus from Shellfish. *Foods*, *8*(6), 187. https://doi.org/10.3390/foods8060187

RSC Adv. (2024). 14 , 6028-6040. Doi: 10.1039/d3ra08586d.

Anfruns-Estrada, E., Bottaro, M., Pintó, R. M., Guix, S., & Bosch, A. (2019). Effectiveness of Consumers Washing with Sanitizers to Reduce Human Norovirus on Mixed Salad. *Foods*, *8*(12), 637. https://doi.org/10.3390/foods8120637

Plante, D., Bran Barrera, J. A., Lord, M., Iugovaz, I., & Nasheri, N. (2021). Development of an RNA Extraction Protocol for Norovirus from Raw Oysters and Detection by qRT-PCR and Droplet-Digital RT-PCR. *Foods*, *10*(8), 1804. https://doi.org/10.3390/foods10081804

Zhou, S., Jin, M., Yin, J., Shi, D., Li, H., Gao, Z., Chen, Z., Yang, Z., Chen, T., Wang, H., Li, J., & Yang, D. (2024). Graphene-Based Virus Enrichment Protocol Increases the Detection Sensitivity of Human Norovirus in Strawberry and Oyster Samples. *Foods*, *13*(18), 2967. https://doi.org/10.3390/foods13182967

Zhu, Y., Song, M., Pan, Y., Zhao, Y., & Liu, H. (2025). Evaluation and Application of the MIRA–qPCR Method for Rapid Detection of Norovirus Genogroup II in Shellfish. *Microorganisms*, *13*(4), 712. https://doi.org/10.3390/microorganisms13040712

Desdouits, M., Wacrenier, C., Ollivier, J., Schaeffer, J., & Le Guyader, F. S. (2020). A Targeted Metagenomics Approach to Study the Diversity of Norovirus GII in Shellfish Implicated in Outbreaks. *Viruses*, *12*(9), 978. https://doi.org/10.3390/v12090978

Winder, N., Gohar, S., & Muthana, M. (2022). Norovirus: An Overview of Virology and Preventative Measures. *Viruses*, *14*(12), 2811. https://doi.org/10.3390/v14122811

Rupnik, A., Doré, W., Devilly, L. (2021). Evaluation of Norovirus Reduction in Environmentally Contaminated Pacific Oysters During Laboratory Controlled and Commercial Depuration. Food Environ Virol 13, 229–240 (2021). https://doi.org/10.1007/s12560-021-09464-2

Lee, JE., Kim, SA., Park, HJ. (2022). Colorimetric detection of norovirus by helicase-dependent amplification method based on specific primers integrated with HRPzyme. Anal Bioanal Chem 414, 6723–6733 (2022). https://doi.org/10.1007/s00216-022-04247-5

Lane, D.C., Husemann, E., Holland, D. and Khaled, A. (2022), Foodborne transmission of norovirus: mechanism modelling, seasonality and policy implications (2020 System Dynamics Applications Award paper). Syst. Dyn. Rev., 38: 374-397. https://doi.org/10.1002/sdr.1719

Razieh Sadat Mirmahdi & Naim Montazeri (2025) Progress and challenges in thermal inactivation of norovirus in oysters, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 65:31, 7311-7324, DOI: 10.1080/10408398.2025.2467209

Rönnqvist M, Aho E, Mikkelä A, Ranta J, Tuominen P, Rättö M, Maunula L. (2015). Norovirus Transmission between Hands, Gloves, Utensils, and Fresh Produce during Simulated Food Handling. Appl Environ Microbiol80: https://doi.org/10.1128/AEM.01162-14

Elviss, N.C., Allen, D.J., Kelly, D., Akello, J.O., Hau, S. & Fox, A.J. Conducted as part of NoVAS (2022) Norovirus attribution study: Detection of norovirus from the commercial food preparation environment in outbreak and non-outbreak premises. Journal of Applied Microbiology, 133, 3391–3403. Available from: https://doi.org/10.1111/jam.15761

Park S, Lee C, Cho K. (2021). Improved real-time quantitative reverse transcription PCR detection of norovirus following removal of inhibitors. Heliyon; 7. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07560