



Medición de Comportamientos en la Manipulación de Alimentos como Base para Modelos Predictivos: Un Enfoque desde la Inocuidad Alimentaria

Measuring Food Handling Behaviors as a Basis for Predictive Models: A Food Safety Approach

Ulises Sanabria-Villamayor ^{a*}, Nahir Samudio-Santander ^b

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Americana, Asunción, Paraguay

^b Facultad de Nutrición, Universidad del Norte, Asunción, Paraguay

*Corresponding author: ulissesanabriav99@gmail.com

Abstract— In traditional markets, food handlers play a crucial role in food safety. This study describes the development, validation, and application of an instrument designed to systematically measure good practices among these workers. A total of 328 establishments were observed from the application of the instrument, of which 97.6% were stationary and 2.4% were mobile. In 95.7% of establishments, food handlers were untrained, and 19.8% had handwashing stations. In 71.3% of establishments, food handlers did not wear appropriate uniforms, and in 51.5% of establishments, food handlers had poor nail hygiene. The generation of observational data, structured and compatible with subsequent use in predictive models based on artificial intelligence (AI), positions this tool as a key resource for assessing food safety in market establishments, enabling the anticipation of health risks and optimizing decision-making in public health.

Keywords—Food safety, Artificial Intelligence, Predictive models

Resumen—En mercados tradicionales, los manipuladores de alimentos cumplen un rol crucial en la inocuidad alimentaria. Este estudio describe el desarrollo, validación y aplicación de un instrumento orientado a medir de manera sistemática los comportamientos de buenas prácticas de estos trabajadores. De la aplicación del instrumento, fueron observados 328 establecimientos, de los cuales 97.6% fueron estacionados y 2.4% ambulantes. El 95.7% contaba con manipuladores de alimentos no capacitados y el 19.8% con estación de lavado de manos. No se observó uso de vestimenta adecuada en el 71.3% y el 51.5% presentó falta de higiene en las uñas de las manos. La generación de datos observacionales, estructurados y compatibles con su uso posterior en modelos predictivos basados en inteligencia artificial (IA), posiciona a esta herramienta como un recurso clave para evaluar la inocuidad alimentaria en establecimientos de mercados, pudiendo anticipar riesgos sanitarios y optimizar la toma de decisiones en salud pública.

Palabras Clave— Inocuidad alimentaria, Inteligencia artificial, Modelos predictivos

I. INTRODUCCIÓN

La importancia del comportamiento humano para garantizar el cumplimiento normativo y la inocuidad alimentaria es cada vez más reconocida por académicos, reguladores y personas que trabajan en todos los aspectos de la industria alimentaria. Durante los últimos 40 años, la

gestión de la seguridad alimentaria se ha centrado en la identificación de peligros y, el establecimiento y seguimiento de procedimientos científicamente validados para reducir los riesgos a niveles aceptables. Hoy en día, la Inteligencia Artificial (IA) tiene el potencial de proporcionar información en tiempo real sobre cuestiones como el cumplimiento de los protocolos de inocuidad alimentaria y

el bienestar mental de los empleados, lo que permite abordar con prontitud las infracciones para prevenir posibles incidentes de inocuidad alimentaria (Wang et al., 2025).

La IA ha surgido como una herramienta transformadora del sector de la salud, ofreciendo nuevas oportunidades para la predicción y detección oportuna de enfermedades. Así, *machine learning* (ML) y *deep learning* (DL) han demostrado su eficacia en el análisis de datos clínicos, imágenes médicas y señales biológicas, con el objetivo de identificar patrones y predecir el desarrollo de enfermedades (Zepeda Lugo et al., 2024).

Dentro del ámbito de la inocuidad de los alimentos, la prevención de enfermedades de transmisión alimentaria (ETA) influye en gran medida en la salud pública, especialmente en contextos de comercialización informal como los mercados municipales, donde los manipuladores de alimentos cumplen un rol importante para disminuir el nivel de riesgo de estas enfermedades. Numerosos estudios evaluarán los factores en la manipulación de alimentos que influyen en la inocuidad alimentaria. Peña Kieninger et al. (2025) destacaron la importancia de las prácticas de higiene personal, el uso adecuado de indumentaria de protección y el consumo de alimentos durante la manipulación, así como la necesidad de mantener condiciones sanitarias que eviten la contaminación.

Insfran & Redondo (2020) resaltaron que el entrenamiento y educación es un factor de éxito en la industria alimentaria. Mencionaron que la capacitación apropiada proporciona una mejor comprensión de los fundamentos, herramientas y técnicas que garanticen su aplicación efectiva por parte de los gerentes y empleados. Por otra parte, en Insfran-Rivarola et al. (2020) se destaca el efecto positivo que existe en los comportamientos de los manipuladores de alimentos tras intervenciones o capacitaciones implementadas.

Tuglo et al. (2021) estudiaron los conocimientos, actitudes y prácticas de higiene de los manipuladores de alimentos elaborados en la vía pública. El estudio evaluó la comprensión de conceptos clave como la separación entre alimentos crudos y cocinados, el mantenimiento de temperaturas seguras y la higiene del personal, destacando la importancia de la capacitación previa y del registro formal de los manipuladores como factores determinantes de una manipulación segura. También se señalaron prácticas adecuadas como el lavado correcto de manos, la limpieza de utensilios y la vigilancia de la contaminación cruzada, lo cual contribuye significativamente a garantizar la inocuidad de los alimentos y prevenir las ETA.

Por otra parte, Zenbaba et al. (2022) realizaron una revisión sistemática y metaanálisis en Etiopía, en la que identificaron los principales determinantes de una adecuada manipulación de alimentos en relación con la inocuidad alimentaria. El estudio señaló que solo el 50.5% de los manipuladores de alimentos aplicaban buenas prácticas higiénicas, las cuales incluían el lavado de manos en momentos críticos, el uso de ropa protectora, el recorte de uñas, la limpieza de utensilios y la correcta gestión de

residuos. Se observó una buena asociación entre las buenas prácticas y factores como la educación formal, el conocimiento técnico sobre higiene alimentaria, una actitud positiva hacia la manipulación segura, la capacitación previa y la realización de chequeos médicos periódicos. Estos factores fueron considerados claves para la prevención de ETA, especialmente en lugares con limitada infraestructura sanitaria y escasa supervisión. Los autores destacaron la importancia de implementar intervenciones orientadas a fortalecer la formación, el monitoreo y el compromiso de los manipuladores para garantizar la inocuidad de los alimentos. Los principales puntos considerados fueron el mantenimiento de la limpieza en general, el uso de utensilios separados para alimentos crudos y cocinados, así como la ubicación, ventilación e iluminación del local.

En Estigarribia et al. (2020) se consideraron las actitudes en relación con los conocimientos y las prácticas de higiene y manipulación de alimentos, así como conceptos sobre inocuidad alimentaria, la correcta cadena de frío que deben seguir los alimentos refrigerados, los controles necesarios para que la cadena de frío no se rompa y, acciones preventivas para evitar el ingreso de plagas.

En este contexto, resulta necesario disponer de herramientas confiables que permitan evaluar de manera sistemática los comportamientos de los manipuladores de alimentos, generando datos estructurados y compatibles con el desarrollo de modelos predictivos. El presente estudio describe el proceso de diseño, validación y aplicación de un instrumento tipo *checklist* orientado a la recolección sistemática de datos sobre comportamientos de manipulación e higiene de alimentos en mercados tradicionales de Asunción, Paraguay, con el propósito de establecer una base sólida para futuros modelos predictivos basados en IA capaces de detectar patrones críticos, anticipar brotes de ETA y apoyar la toma de decisiones en salud pública.

II. METODOLOGÍA

Con el objetivo de evaluar de forma precisa los comportamientos relacionados con la higiene y la manipulación de alimentos en mercados tradicionales similares a los de la ciudad de Asunción, Paraguay, se diseñó un instrumento de medición tipo *checklist*. Este instrumento fue elaborado para recolectar datos de campo que sirvieran como base para el desarrollo de modelos predictivos mediante técnicas de inteligencia artificial. A continuación, se describen las etapas metodológicas implementadas.

A. Diseño del Instrumento de Medición

Se diseñó una encuesta observacional adaptada a partir de la encuesta de evaluación propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) referente a buenas prácticas en mercados tradicionales (*Buenas prácticas en mercados tradicionales de alimentos de la Región de las Américas - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*, 2023),

con criterios evaluados en estudios seleccionados de la revisión de la literatura comprendida entre los años 2019 y 2024. La encuesta contenía variables relacionadas al establecimiento de comida y a los manipuladores de alimentos. A su vez, se incorporaron principios del enfoque *Design for Six Sixma* (DFSS) abordados en Insfran Rivarola et al. (2024), garantizando el rendimiento del instrumento en diversas condiciones de uso, e identificando problemas potenciales de manera preventiva.

B. Proceso de validación, pruebas piloto, fiabilidad y ajuste del instrumento

Primeramente, la encuesta fue validada por dos expertos, uno en nutrición y otro en estadística. Posteriormente, se realizó una prueba piloto en el mercado municipal N° 4 de la ciudad de Asunción, Paraguay durante una jornada de trabajo, con el objetivo de comprobar la efectividad del instrumento de medición. Durante esta primera fase, se aplicó la encuesta en nueve establecimientos, lo que permitió identificar preguntas que requerían ajustes o eliminación para mejorar la claridad, precisión del cuestionario y la agilidad en la recolección de datos.

El instrumento contó con un total de 141 variables, cuyas respuestas incluyeron en su mayoría los valores “Sí”, “No”, “N/A” y “No observado”. Siendo “N/A” el valor nulo para los casos en donde los datos no existen o son irrelevantes para el contexto. El valor “No observado” fue utilizado para los casos en que la variable debería cumplirse, pero no se pudo comprobar en el momento de la observación.

La prueba piloto permitió identificar variables con un alto porcentaje de “No observado” relacionadas al transporte de mercaderías, debido a que los establecimientos observados ofrecían principalmente sus productos *in situ* en el momento de observación.

C. Selección de la muestra y recolección de datos

La selección de los establecimientos participantes se realizó considerando a vendedores pertenecientes a distintos rubros alimenticios dentro del Mercado N° 4 de Asunción, Paraguay, priorizando aquellos que manipulan alimentos de alto consumo y con mayor potencial de riesgo sanitario, tales como productos cárnicos, lácteos, preparados o listos para el consumo. Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó la fórmula para poblaciones finitas, garantizando una representación adecuada del grupo de estudio y permitiendo obtener resultados generalizables dentro del contexto urbano de los mercados. La muestra a relevar fue de 330 establecimientos de comida.

La recolección de datos fue realizada entre el mes de noviembre 2024 y enero 2025, alcanzando un total de 328 (99.4%) establecimientos observados. Este número fue obtenido luego de descartar aquellos datos que fueron cargados incorrectamente en el instrumento de medición.

Además de su finalidad diagnóstica, el enfoque de recolección y estructuración de los datos fue concebido con

miras a su aplicabilidad en el desarrollo de modelos predictivos basados en IA. Al disponer de información sistematizada y validada, el conjunto de datos obtenido constituye un insumo valioso para entrenar algoritmos de aprendizaje automático que puedan identificar patrones de riesgo, anticipar incumplimientos de normas sanitarias y facilitar el diseño de sistemas inteligentes de monitoreo.

III. ENFOQUE DE LA IA EN LA MANIPULACIÓN DE ALIMENTOS

La IA, como un programa informático con la capacidad de realizar tareas humanas, abre nuevas fronteras para hacer que la inocuidad alimentaria sea “inteligente” a través de sus capacidades analíticas similares a las humanas. La capacidad de la IA para analizar rápidamente grandes conjuntos de datos, identificar anomalías y automatizar las tareas de monitoreo le permite superar los métodos manuales tradicionales que dependen de la mano de obra, creando enfoques más inteligentes y proactivos para garantizar la inocuidad alimentaria (Wang et al., 2025).

El método de utilizar imágenes de cámaras de CCTV para evaluar el cumplimiento de la higiene de manos ha permitido obtener información valiosa sobre las prácticas de higiene de manos de los manipuladores de alimentos en empresas de fabricación de alimentos (Evans et al., 2023)

Por ejemplo, ML y DL han demostrado su eficacia en el análisis de datos clínicos, imágenes médicas y señales biológicas, con el objetivo de identificar patrones y predecir el desarrollo de enfermedades (Zepeda Lugo et al., 2024).

Las innovaciones en IA en inocuidad alimentaria se están aplicando en todo el mundo a pesar de que ha sido uno de los avances recibidos más lentamente en comparación con el resto. La importancia de garantizar que los trabajadores de las organizaciones de alimentos y bebidas cumplan con las normas de higiene individual es fundamental. El razonamiento computarizado permite a las organizaciones identificar rápidamente cualquier falla en este aspecto y solucionarla para una mejor manipulación de los alimentos (Sahni et al., 2021).

En este contexto, el instrumento de medición diseñado puede complementar y fortalecer estas aplicaciones tecnológicas. Su estructura, basada en criterios normativos y evidencias científicas, permite recolectar datos observacionales estandarizados sobre prácticas en la manipulación de alimentos en mercados de Asunción. Dichos datos pueden alimentar modelos predictivos de IA, funcionando como insumo estructurado para entrenar algoritmos que reconozcan comportamientos de riesgo, anticipen fallas sanitarias y permitan intervenciones preventivas más eficaces.

A diferencia de enfoques puramente automatizados, el instrumento desarrollado ofrece una capa de comprensión contextual y cualitativa que puede enriquecer los modelos computacionales, ayudando a reducir sesgos y a interpretar patrones en función del entorno socioeconómico de los manipuladores. Así, el instrumento no solo es una

herramienta diagnóstica útil en sí misma, sino también una base sólida para el desarrollo de sistemas inteligentes aplicados a la vigilancia sanitaria, consolidando un enfoque integrado de inocuidad alimentaria.

Esta articulación entre el trabajo de campo y el potencial analítico de la IA posiciona al instrumento no solo como herramienta de evaluación, sino también como componente fundamental para la transformación digital de los sistemas de vigilancia en inocuidad alimentaria.

A. IA para la Inocuidad Alimentaria y Salud Pública

Las implicaciones para la salud pública de las aplicaciones de IA se basan en la evidencia, y su uso para la promoción de la salud personalizada y la prevención de enfermedades, así como en la rehabilitación y el manejo de enfermedades, es prometedor. Sin embargo, el uso de una IA como asistente virtual personal en la comunidad científica aún se encuentra en sus primeras etapas.

El procesamiento del lenguaje natural (PLN) puede utilizarse para extraer información sobre brotes de enfermedades, identificar tendencias en la propagación de enfermedades y detectar correlaciones entre los datos de salud pública y otros factores, como las condiciones socioeconómicas. Al automatizar el resumen de datos de salud pública, podemos comprender mejor el estado actual de la salud pública e informar la toma de decisiones y la formulación de políticas para mejorar los resultados (Jungwirth & Haluza, 2023).

La IA tiene el potencial de mejorar la eficiencia y la eficacia de los procesos en un continuo de salud pública ampliado para posibilitar enfoques personalizados de predicción y prevención, aplicados de forma diferenciada en distintas poblaciones para adecuar los servicios preventivos a las necesidades individuales (Panch et al., 2019).

Con el desarrollo de la economía y el comercio mundial, la inocuidad alimentaria cobra cada vez mayor importancia, y esto se puede lograr gracias a los avances tecnológicos, como la IA y el *big data*. Dado que la inocuidad alimentaria desempeña un papel fundamental en la industria alimentaria, ha recibido una gran atención por parte de la comunidad investigadora, tanto de la ciencia de los alimentos como de la informática (Zhou et al., 2022).

La integración de esta herramienta en ecosistemas digitales que utilicen IA y *big data* facilitaría la elaboración de modelos predictivos diferenciados, adaptados a las realidades de distintas poblaciones y territorios. Así, se abre la posibilidad de transitar desde una vigilancia sanitaria reactiva hacia un enfoque proactivo, orientado a la toma de decisiones basadas en evidencia, lo que resulta especialmente relevante en entornos vulnerables como los mercados municipales.

El instrumento descrito en este estudio no solo cumple una función diagnóstica en el presente, sino que, a través de la generación de datos estructurados y compatibles con modelos predictivos, se posiciona como una base sólida para el diseño de sistemas inteligentes de salud pública con

tecnologías como la IA y el PLN, capaces de contribuir a la mejora sostenida de la inocuidad alimentaria y la prevención de ETA.

IV. RESULTADOS

La encuesta diseñada a partir de los criterios propuestos por la OPS y estudios relevantes de inocuidad alimentaria, y, además, validada por expertos, permitió la evaluación e identificación de factores de riesgo en establecimientos de comida en el mercado municipal N° 4 de la ciudad de Asunción, Paraguay. La metodología de obtención del instrumento de medición fue descripta en este estudio, y a partir del mismo, se presentan los resultados obtenidos del análisis de datos. En la Tabla I se muestra el número de establecimientos clasificados por su modalidad (Estacionado o Ambulante) y su tipo (si es Estacionado): Copetín, Puesto, Restaurante u Otros. Los establecimientos con valor “N/A” son aquellos que pertenecen a la modalidad ambulante. Por otra parte, en la modalidad Estacionado, para el tipo Otros se incluyeron establecimientos como panaderías, carnicerías, heladerías, entre otros.

TABLA I

ESTABLECIMIENTOS ENCUESTADOS		
Modalidad	Tipo	Número de establecimientos
Estacionado	Copetín	34
Estacionado	Puesto	202
Estacionado	Restaurante	1
Estacionado	Otros	83
Ambulante	N/A	8

A. Estación de Lavado de Manos

Menos de la mitad de los establecimientos evaluados (19.8%) cuentan con una estación adecuada para el lavado de manos, lo que compromete significativamente la inocuidad de los alimentos ofrecidos. Esta deficiencia representa un riesgo directo para la salud del consumidor, ya que aumenta la probabilidad de transmisión de ETA. La ausencia de esta infraestructura básica impide el cumplimiento de prácticas higiénicas esenciales por parte de los manipuladores, poniendo en evidencia una falencia crítica en las condiciones sanitarias del entorno alimentario.

B. Vestimenta Adecuada

El 71.3% de los manipuladores observados no utilizaba vestimenta adecuada (delantal, gorro, guantes) para garantizar la seguridad y calidad de los alimentos que ofrecen. Esta situación evidencia una deficiencia importante en la aplicación de medidas básicas de higiene, ya que es fundamental que los manipuladores usen una indumentaria apropiada, diseñada específicamente para actuar como una barrera higiénica que minimice el riesgo de contaminación durante la preparación, manipulación y servicio de los alimentos.

C. Uñas Cortas

En el 51.5% de los establecimientos evaluados se observaron manipuladores de alimentos que no contaban con uñas cortas e higienizadas. Esta condición incrementa significativamente el riesgo de albergar y transmitir microorganismos patógenos a los alimentos, comprometiendo así la inocuidad alimentaria.

D. Capacitación del Personal

Cerca del 95.7% de los manipuladores de alimentos no acceden a capacitaciones en temas relacionados con la manipulación segura de los alimentos; la forma en que manipulan los alimentos está basada en los conocimientos, prácticas y creencias que poseen respecto a ellas. Esta falta de formación representa un decrecimiento en el sistema sanitario y en el compromiso de ofrecer alimentos seguros, ya que se limita el conocimiento y la aplicación de buenas prácticas de higiene y prevención de riesgos alimentarios. La capacitación continua es una herramienta clave para garantizar la inocuidad alimentaria y promover prácticas correctas

V. DISCUSIÓN

El presente estudio no se limita a un diagnóstico puntual, sino que busca ofrecer información crucial para el diseño de estrategias públicas más impactantes, dirigidas a mejorar los estándares de calidad e inocuidad en el comercio informal de alimentos. Además, el instrumento diseñado podrá convertirse en una fuente útil para instituciones sanitarias y educativas, tanto en la evaluación periódica de prácticas de manipulación como en la planificación de programas de capacitación. Este instrumento adquiere un valor añadido por facilitar la generación de datos estructurados y compatibles con el uso de IA.

El estudio actual va más allá de un simple diagnóstico, buscando aportar datos cruciales para crear políticas públicas más eficaces, enfocadas en elevar los niveles de calidad y seguridad en la venta informal de alimentos. El recurso creado puede ser valioso para entes de salud y educación, ya sea para evaluar periódicamente las prácticas de manejo o para planear programas de formación. En esta línea, la inclusión de tecnologías nuevas, como la IA, el *big data* y la tecnología *blockchain*, expande mucho el potencial de este recurso, permitiendo su integración en sistemas inteligentes de salud pública.

Estas conclusiones se suman a las de Zhou et al. (2022), quienes sugieren que estas tecnologías facilitan un enfoque sistémico a la inocuidad alimentaria, desde la recogida y el guardado de datos hasta su análisis, visualización y protección. Esta perspectiva es relevante sobre todo en el ámbito del comercio informal, donde la gestión de datos es escasa y está dispersa. La opción de ordenar y analizar estos datos con IA no solo agiliza el monitoreo constante, sino que permite generar respuestas más rápidas, precisas y con base en la evidencia.

Además, como indican Sahni et al. (2021), los marcos informatizados con base en IA hacen posible generar datos coherentes en diversas escalas temporales desde horas hasta meses, lo cual ayuda a crear modelos predictivos para anticipar problemas relacionados con la inocuidad alimentaria. Estos modelos se pueden adaptar con facilidad a contextos institucionales o comunitarios, lo cual haría más sencilla su puesta en marcha en programas de vigilancia o capacitación.

Aun así, estos posibles beneficios deben analizarse con cuidado. Tal como advierten Qian et al. (2023), el uso de la IA en la inocuidad alimentaria todavía se enfrenta a importantes obstáculos estructurales. Entre ellos, resaltan la baja disponibilidad de datos digitalizados, la resistencia de las empresas a compartir datos en la nube por temas de privacidad, la escasa formación del personal en habilidades digitales y la falta de un ambiente de innovación que impulse la colaboración entre sectores. Específicamente en Paraguay, un país de economía creciente, aún se enfrentan a obstáculos como logística e infraestructura inmobiliaria subdesarrolladas, escasez en talento local e instituciones no desarrolladas (Vierci-Codas et al., 2025). Superar estos retos requerirá no solo inversión en infraestructura y formación, sino también la creación de marcos éticos y legales para el manejo seguro de datos.

Pese a ello, la capacidad de la IA para procesar grandes cantidades de datos y detectar patrones complejos ofrece ventajas importantes. Como indican Jungwirth y Haluza (2023), los algoritmos inteligentes ayudan a identificar tendencias de forma temprana, lo que podría mejorar la asignación de recursos e incluso personalizar acciones educativas y sanitarias según el perfil del manipulador o del ambiente de trabajo.

Para finalizar, aunque es cierto que hay ciertos obstáculos técnicos, éticos y prácticos para usar la inteligencia artificial en la seguridad de los alimentos, la herramienta que creamos en este estudio tiene buenas posibilidades de sacar provecho de estas novedades. Su estructura, que se puede modificar y ajustar, hace que se pueda añadir a plataformas digitales más grandes, lo que la convierte en una ayuda importante para sistemas de salud pública más dinámicos, eficaces y adaptados a la realidad. El uso de estas herramientas, permitirá no solo mejorar la supervisión y la formación en el sector no estructurado, sino también ayudar a crear lugares donde los alimentos sean más seguros para los consumidores.

VI. CONCLUSIÓN

Los resultados de esta investigación destacan la urgencia de fortalecer las prácticas de inocuidad alimentaria en mercados tradicionales, mediante estrategias de capacitación y supervisión. El instrumento descrito permite evaluar sistemáticamente los comportamientos de los manipuladores de alimentos, facilitando la generación de datos para su uso posterior en modelos predictivos con IA o PLN. Además, su aplicabilidad en distintos contextos lo convierten en una

herramienta innovadora para optimizar la toma de decisiones en salud pública, especialmente en escenarios de comercio informal.

REFERENCIAS

- [1] Wang, K., Miroso, M., Hou, Y., & Bremer, P. (2025). Advancing food safety behavior with AI: Innovations and opportunities in the food manufacturing sector. *Trends in Food Science & Technology*, 161, 105050. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105050>
- [2] Zepeda Lugo, C. A., Insfran Rivarola, A. M., & Arévalos Ferreira, A. P. (2024). Impacto de la IA en la Predicción y Detección Oportuna de Enfermedades: Una Revisión Sistemática. *Latin American Journal of Applied Engineering*, 7(1), 25-35. <https://doi.org/10.69681/lajae.v7i1.35>
- [3] Peña Kieninger, J., Alonso Alonso, R., Silva Galeano, F., Orué Fernández, D., Cáceres Rojas, R., Guillén Fretes, R., Rodríguez Acosta, F., & Canese Krivoshein, A. (2025). Enterotoxinas en *Staphylococcus aureus* aislados de manipuladores de alimentos de un mercado público de Asunción, Paraguay. *Revista del Nacional (Itaiguá)*, 17(1). <https://doi.org/10.18004/rdn2025.e1700110>
- [4] Insfran, A., & Redondo, E. (2020). Factores de Éxito de Lean Six Sigma en la Industria Alimentaria. *Latin American Journal of Applied Engineering*, 3(1), 16–22. <https://doi.org/10.69681/lajae.v3i1.15>
- [5] Insfran-Rivarola, A., Tlapa, D., Limon-Romero, J., Baez-Lopez, Y., Miranda-Ackerman, M., Arredondo-Soto, K., & Ontiveros, S. (2020). A Systematic Review and Meta-Analysis of the Effects of Food Safety and Hygiene Training on Food Handlers. *Foods*, 9(9), 1169. <https://doi.org/10.3390/foods9091169>
- [6] Tuglo, L. S., Agordoh, P. D., Tekpor, D., Pan, Z., Agbanyo, G., & Chu, M. (2021). Food safety knowledge, attitude, and hygiene practices of street-cooked food handlers in North Dayi District, Ghana. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 26(1), 54. <https://doi.org/10.1186/s12199-021-00975-9>
- [7] Zenbaba, D., Sahiledengle, B., Nugusu, F., Beressa, G., Desta, F., Atlaw, D., & Chattu, V. K. (2022). Food hygiene practices and determinants among food handlers in Ethiopia: A systematic. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 26(1), 54. <https://doi.org/10.1186/s12199-021-00975-9>
- [8] Estigarribia, G., Aguilar, G., Ríos, P., Ortiz, A., Martínez, P., & Ríos-González, C. M. (2020). Knowledge, attitudes and practices about good manufacturing practices of food manipulators of Caaguazú, Paraguay. *Revista de salud pública del Paraguay*, 9(2), 22-28. <https://doi.org/10.18004/rspp.2019.diciembre.22-28>
- [9] Buenas prácticas en mercados tradicionales de alimentos de la Región de las Américas—OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. (2023, junio 2). <https://www.paho.org/es/documentos/buenas-practicas-mercados-tradicionales-alimentos-region-america>
- [10] Insfran Rivarola, A., López, Z., Arevalos, A., León, R., & Zepeda Lugo, C. (2024). Caracterización de Design for Six Sigma en Industrias Manufactureras y de Servicios: Una Revisión Sistemática. *Latin American Journal of Applied Engineering*, 7(1), 15-24. <https://doi.org/10.69681/lajae.v7i1.36>
- [11] Evans, E. W., Bulochova, V., Jayal, A., & Haven-Tang, C. (2023). Attitudes towards using artificial intelligence to determine real-time hand hygiene compliance in the food sector. *Food Control*, 145, 109439. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109439>
- [12] Sahni, V., Srivastava, S., & Khan, R. (2021). Modelling Techniques to Improve the Quality of Food Using Artificial Intelligence. *Journal of Food Quality*, 2021, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2021/2140010>
- [13] Jungwirth, D., & Haluza, D. (2023). Artificial Intelligence and Public Health: An Exploratory Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 4541. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054541>
- [14] Panch, T., Pearson-Stuttard, J., Greaves, F., & Atun, R. (2019). Artificial intelligence: Opportunities and risks for public health. *The Lancet Digital Health*, 1(1), e13-e14. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(19\)30002-0](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(19)30002-0)
- [15] Zhou, Q., Zhang, H., & Wang, S. (2022). Artificial intelligence, big data, and blockchain in food safety. *International Journal of Food Engineering*, 18(1), 1-14. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2021-0299>
- [16] Qian, C., Murphy, S. I., Orsi, R. H., & Wiedmann, M. (2023). How Can AI Help Improve Food Safety? *Annual Review of Food Science and Technology*, 14(1), 517-538. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-060721-013815>
- [17] Vierci-Codas, S., Insfran-Rivarola, A., Arevalos, A. P., Macias-Velasquez, S., Zepeda-Lugo, C., & Martínez-Mendoza, E. (2025). Improved performance in retail distribution process through a Lean Manufacturing approach: A case study. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 18(2), 342-372. <https://doi.org/10.3926/jiem.8178>

Este estudio fue financiado por los autores. Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Copyright © 2025 Ulises Sanabria Villamayor, Nahir Samudio Santander



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales.

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)