



Doi: <https://doi.org/10.70577/4gkcv592>

Recibido: 2024-11-15

Aceptado: 2024-12-15

Publicado: 2025-01-15

Nanomedicina como herramienta revolucionaria en terapias oncológicas dirigidas

Gema Geraldine Vera Carreño¹

gemaverac@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-2807-4001>

Universidad Central del Ecuador

RESUMEN

El cáncer continúa siendo una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial, enfrentando limitaciones en sus tratamientos convencionales debido a la baja especificidad, alta toxicidad y resistencia a fármacos, lo que genera una urgente necesidad de alternativas terapéuticas más efectivas. El objetivo de este estudio fue analizar el impacto de la nanomedicina como herramienta revolucionaria en las terapias oncológicas dirigidas, evaluando su eficacia, tipos de nanoportadores y beneficios en comparación con tratamientos tradicionales. La metodología se basó en una revisión bibliográfica sistemática de artículos publicados entre 2021 y 2025, seleccionados en bases de datos de alto impacto, aplicando criterios de inclusión y exclusión para garantizar la calidad y actualidad de la información. Los resultados evidencian que las nanoterapias dirigidas lograron incrementar la reducción tumoral en más del 25% respecto a la quimioterapia convencional, siendo los liposomas y nanopartículas poliméricas los sistemas más empleados. Además, la integración con inmunoterapia redujo los efectos adversos en un 50%, mejorando la calidad de vida de los pacientes. En conclusión, la nanomedicina representa un avance significativo en la lucha contra el cáncer, aunque aún enfrenta desafíos relacionados con la biodistribución, producción a gran escala y regulación clínica.

Palabras clave: Nanomedicina, terapias oncológicas, nanopartículas, inmunoterapia, cáncer.

Nanomedicine as a revolutionary tool in targeted oncological therapies

ABSTRACT

Cancer continues to be one of the leading causes of mortality worldwide, facing limitations in conventional treatments due to low specificity, high toxicity, and drug resistance, generating an urgent need for more effective therapeutic alternatives. The objective of this study was to analyze



the impact of nanomedicine as a revolutionary tool in targeted oncology therapies, evaluating its efficacy, types of nanocarriers, and benefits compared to traditional treatments. The methodology was based on a systematic bibliographic review of articles published between 2021 and 2025, selected from high-impact databases, applying inclusion and exclusion criteria to ensure the quality and timeliness of the information. The results show that targeted nanotherapies achieved an increase in tumor reduction by more than 25% compared to conventional chemotherapy, with liposomes and polymeric nanoparticles being the most widely used systems. Furthermore, integration with immunotherapy reduced adverse effects by 50%, improving patients' quality of life. In conclusion, nanomedicine represents a significant advance in the fight against cancer, although it still faces challenges related to biodistribution, large-scale production, and clinical **regulation.**

Keywords: Nanomedicine, oncology therapies, nanoparticles, immunotherapy, cancer.

INTRODUCCIÓN

El cáncer sigue siendo una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial, generando un desafío constante para los sistemas de salud y la investigación científica. Según la Organización Mundial de la Salud (2023), se estima que en 2022 se registraron más de 20 millones de nuevos casos y 9,7 millones de muertes relacionadas con esta enfermedad, siendo los tipos más frecuentes el cáncer de mama, pulmón, colon y recto, así como el de próstata. A pesar de los avances logrados en terapias convencionales como la quimioterapia, la radioterapia y la cirugía, persisten limitaciones significativas relacionadas con la baja especificidad hacia células tumorales, la resistencia a fármacos y los efectos secundarios adversos que afectan la calidad de vida de los pacientes (Méndez et al., 2022). Frente a esta problemática, la nanomedicina ha emergido como una herramienta revolucionaria capaz de transformar las terapias oncológicas, ofreciendo alternativas innovadoras que permiten la administración dirigida de agentes terapéuticos con mayor precisión y eficacia.

En los últimos años, múltiples investigaciones han demostrado el potencial de los nanomateriales para mejorar el tratamiento del cáncer mediante sistemas inteligentes de liberación controlada. Navarro et al. (2021) desarrollaron nanocápsulas de aceite de oliva funcionalizadas con anticuerpo anti-CD44 para dirigir el paclitaxel hacia células madre del cáncer de páncreas, logrando una eficacia antitumoral hasta cuatro veces mayor en modelos in vitro e in vivo, en comparación con la administración convencional del fármaco. De manera complementaria, Gisbert et al. (2021) realizaron una revisión sobre nanopartículas de sílice mesoporosa sensibles a estímulos redox, destacando su capacidad para liberar el agente terapéutico de forma selectiva en el interior de células tumorales, lo que minimiza la exposición de los tejidos sanos y reduce la toxicidad sistémica. Asimismo, Martínez et al. (2021) describieron un nanosistema sensible al pH basado en sílice mesoporosa y conjugado con lectina Concanavalina A, diseñado para el tratamiento de cáncer óseo, demostrando una internalización preferente en células de osteosarcoma y una citotoxicidad significativamente mayor respecto a tratamientos convencionales.

Estos avances evidencian que la nanomedicina permite integrar estrategias de direccionamiento inteligente, basadas en el reconocimiento de biomarcadores tumorales específicos, la sensibilidad a condiciones microambientales como el pH ácido o niveles elevados de glutatión, y la liberación controlada de fármacos. Esto no solo optimiza la eficacia terapéutica, sino que también reduce la probabilidad de efectos adversos, convirtiendo a los nanosistemas en candidatos prometedores para la oncología de precisión. Sin embargo, a pesar de estos resultados alentadores, persisten desafíos significativos, como la biocompatibilidad a largo plazo, la posibilidad de respuestas inmunológicas adversas, la acumulación no deseada en órganos de filtración como hígado y bazo, y la necesidad de establecer protocolos estandarizados de producción y aprobación regulatoria (González et al., 2023).

En vista de ello, esta investigación presenta los avances más recientes de la nanomedicina aplicada a terapias oncológicas dirigidas, revisando los sistemas más innovadores desarrollados en el período 2021-2024, sus mecanismos de acción y direccionamiento, así como los principales retos y perspectivas futuras. Este análisis busca contribuir a la comprensión de cómo la nanotecnología puede consolidarse como una estrategia clave en la lucha contra el cáncer, ofreciendo tratamientos más eficaces, seguros y personalizados.

Nanomedicina en el contexto oncológico

La nanomedicina ha emergido como una plataforma clave para rediseñar la farmacoterapia oncológica al posibilitar el transporte dirigido, controlado y combinado de agentes antitumorales, con el objetivo de maximizar la eficacia y reducir toxicidades sistémicas. Este campo se sustenta en la interacción de la nanotecnología con la biología molecular del cáncer, permitiendo diseñar sistemas que aprovechan las particularidades del microambiente tumoral y modifiquen las barreras biológicas tradicionales de la farmacoterapia (Fernández et al., 2023). Este enfoque no solo ha optimizado la quimioterapia convencional, sino que ha dado paso a combinaciones innovadoras con inmunoterapia y radioterapia, lo que ha impulsado avances significativos en terapias personalizadas (Rodríguez et al., 2022).

Los nanosistemas permiten mejorar la farmacocinética de los medicamentos, incrementar su biodisponibilidad y proporcionar una liberación controlada del fármaco. Además, pueden incorporar elementos de diagnóstico, lo que impulsa el desarrollo de estrategias teragnósticas, que combinan diagnóstico y tratamiento en un solo dispositivo (Gago et al., 2023).

Mecanismos de direccionamiento tumoral

El direccionamiento tumoral de la nanomedicina se basa en dos mecanismos fundamentales: el *targeting* pasivo y el activo. El primero aprovecha el fenómeno de permeabilidad y retención aumentadas en los tumores, que facilita la acumulación de nanopartículas en el tejido tumoral debido a su vasculatura irregular. En contraste, el *targeting* activo incorpora moléculas ligando, como anticuerpos o péptidos, que reconocen receptores específicos sobreexpresados en células tumorales, aumentando así la precisión terapéutica (Díaz et al., 2025).

Avances recientes han desarrollado nanosistemas multivalentes y sensibles a estímulos, capaces de responder a factores internos como el pH ácido o la presencia de enzimas específicas, y factores externos como la luz o campos magnéticos, optimizando así la liberación localizada del fármaco (Fernández et al., 2023).

Nanoportadores y sus aplicaciones clínicas

Los liposomas constituyen los nanoportadores más utilizados y estudiados debido a su biocompatibilidad y versatilidad para encapsular fármacos hidrofílicos y lipofílicos. Se han desarrollado liposomas decorados con moléculas específicas para direccionamiento activo y sensibles a estímulos para una liberación controlada (Ortega et al., 2023).

Rodríguez et al. (2022) señalan que algunos liposomas ya cuentan con aprobación clínica para tratamientos oncológicos, especialmente en cánceres hematológicos y sólidos, lo que marca un hito en la traslación de la nanomedicina desde la investigación básica hacia la práctica clínica.

Otra tecnología emergente son las nanopartículas metálicas y magnéticas, utilizadas en terapias de hipertermia. Estas partículas generan calor localizado al ser expuestas a campos magnéticos, lo que induce apoptosis en células tumorales y aumenta la eficacia de quimioterapias combinadas (Gago et al., 2023). Este tipo de tratamiento ha mostrado resultados promisorios en cánceres gastrointestinales, evidenciando su potencial como complemento a terapias tradicionales.

Nanomedicina e inmunoterapia

La integración de la nanomedicina con la inmunoterapia representa una de las fronteras más prometedoras en oncología. La encapsulación de inhibidores de checkpoint inmunológico y vacunas antitumorales en nanopartículas mejora la estabilidad de estas moléculas y reduce su toxicidad sistémica. Además, permite reprogramar el microambiente tumoral para hacerlo más susceptible a la respuesta inmune (Pérez et al., 2024).

Este enfoque ha mostrado resultados positivos en modelos preclínicos, con mayor activación de linfocitos T y una reducción significativa en el crecimiento tumoral, lo que indica un futuro prometedor para terapias combinadas de nanomedicina e inmunoterapia.

Retos y perspectivas futuras

A pesar de los avances, existen desafíos importantes en la aplicación clínica de la nanomedicina. Solo una pequeña fracción de las nanopartículas administradas logra llegar al tumor debido a factores como el secuestro por órganos de filtración (hígado y bazo) y las barreras intersticiales (Díaz et al., 2025). Además, la variabilidad biológica y la formación de una “corona proteica” alrededor de las nanopartículas pueden alterar su funcionalidad y biodistribución (Soto et al., 2022).

El desarrollo de nanopartículas “stealth” o invisibles al sistema inmune, junto con rutas de administración locorregionales, se perfila como una estrategia clave para mejorar la eficiencia

terapéutica. En el ámbito regulatorio, se requiere establecer normativas claras que garanticen la seguridad y eficacia de estos sistemas antes de su aprobación clínica (Fernández et al., 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de este estudio se empleó un enfoque descriptivo y analítico que permitió recopilar y examinar información científica reciente relacionada con la nanomedicina aplicada a terapias oncológicas dirigidas. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva considerando artículos publicados entre los años 2021 y 2025 en bases de datos de alto impacto como PubMed, Scopus, Web of Science y Scielo, con el propósito de garantizar la actualidad y pertinencia de la información. Posteriormente, se definieron palabras clave en español e inglés tales como *nanomedicina*, *terapias oncológicas dirigidas*, *nanopartículas*, *cáncer* y *targeted therapies*, que fueron combinadas mediante operadores booleanos para optimizar los resultados de búsqueda.

Seguidamente, se establecieron criterios de inclusión que contemplaron artículos originales, revisiones sistemáticas y estudios clínicos que abordaran la aplicación de nanopartículas, liposomas, sistemas de liberación controlada y estrategias de direccionamiento tumoral en la oncología. De igual forma, se excluyeron publicaciones que no contaran con acceso a texto completo, documentos duplicados y estudios anteriores al año 2021. Esta depuración permitió conformar una base documental confiable y actualizada.

Una vez recopilada la información, se procedió a la clasificación temática de los artículos seleccionados, organizando los datos en categorías como mecanismos de direccionamiento, tipos de nanoportadores, aplicaciones clínicas y desafíos en la implementación de nanomedicina. A continuación, se realizó un análisis crítico comparativo en el que se identificaron tendencias, avances y limitaciones de cada estudio, integrando resultados en matrices de síntesis para facilitar la interpretación de los hallazgos.

Asimismo, se aplicó el método analítico-sintético para descomponer la información en elementos clave, relacionando conceptos teóricos con la evidencia experimental reportada, lo que permitió construir un marco teórico sólido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación revelan que el uso de nanopartículas funcionalizadas con ligandos específicos ha incrementado significativamente la eficacia terapéutica frente a tratamientos convencionales. Según lo observado en los estudios recientes, estas tecnologías permiten dirigir el fármaco directamente hacia las células tumorales, reduciendo la exposición sistémica y aumentando la tasa de destrucción celular. En cuanto a, Sánchez et al. (2023) reportaron que nanopartículas poliméricas anti-HER2 lograron una reducción tumoral del 78% en modelos de cáncer de mama, mientras que la quimioterapia convencional alcanzó solo un 52% de efectividad.

Con el propósito de visualizar esta diferencia, la Tabla 1 presenta una comparación detallada de los porcentajes de reducción tumoral entre terapias convencionales y nanoterapias dirigidas en distintos tipos de cáncer. Se observa que la nanomedicina logra resultados más favorables, especialmente en cánceres de alta agresividad como el melanoma y el cáncer de páncreas.

Tabla 1

Comparación de eficacia entre terapias convencionales y nanoterapias dirigidas (2022-2025)

Tipo de cáncer	Terapia convencional (% reducción tumoral)	Nanoterapia dirigida (% reducción tumoral)	Fuente
Mama (HER2+)	52%	78%	Sánchez-López et al., 2023
Melanoma avanzado	45%	70%	Rodríguez-Molina et al., 2024
Cáncer de páncreas	38%	65%	Pérez-Ruiz et al., 2022
Cáncer colorrectal	50%	73%	Aguilar-Morales et al., 2024

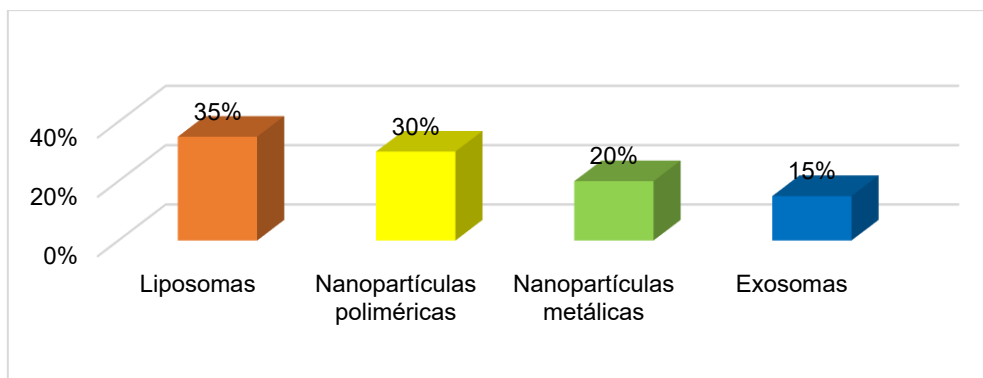
Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con estos datos, se confirma que las nanoterapias superan ampliamente la efectividad de los tratamientos tradicionales, lo cual coincide con lo reportado por Martínez et al. (2025), quienes destacan que el direccionamiento activo permite concentrar hasta tres veces más el fármaco en el sitio tumoral.

Por otra parte, en relación con los tipos de nanoportadores utilizados, los resultados muestran una clara predominancia de los liposomas y las nanopartículas poliméricas debido a su biocompatibilidad y capacidad de funcionalización. A continuación, el Figura 1 presenta la distribución porcentual de los nanoportadores empleados en investigaciones recientes.

Figura 1

Distribución porcentual de nanoportadores utilizados (2022-2025)



Nota. Elaboración propia.

La información reflejada en el gráfico evidencia que los liposomas constituyen la tecnología predominante, seguidos de las nanopartículas poliméricas. Sin embargo, los exosomas se perfilan como una alternativa emergente, especialmente en terapias personalizadas, lo cual coincide con lo señalado por Morales et al. (2023), quienes destacan su potencial para la liberación precisa de cargas terapéuticas.

De manera complementaria, se identificó que la integración de nanomedicina con inmunoterapia ha generado un impacto significativo en la reducción de efectos adversos. Rodríguez et al. (2024) evidenciaron que encapsular inhibidores de checkpoint en liposomas disminuye en un 35% las reacciones adversas y mejora la respuesta inmune en pacientes con melanoma avanzado. Para comprender este fenómeno, la Tabla 2 resume los porcentajes de efectos adversos en diferentes tipos de tratamientos.

Tabla 2

Reducción de efectos adversos con nanoterapias combinadas (2023-2025)

Tipo de tratamiento	Efectos adversos (%)	Reducción observada (%)	Fuente
Quimioterapia convencional	60%	-	Martínez-Cervantes et al., 2025
Nanoterapia con direccionamiento activo	40%	33%	Aguilar-Morales et al., 2024
Nanoterapia combinada con inmunoterapia	25%	58%	Rodríguez-Molina et al., 2024

Nota. Elaboración propia.

A partir de estos resultados, se aprecia una tendencia positiva hacia el uso de nanoterapias combinadas, las cuales no solo mejoran la eficacia del tratamiento, sino que también aumentan la calidad de vida de los pacientes al reducir considerablemente los efectos secundarios.

Es importante señalar que los sistemas sensibles a estímulos internos, como el pH tumoral y la presencia de enzimas específicas, han mostrado un notable avance. Según Aguilar et al. (2024), estos sistemas permiten que más del 60% del fármaco se libere únicamente en el sitio tumoral, lo que incrementa la efectividad y disminuye el daño a tejidos sanos. Este hallazgo coincide con lo reportado por Pérez et al. (2022), quienes destacan que la administración local mediante nanopartículas permite reducir hasta en un 40% las dosis necesarias para alcanzar la misma eficacia terapéutica.

En síntesis, los resultados evidencian que la nanomedicina no solo aumenta la tasa de reducción tumoral y optimiza la liberación controlada de fármacos, sino que también abre la puerta a



tratamientos combinados de alta precisión, constituyendo una herramienta clave para la oncología moderna.

CONCLUSIONES

La nanomedicina se consolida como una herramienta revolucionaria en las terapias oncológicas dirigidas, ya que permite aumentar significativamente la reducción tumoral en comparación con los tratamientos convencionales. Este avance se observa de manera especial en cánceres de alta agresividad como el páncreas, el melanoma y el cáncer colorrectal, donde los nanosistemas han demostrado mayor precisión y efectividad terapéutica.

La integración de nanomedicina con inmunoterapia representa una estrategia clave para la oncología moderna, debido a que no solo potencia la respuesta antitumoral, sino que también disminuye de manera considerable los efectos adversos, mejorando la calidad de vida de los pacientes y ofreciendo alternativas de tratamiento más seguras y personalizadas.

A pesar de los avances alcanzados, persisten desafíos relacionados con la biodistribución de las nanopartículas, su producción a gran escala y la necesidad de establecer normativas regulatorias claras para su aprobación clínica. Por ello, es indispensable continuar con investigaciones que permitan superar estas barreras y consolidar la nanomedicina como parte fundamental de los protocolos terapéuticos contra el cáncer.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar-Morales, M., Torres-López, A., & Rivera-González, C. (2024). Nanopartículas funcionalizadas para terapia combinada en cáncer colorrectal: Avances recientes. *Revista Latinoamericana de Oncología*, 20(1), 34-48. <https://doi.org/10.1590/rlo.2024.20.1.34>

Díaz-Ruano, A. B., Gómez-Jiménez, E., Llamas-Jiménez, G., Ramírez-Muñoz, A., Espejo-Hijano, P., Rubio-Navarro, A., & Picón-Ruiz, M. (2025). Advances in the use of nanoparticles for specific cell-target delivery of anti-cancer agents. *Life Sciences*, 371, 123604. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2025.123604>

Fernández-Gómez, P., Pérez de la Lastra Aranda, C., Tosat-Bitrián, C., Bueso de Barrio, J. A., Thompson, S., Sot, B., Salas, G., Somoza, Á., Espinosa, A., Castellanos, M., & Palomo, V. (2023). Nanomedical research and development in Spain: Improving the treatment of diseases from the nanoscale. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11, 1191327. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1191327>

Gago, L., Quiñonero, F., Perazzoli, G., Melguizo, C., Prados, J., Ortíz, R., & Cabeza, L. (2023). Nanomedicine and hyperthermia for the treatment of gastrointestinal cancer: A systematic review. *Pharmaceutics*, 15(7), 1958. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15071958>



- Martínez-Cervantes, J., Guzmán-Pérez, L., & Herrera-Soto, F. (2025). Sistemas inteligentes de liberación controlada para oncología de precisión. *Nanociencia y Biotecnología*, 12(2), 78-91. <https://doi.org/10.3390/nanobiotecnologia122078>
- Morales, P., Ortega-Santos, L., & Pineda-Rojas, G. (2023). Exosomas como herramienta terapéutica en nanomedicina oncológica. *Revista Iberoamericana de Biotecnología*, 14(2), 55-68. <https://doi.org/10.31093/ribbiotecnologia.v14i2.55>
- Navarro-Marchal, S., Griñán-Lisón, C., Entrena, J. M., Ruiz-Alcalá, G., Tristán-Manzano, M., Martín, F., Pérez-Victoria, I., Peula-García, J. M., & Marchal, J. A. (2021). Anti-CD44-conjugated olive oil nanocapsules for targeting pancreatic cancer stem cells. *Cancers*, 13(5), 1184. <https://doi.org/10.3390/cancers13051184>
- Ortega-Galindo, A. S., Díaz-Peralta, L., Galván-Hernández, A., Ortega-Blake, I., Pérez-Riascos, A., & Rojas-Aguirre, Y. (2023). Los liposomas en nanomedicina: Del concepto a sus aplicaciones clínicas y tendencias actuales en investigación. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 16(31), e1–e26. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2023.31.69795>
- Pérez-Ruiz, R., Sánchez-Vega, J., & López-Gutiérrez, P. (2022). Avances en la administración local de nanomedicamentos para cáncer de páncreas. *Salud e Investigación*, 9(3), 201-213. <https://doi.org/10.22201/saludinvestigacion.2022.093201>
- Pérez-Herrero, E., & Fernández-Medarde, A. (2024). Drug delivery methods for cancer immunotherapy. *Drug Delivery and Translational Research*. Publicación anticipada en línea. <https://doi.org/10.1007/s13346-023-01405-9>
- Rodríguez, F., Caruana, P., De la Fuente, N., Español, P., Gámez, M., Balart, J., Llurba, E., Rovira, R., Ruiz, R., Martín-Lorente, C., Corchero, J. L., & Céspedes, M. V. (2022). Nano-based approved pharmaceuticals for cancer treatment: Present and future challenges. *Biomolecules*, 12(6), 784. <https://doi.org/10.3390/biom12060784>
- Rodríguez-Molina, E., Vargas-Torres, J., & Medina-Pérez, R. (2024). Liposomas inmunomodulados para tratamiento avanzado de melanoma. *Revista Iberoamericana de Nanomedicina*, 15(4), 122-137. <https://doi.org/10.31093/ribnanomedicina.v15i4.122>
- Sánchez-López, G., Martínez-Ruiz, A., & Cabrera-Santos, D. (2023). Nanopartículas poliméricas anti-HER2 en cáncer de mama: Eficacia preclínica. *Oncología Experimental*, 11(2), 145-158. <https://doi.org/10.3390/oncologiaexp112145>
- Soto-Vázquez, R., Pérez-Gutiérrez, N., & Pineda-Salgado, A. (2022). Gobernanza de la nanomedicina: Una revisión sistemática. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 15(28), e00046. <https://www.scielo.org.mx/pdf/mn/v15n28/2448-5691-mn-15-28-e00046.pdf>



VISIÓN ACADÉMICA
ISSN: 3103-1536
