



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
MEDICINA

RENDIMIENTO DIAGNÓSTICO DEL SPECT/CT CON 99m TC-HYNIC-
PSMA EN RESPUESTA AL TRATAMIENTO PARA PACIENTES CON
CÁNCER DE PRÓSTATA, UNA REVISIÓN DE ALCANCE

DIAGNOSTIC PERFORMANCE OF SPECT/CT WITH 99m TC-HYNIC-
PSMA IN ASSESSING TREATMENT RESPONSE IN PATIENTS WITH
PROSTATE CANCER: A SCOPE REVIEW

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO
EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA

AUTORES

LUIS JESUS JARA CARTAGENA
ALFREDO MUNDO MARGARITO
PIERO PAUL BONILLA SOCUALAYA

ASESOR

FELIX ALEXANDER NEYRA AGUILAR

LIMA - PERÚ

2026

JURADO

PRESIDENTE: DRA. NATALIA ISABEL MOSQUERA VERGARAY

VOCAL: MG. JOSE FERNANDO MARQUEZ PACHAS

SECRETARIO: MG. CARMEN ROSA MARAVI VALENCIA

FECHA DE APROBACIÓN: 27 ABRIL DE 2026

CALIFICACIÓN: APROBADO

ASESOR DE TESIS

ASESOR

LIC. FELIX ALEXANDER NEYRA AGUILAR

Departamento Académico de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0002-5590-2322

DEDICATORIA

A mis padres, a mi hermana y a mi abuela, gracias por ser mi soporte en los días buenos y en los que parecía imposible seguir. Hubo momentos duros, de cansancio y dudas, pero su cariño, sus palabras y su fe en mí me dieron fuerzas cuando más las necesitaba. Este logro también es de ustedes, porque sin su apoyo y sin su luz, no habría llegado hasta aquí.

Gracias por impulsarme a seguir lo que me apasiona.

- Piero Paul Bonilla Socualaya

Dedico este logro, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso. A mi madre, Sonia Cartagena, por su amor incondicional, sacrificio y el impulso constante que me motivaron a alcanzar mis metas; sin su esfuerzo, nada de esto sería posible. A mi padre, a mi hermano y a toda mi familia, este logro también es de ustedes, gracias por su apoyo, paciencia y por creer en mí siempre. A todos, mi gratitud eterna

- Luis Jesús Jara Cartagena

Dedico este logro, en primer lugar, a Dios, por brindarme la fortaleza, la perseverancia y la claridad necesarias para alcanzar esta etapa tan importante en mi vida. Asimismo, lo dedico a mi familia, especialmente a mis padres, Alfredo e Isabel, por su ejemplo, su apoyo incondicional y por acompañarme en cada paso de este camino. Gracias a su guía y amor.

- Alfredo Mundo Margarito

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro asesor, Lic. Neyra Aguilar Félix Alexander, por su dedicación, apoyo constante y guía clara y paciente durante todo el proceso de desarrollo de la tesis.

También expresamos nuestra gratitud a nuestro docente metodológico, al Lic. Raúl Edwin Correa Ñaña, por su compromiso, dedicación y valioso apoyo.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Este trabajo fue autofinanciado con recursos propios de los autores.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	JARA CARTAGENA LUIS JESUS
2.	MUNDO MARGARITO ALFREDO
3.	BONILLA SOCUALAYA PIERO PAUL

Pertencientes al programa de la **CARRERA PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA**, autores del trabajo titulado: **RENDIMIENTO DIAGNÓSTICO DEL SPECT/CT CON 99m TC-HYNIC-PSMA EN RESPUESTA AL TRATAMIENTO PARA PACIENTES CON CÁNCER DE PRÓSTATA, UNA REVISIÓN DE ALCANCE** el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el **TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA** bajo la modalidad de **TESIS**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	NEYRA AGUILAR FELIX ALEXANDER	MEDICINA	ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **16%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **trn:oid::1:3569017138**; fecha de entrega: **13-05-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 13 de mayo de 2026**

Firma del asesor
N° DNI: 43751150
ORCID: 0000-0002-5590-2322



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	6
III. MATERIALES Y MÉTODOS	7
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN	22
VI. CONCLUSIONES	25
VII. LIMITACIONES	27
VIII. RECOMENDACIONES	29
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
X. TABLAS Y FIGURAS	34

ANEXOS

RESUMEN

Antecedentes: El cáncer de próstata requiere herramientas de imagen precisas para la evaluación de la respuesta al tratamiento y el seguimiento de la enfermedad. El SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA ha emergido como una alternativa accesible al PET/CT con PSMA, especialmente en contextos con limitada disponibilidad tecnológica, mostrando potencial valor diagnóstico, pronóstico y predictivo.

Objetivos: Mapear la evidencia científica disponible sobre el rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en la evaluación de la respuesta al tratamiento en pacientes con cáncer de próstata, explorando su uso en candidatos a terapia con ^{177}Lu -PSMA y sintetizando los principales indicadores de rendimiento diagnóstico y su correlación con biomarcadores como el PSA.

Materiales y métodos: Se realizó una revisión de alcance mediante una búsqueda sistemática en PubMed, Embase, Scopus, LILACS, Alicia y Google Académico.

Tras el proceso de cribado y evaluación en texto completo, se incluyeron 17 estudios publicados entre 2018 y 2025, que abordaron diversos escenarios clínicos y tratamientos.

Resultados: La evidencia mostró un incremento reciente de publicaciones, principalmente en Asia y Oceanía. El SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA presentó altas sensibilidades (82–99,7%) y especificidades (75–100%) en distintos escenarios clínicos, con AUC de hasta 0,97. En pacientes tratados con ^{177}Lu -PSMA, los cambios en parámetros cuantitativos de imagen se correlacionaron con PSA y supervivencia global, sugiriendo valor pronóstico temprano.

Conclusiones: El SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA es una herramienta diagnóstica relevante y prometedora para la evaluación de la respuesta al tratamiento en cáncer de próstata, con potencial aplicación en la monitorización terapéutica y la selección de pacientes para terapias dirigidas, aunque se requieren estudios prospectivos estandarizados para consolidar la evidencia.

Palabras clave: SPECT/CT, Tecnecio 99, cáncer de próstata, prueba diagnóstica, sensibilidad

ABSTRACT

Background: Background: Prostate cancer requires precise imaging tools for evaluating treatment response and monitoring the disease. ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA SPECT/CT has emerged as an accessible alternative to PSMA PET/CT, especially in settings with limited technology, demonstrating potential diagnostic, prognostic, and predictive value. **Objectives:** To map the available scientific evidence on the diagnostic performance of ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA SPECT/CT in evaluating treatment response in prostate cancer patients, exploring its use in candidates for ^{177}Lu -PSMA therapy, and synthesizing the main indicators of diagnostic performance and their correlation with biomarkers such as PSA. **Materials and methods:** A scoping review was conducted using a systematic search of PubMed, Embase, Scopus, LILACS, Alicia, and Google Scholar. Following full-text screening and appraisal, 17 studies published between 2018 and 2025 were included, addressing diverse clinical scenarios and treatments. **Results:** The evidence showed a recent increase in publications, primarily from Asia and Oceania. SPECT/CT with ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA demonstrated high sensitivities (82–99.7%) and specificities (75–100%) in various clinical scenarios, with an AUC of up to 0.97. In patients treated with ^{177}Lu -PSMA, changes in quantitative imaging parameters correlated with PSA and overall survival, suggesting early prognostic value. **Conclusions:** SPECT/CT with ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA is a relevant and promising diagnostic tool for evaluating treatment response in prostate cancer, with potential application in therapeutic monitoring and patient selection for targeted therapies, although standardized prospective studies are required to consolidate the evidence.

Keywords: SPECT/CT, Technetium 99, prostate cancer, diagnostic test, sensitivity

I. INTRODUCCIÓN

El cáncer de próstata es la segunda neoplasia más diagnosticada y la quinta causa de mortalidad por cáncer en hombres a nivel mundial, con aproximadamente 1 460 000 nuevos casos y 396 000 muertes en 2022. Esta enfermedad afecta principalmente a hombres mayores de 60 años y su incidencia aumenta con la edad y factores genéticos o familiares(1).

En términos epidemiológicos, las tasas de incidencia estandarizada por edad varían considerablemente según regiones del mundo(2). En Asia, los valores suelen ser inferiores a 30/100 000 hombres; en Europa y América del Norte superan los 59/100 000; en Latinoamérica y el Caribe también se ubican en rangos elevados (3).

En Estados Unidos las estimaciones para 2023 indican alrededor de 288 300 casos nuevos, representando cerca del 5.7 % de todos los cánceres diagnosticados (4). En América Latina los incrementos en incidencia y mortalidad han sido notorios en los últimos años, especialmente en países con menores recursos y acceso limitado a detección o tratamiento. Específicamente en Perú, esta enfermedad representa la de mayor prevalencia en hombres, con más de 13000 nuevos casos de cáncer de próstata desde el año 2000 al año 2024 , se reconoce que sigue la tendencia regional de aumento progresivo, con limitaciones en infraestructura oncológica que impactan en el manejo oportuno e integral (5).

En pacientes con recurrencia bioquímica o con enfermedad avanzada, la evaluación precisa de la carga tumoral es crucial para optimizar estrategias terapéuticas (6). Una herramienta valiosa en medicina nuclear es el SPECT/CT, que combina la

tomografía computarizada con imágenes funcionales basadas en radionúclidos. Entre sus ventajas destacan la mayor disponibilidad de ^{99m}Tc respecto a radioisótopos de PET como el ^{18}F y ^{68}Ga , menor costo operacional, posibilidad de evaluación anatómico-funcional integrada, y uso extendido en centros con recursos limitados (7).

En este contexto, el trazador ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA acoplado a SPECT/CT ha emergido como una alternativa accesible frente a la PET/CT con ^{68}Ga -PSMA, con promisorios resultados diagnósticos en estudios recientes (8), el uso clínico documentado del ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA (iPSMA) con SPECT/CT se inicia en 2018 (9), con el estudio de García Pérez et al. que incluye imágenes en pacientes, y se expande con estudios comparativos frente a ^{68}Ga -PSMA(10).

En Perú, el tecnólogo medico en radiología, cumple con un amplio rol en el ámbito de la medicina nuclear, el preparado del radiofármaco, la inyección del mismo, el correcto posicionamiento y la adquisición de imágenes médicas. El proceso inicia con la dosificación y preparación del radiofármaco, seguido de la explicación del procedimiento al paciente para su posterior inyección, cumpliendo con los protocolos establecidos que garanticen la seguridad y eficacia del procedimiento, a su vez con la adecuada protección radiológica, posteriormente el tecnólogo medico adquiere las imágenes con el SPECT/CT y evalúa la calidad de las imágenes obtenidas para una correcta interpretación diagnóstica.

El radiotrazador ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA es un ligando de PSMA marcado con ^{99m}Tc diseñado para su uso en técnicas SPECT/CT(11). En un estudio retrospectivo que incluyó a 147 pacientes con recaída bioquímica tras prostatectomía, se observó una

tasa de detección global del 80,3 %. El radiotrazador mostró capacidad diagnóstica incluso en niveles bajos de PSA, alcanzando un 48,6 % de detección en el rango de 0,2–2 ng/mL. Además, se registraron tasas de detección superiores en aquellos pacientes que recibían terapia de privación androgénica (ADT)(12).

Además, investigaciones prospectivas en pacientes con enfermedad primaria de riesgo intermedio a alto han confirmado la eficacia del ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en la estratificación y localización de metástasis, lo que influye directamente en la planificación del tratamiento (13),(14). Sin embargo, ^{68}Ga -PSMA PET/CT detectó más lesiones en comparación con ^{99m}Tc -PSMA SPECT/CT, no obstante, la tasa de detección no fue significativamente diferente entre las dos técnicas en pacientes con niveles de PSA > 2,1 ng/ml(14).

Evaluar la respuesta a tratamientos, especialmente en pacientes tratados con ADT o terapia radioligando como ^{177}Lu -PSMA, exige técnicas de imagen sensibles, refrendado por un estudio preliminar demostrando que ^{99m}Tc -PSMA SPECT/CT puede reflejar con fidelidad la distribución de ^{68}Ga -PSMA PET/CT, lo que sugiere su utilidad también en el seguimiento y evaluación del efecto terapéutico en cáncer de próstata resistente a castración (8).

Si bien los datos publicados muestran el valor diagnóstico de ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en la detección inicial y en contextos de recaída, existe un vacío claro en la literatura en relación con su rendimiento diagnóstico específicamente para la evaluación de respuesta al tratamiento. Hasta la fecha, no se han realizado revisiones de alcance en el Perú enfocadas en este aspecto dentro del marco de imágenes SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA.

Es importante mencionar la situación actual limitada del Perú en base a infraestructura y equipamiento en medicina nuclear, según la información del portal del IPEN-OTAN, fuente: PORTAL RENIPRESS-SUSSALUD-2025 (“33” en medicina nuclear ubicados en: Lima: 23, Callao: 2, Arequipa: 3, Trujillo: 3, Chiclayo: 1, Junín: 2). Para la atención en pacientes con cáncer de próstata, los centros que cuentan con la tecnología para posible la atención de pacientes con cáncer de próstata, ya que ello depende de la adquisición de los radiofármacos PSMA; solo existen 05 centros de medicina nuclear que cuentan con tecnología SPECT/CT (01 INEN, 01 Clínica Ricardo Palma, 01 Clínica Delgado, 01 Clínica San Felipe, 01 Camnsa), y 06 centros de medicina nuclear que cuentan con tecnología PET/CT (02 Essalud, 01 INEN, 01 Camnsa, 01 Clínica Delgado, 01 IPOR), todos ubicados en la ciudad de Lima.

En base a lo anterior, este proyecto propuso llevar a cabo una revisión de alcance empleando la metodología PRISMA-ScR y el enfoque PCC. En Población (P) se consideran pacientes con cáncer de próstata sometidos a tratamiento, incluyendo terapia de privación androgénica (ADT), terapias con radioligandos (como ^{177}Lu -PSMA), quimioterapia u otras modalidades disponibles. En Concepto (C) se evaluará el rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HYNIC-PSMA específicamente orientado a la valoración de la respuesta al tratamiento. El Contexto (C) comprende estudios clínicos, tanto prospectivos como retrospectivos, en el ámbito de instituciones de salud públicas o privadas (ver anexo 4).

El diseño de la revisión siguió detalladamente los ítems del marco PRISMA-ScR para guiar la búsqueda sistemática, la selección rigurosa de trabajos, la extracción

estandarizada de datos y la síntesis cualitativa de resultados. Se recopiló información sobre la sensibilidad y especificidad, la correlación con biomarcadores como niveles de PSA u otros indicativos de progresión o respuesta, el impacto en la toma de decisiones terapéuticas, así como las lagunas en la evidencia existente.

En virtud a lo anterior se fórmula la siguiente pregunta de investigación científica:

¿Cuál es la evidencia científica publicada que permita establecer el rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC PSMA para evaluar la respuesta al tratamiento en pacientes con cáncer de próstata?

II. OBJETIVOS

General

Mapear la evidencia científica disponible sobre el rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en la evaluación de la respuesta al tratamiento en pacientes con cáncer de próstata.

Específicos

1. Explorar la literatura científica que aborde el uso del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en pacientes con cáncer de próstata que sean candidatos a tratamiento con ^{177}Lu -PSMA.
2. Sintetizar los principales indicadores de rendimiento diagnóstico reportados (sensibilidad, especificidad, valor predictivo y correlación con biomarcadores como PSA) reportados por el SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño del estudio

El presente trabajo correspondió a una revisión de alcance (scoping review), diseñada con base en la metodología propuesta por el Manual para Revisiones Sistemáticas de Alcance del Instituto Joanna Briggs (JBI) y guiada por las directrices establecidas en la declaración PRISMA-ScR (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews). Este diseño permitió mapear de manera sistemática la literatura científica disponible sobre el rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA, identificar conceptos clave, tipos de evidencia, vacíos del conocimiento y describir el estado actual de la investigación.

La pregunta de investigación se estructuró mediante el enfoque PCC (Población–Concepto–Contexto):

Población: Pacientes adultos diagnosticados con cáncer de próstata, en cualquier estadio clínico, que hubieran recibido tratamiento oncológico específico, incluyendo terapia de privación androgénica (ADT), quimioterapia, radioterapia, cirugía o terapias dirigidas como radioligandos. Se consideraron tanto pacientes con enfermedad localizada o localmente avanzada como aquellos con enfermedad metastásica o con recurrencia bioquímica.

Concepto: Rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA, aplicado a la evaluación de la respuesta al tratamiento oncológico. Este método de imagen combinó la tomografía computarizada (CT) con la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT), utilizando un radiotrazador

dirigido al antígeno prostático específico de membrana (PSMA) marcado con ^{99m}Tc mediante el compuesto HYNIC.

Contexto: Estudios clínicos primarios, prospectivos o retrospectivos, desarrollados en distintos entornos institucionales hospitales públicos o privados, centros académicos y de investigación de cualquier país. Se incluyeron investigaciones publicadas desde 2018, en idioma inglés o español, con texto completo disponible.

(Anexo 4)

3.2 Protocolo y registro

El presente estudio se desarrolló conforme a la normativa institucional vigente de la Universidad Peruana Cayetano Heredia para la elaboración y publicación de trabajos de investigación (versión 01.00/06-05-2024). Asimismo, se adoptó el diseño metodológico recomendado por el Instituto Joanna Briggs para revisiones de alcance y se siguieron las directrices de reporte establecidas por la guía PRISMA-ScR.

El protocolo de investigación fue elaborado, revisado y validado por el equipo investigador antes del inicio del estudio. Posteriormente, el proyecto fue evaluado y aprobado por parte de la facultad de medicina el 9 de octubre y por el Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia el 20 de octubre de 2025, cumpliendo con los principios éticos y los procedimientos institucionales vigentes. Tras dicha aprobación, el protocolo fue registrado en el Sistema Descentralizado de Información y Seguimiento a la Investigación (SIDISI), de acuerdo con los lineamientos establecidos para proyectos de investigación en salud.

El objetivo principal de esta revisión de alcance fue analizar la literatura científica disponible sobre el rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en la evaluación de la respuesta al tratamiento en pacientes con cáncer de próstata, considerando indicadores como la sensibilidad, especificidad, correlación con biomarcadores clínicos especialmente el antígeno prostático específico (PSA), precisión diagnóstica y utilidad clínica.

3.3 Criterios de elegibilidad

3.3.1 Criterios de inclusión

Se incluyeron estudios que cumplieran los siguientes criterios:

Tipo de publicación: Artículos científicos originales publicados en revistas académicas revisadas por pares, con texto completo disponible en inglés o español.

Período de publicación: Estudios publicados entre enero de 2018 y primeros meses de 2025, periodo seleccionado para garantizar evidencia reciente sobre radiofármacos PSMA marcados con ^{99m}Tc .

Tipo de estudio: Investigaciones clínicas primarias de diseño experimental y no experimental, tipo observacional y de todos los niveles.

Población: Pacientes adultos diagnosticados con cáncer de próstata en cualquier estadio y que hubieran recibido tratamiento oncológico.

Intervención/exposición: Uso del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA para evaluar respuesta terapéutica, ya sea mediante comparaciones pre/postratamiento, correlación con biomarcadores (PSA), análisis imagenológico u otros parámetros clínico-patológicos.

Resultados: Reporte de indicadores de rendimiento diagnóstico (sensibilidad, especificidad, VPP, VPN, precisión global, correlación con PSA) o evidencia del impacto del estudio de imagen en la toma de decisiones clínicas.

3.3.2 Criterios de exclusión

Se excluyeron estudios que presentaron alguna de las siguientes características:

Tipo de publicación: Literatura gris, informes técnicos, comunicaciones a congresos no publicadas, documentos institucionales o tesis no indexadas.

Idioma: Publicaciones en idiomas distintos del inglés o español.

Período de publicación: Estudios previos al enero año 2018, debido al propósito de recolectar evidencia reciente.

Tipo de estudio: Estudios cualitativos sin datos cuantitativos relevantes o aquellos no correspondientes a diseños observacionales ni ensayos clínicos.

3.4 Definición operacional de variables

Las definiciones operacionales y los parámetros analizados se consignaron en el Anexo 1 e incluyeron variables metodológicas, clínicas e imagenológicas, tales como:

SUVmax de la lesión.

Porcentaje de captación respecto al fondo.

Presencia o ausencia de captación focal.

3.5 Estrategias de búsqueda

3.5.1 Fuentes de información

La búsqueda sistemática se fundamentó en bases de datos biomédicas reconocidas internacionalmente por su amplia cobertura en las áreas de oncología, medicina nuclear e imagen diagnóstica. Se consultaron las bases de datos Scopus, Embase, MEDLINE (vía PubMed), LILACS y Google Académico, con el fin de maximizar la identificación de literatura relevante y minimizar el sesgo de publicación.

Se incluyeron artículos publicados hasta el 31 de diciembre de 2024, dado que esta fecha permitió delimitar un periodo temporal completo y suficientemente representativo del estado actual del conocimiento disponible al momento de la planificación y ejecución de la revisión. Esta delimitación temporal aseguró la inclusión de evidencia consolidada y metodológicamente madura sobre el uso del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA, evitando la incorporación de estudios preliminares recientes que aún no contaban con adecuada validación o replicación.

3.5.2 Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda se adaptó a las particularidades de cada base de datos. Se emplearon términos controlados (MeSH, DeCS) y términos libres relacionados con los componentes del enfoque PCC. Se utilizaron operadores booleanos y truncadores según correspondiera (Anexo 5). El proceso de búsqueda comprendió desde el 19 de octubre hasta el 31 de octubre con una actualización el 30 de noviembre.

3.5.3 Selección de fuentes de evidencia

El proceso de selección se realizó en varias etapas:

Identificación: Los resultados de las búsquedas fueron exportados a Zotero para la detección y eliminación de duplicados.

Cribado inicial: Dos revisores evaluaron de manera independiente los títulos y resúmenes.

Evaluación de texto completo: Los estudios potencialmente elegibles se examinaron en función de los criterios de inclusión y exclusión.

Resolución de discrepancias: Cualquier desacuerdo fue discutido hasta lograr consenso; en caso necesario, intervino un tercer evaluador.

Documentación: El proceso completo fue registrado mediante un diagrama PRISMA-ScR, presentado en el Anexo 2.

3.6 Plan de análisis

La extracción de datos se realizó mediante un formulario estandarizado elaborado por el equipo investigador (Anexo 3). Este instrumento permitió recopilar información metodológica, clínica e imagenológica de forma uniforme.

Los revisores efectuaron la extracción de manera independiente. Posteriormente, los datos fueron comparados y consolidados por consenso. Ante discrepancias o aparición de nuevas variables, se realizó una discusión de equipo para evaluar su pertinencia y definir su inclusión o exclusión. Donde se recolectaron las siguientes variables: Título, autores, año, países, tipo de estudio, enfoque, diseño, objetivo, población, tratamiento evaluado, resultados, indicadores diagnóstico y conclusión.

3.7 Presentación de resultados

Los resultados se organizaron de manera sistemática y clara, en concordancia con el enfoque PCC. Inicialmente, se presentó el diagrama PRISMA-ScR que reflejó las fases de identificación, selección y elegibilidad de los estudios.

Luego, se elaboraron tablas descriptivas que resumieron:

Características metodológicas: Diseño, año de publicación, país, tamaño muestral.

Características clínicas: Tipo de tratamiento recibido.

Parámetros diagnósticos: Sensibilidad, especificidad, valores predictivos, etc.

Resultados: Correlación entre SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA y niveles de PSA, comparación con otras modalidades de imagen o impacto en decisiones clínicas.

Adicionalmente, se desarrolló una síntesis narrativa para identificar patrones, divergencias, limitaciones y vacíos del conocimiento. Cuando fue pertinente, se emplearon gráficos y esquemas para facilitar la interpretación de los resultados.

Finalmente, se integraron las conclusiones y recomendaciones señaladas por los autores de los estudios incluidos, destacando la utilidad clínica del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en la evaluación de la respuesta al tratamiento en cáncer de próstata y sus implicancias para futuras líneas de investigación.

3.8 Aspectos éticos

El proyecto fue registrado en el Sistema Descentralizado de Información y Seguimiento a la Investigación (SIDISI) y presentado para su evaluación al Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (CIE-UPCH) antes del inicio de su ejecución. El estudio fue aprobado por dicho comité el 20 de octubre de 2025, y se desarrolló en estricto cumplimiento de las

recomendaciones y lineamientos éticos emitidos, garantizando la integridad metodológica, la transparencia del proceso de investigación y el respeto de las normas institucionales vigentes.

IV. RESULTADOS

4.1 Resultados de la búsqueda bibliográfica

En la búsqueda inicial se identificaron 176 registros provenientes de las bases de datos PubMed (n=28), Embase (n=34), Scopus (n=42), LILACS (n=3), Alicia (n=1) y Google Académico (n=68). Luego de aplicar la eliminación de resultados mediante las herramientas automáticas y revisión manual, se excluyeron 50 duplicados, 50 marcados como inelegibles por automatización, quedando 76 registros para la evaluación por título y resumen. Tras este cribado, se excluyeron 30 estudios, continuando 46 documentos para recuperación, de los cuales 10 no pudieron ser recuperados. Posteriormente, 36 publicaciones fueron evaluadas en texto completo, excluyéndose 9 por tema no pertinente, 7 por texto incompleto y 3 por falta de evidencia, sumando 19 exclusiones. Finalmente, 17 estudios cumplieron con los criterios de inclusión y fueron incorporados en la revisión, sin identificarse nuevos estudios por otros métodos y sin registros previos incluidos.

4.2 Resultados de los estudios seleccionados

La tabla 1 muestra que el mapa de evidencia estuvo constituido por 17 estudios que evaluaron el rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en pacientes con cáncer de próstata, publicados entre 2018 y 2025. La distribución temporal mostró un incremento progresivo de la producción científica en los últimos años, concentrándose la mayor proporción de estudios en 2023 y 2024, con cinco publicaciones en cada año (29,4% respectivamente), lo que evidencia un creciente interés reciente en esta modalidad de imagen.

Distribución geográfica de los estudios

Desde el punto de vista geográfico, la evidencia se concentró principalmente en Asia, con 7 estudios (41,2%), todos realizados en China. Le siguió Oceanía, representada por Australia, con 4 estudios (23,5%). Europa aportó 3 estudios (17,6%), procedentes de Alemania y Hungría, mientras que América del Norte contribuyó también con 3 estudios (17,6%), desarrollados en México y Estados Unidos. Esta distribución refleja una mayor producción científica en regiones donde el acceso a PET/CT con PSMA puede ser limitado, favoreciendo el desarrollo del SPECT/CT como alternativa diagnóstica.

Escenarios clínicos evaluados

En cuanto al escenario clínico, el uso del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA fue más frecuentemente reportado en el contexto de la estadificación primaria del cáncer de próstata, con 6 estudios (35,3%). La recurrencia bioquímica o re-estadificación constituyó el segundo escenario más frecuente, con 5 estudios (29,4%).

La evaluación de la respuesta al tratamiento fue abordada en 4 estudios (23,5%), incluyendo contextos de radioterapia y terapias sistémicas, mientras que la detección específica de metástasis óseas fue el foco principal en 1 estudio (5,9%). Un estudio adicional (5,9%) evaluó escenarios mixtos, combinando diagnóstico inicial y seguimiento.

Tratamientos evaluados en los estudios incluidos

Respecto al tratamiento evaluado, 6 estudios (35,3%) se centraron exclusivamente en el rendimiento diagnóstico del SPECT/CT sin asociarlo a una intervención terapéutica específica. La terapia hormonal o endocrina fue el tratamiento más frecuentemente evaluado, presente en 4 estudios (23,5%).

La radioterapia, incluida la radioterapia con iones de carbono, fue evaluada en 2 estudios (11,8%), mientras que la terapia radionúclidica con ^{177}Lu -PSMA fue analizada en 2 estudios (11,8%), principalmente en el contexto de respuesta temprana y pronóstico. Finalmente, 3 estudios (17,6%) incluyeron tratamientos combinados, como terapia hormonal, quimioterapia y radioterapia.

4.2 La evidencia de la Tabla 2 aborda específicamente el uso del SPECT/CT con $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HYNIC-PSMA en pacientes con cáncer de próstata candidatos a tratamiento con ^{177}Lu -PSMA y estuvo compuesta por dos estudios, publicados entre 2024 y 2025, desarrollados en Estados Unidos y Australia, respectivamente.

Ambos estudios se centraron en pacientes con cáncer de próstata resistente a la castración metastásico (mCRPC), que recibieron tratamiento con ^{177}Lu -PSMA-617, y evaluaron el valor del SPECT/CT como herramienta para la evaluación temprana de la respuesta terapéutica y el pronóstico clínico.

Características metodológicas de los estudios incluidos

En relación con las características metodológicas, se incluyeron dos estudios que evaluaron el uso del SPECT/CT con $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HYNIC-PSMA en pacientes con cáncer de próstata metastásico resistente a la castración (mCRPC) candidatos a tratamiento con ^{177}Lu -PSMA. Uno de los estudios correspondió a un diseño observacional,

descriptivo retrospectivo y no experimental (Demirci et al., 2024), mientras que el segundo fue un estudio comparativo de carácter experimental, basado en el análisis de datos procedentes de tres ensayos clínicos (Kashyap et al., 2025).

El tamaño muestral osciló entre 66 y 85 pacientes, todos con diagnóstico confirmado de mCRPC y tratados con múltiples ciclos de ^{177}Lu -PSMA. Ambos estudios se centraron principalmente en el valor pronóstico del SPECT/CT, evaluando parámetros como el volumen tumoral total, la aparición de nuevas lesiones y su correlación con biomarcadores clínicos, especialmente el antígeno prostático específico (PSA).

En cuanto a los desenlaces clínicos, la supervivencia global (Overall Survival, OS) fue considerada como resultado principal en uno de los estudios; sin embargo, se evidenció una limitada y heterogénea disponibilidad de información sobre este desenlace, ya que los datos de OS no fueron reportados de forma uniforme ni con métricas comparables entre los estudios incluidos. Esta falta de información sistemática sobre OS (SOS) restringió la posibilidad de realizar comparaciones directas y de integrar plenamente este desenlace dentro de una síntesis cuantitativa o interpretativa más robusta. En consecuencia, la evidencia identificada se concentró principalmente en desenlaces intermedios y parámetros pronósticos, dejando vacíos relevantes respecto al impacto del SPECT/CT con $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HYNIC-PSMA en la supervivencia global de los pacientes.

Resultados principales reportados

En el estudio de Demirci et al. (2024), el SPECT/CT con PSMA fue utilizado para evaluar la respuesta temprana al tratamiento, mediante el análisis de volúmenes

tumorales totales (TTV) y la aparición de nuevas lesiones en ciclos iniciales de terapia. Los resultados mostraron que los cambios en los TTV se correlacionaron de forma significativa con los niveles de antígeno prostático específico (PSA), y que tanto los TTV elevados como la presencia de nuevas lesiones se asociaron con un mayor riesgo de mortalidad.

Por su parte, el estudio de Kashyap et al. (2025) evaluó el valor pronóstico de la SPECT/CT post-terapia en relación con la supervivencia global, utilizando imágenes adquiridas tras los primeros ciclos de tratamiento con ^{177}Lu -PSMA-617. En este estudio, la aparición de nuevas metástasis visibles en el ciclo 2 de SPECT/CT se asoció con una peor supervivencia global, independientemente de otros factores clínicos, y se observó una correlación moderada entre los cambios en PSA y los parámetros tumorales derivados de la imagen.

4.3 La Tabla 3 sintetiza los indicadores de rendimiento diagnóstico reportados en la literatura para el SPECT/CT con $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HYNIC-PSMA en distintos escenarios clínicos del cáncer de próstata. En total, se incluyeron 11 estudios que informaron al menos uno de los siguientes parámetros: sensibilidad, especificidad, valores predictivos, área bajo la curva ROC (AUC), tasas de detección y/o correlación con biomarcadores, principalmente el antígeno prostático específico (PSA).

Escenarios clínicos evaluados

Los estudios abarcaron múltiples escenarios clínicos, incluyendo diagnóstico primario, estadificación inicial, recurrencia bioquímica, re-estadificación, metástasis óseas y evaluación de respuesta al tratamiento. El diagnóstico primario

y la estadificación inicial fueron los contextos más frecuentemente evaluados, seguidos por la recurrencia bioquímica y la detección de metástasis óseas, tanto en pacientes tratados como no tratados.

Sensibilidad y especificidad diagnóstica

La sensibilidad del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA mostró valores elevados en la mayoría de los escenarios reportados. En pacientes con recurrencia bioquímica post-prostatectomía, se informó una sensibilidad global del 80,3%, que aumentó hasta 90,3% en pacientes sometidos a terapia de privación androgénica. En el contexto de respuesta a radioterapia, la sensibilidad alcanzó el 91,4%, con una especificidad del 95,2% cuando se emplearon parámetros combinados de imagen. En estudios de diagnóstico primario, la sensibilidad reportada osciló entre 92% y 99,7%, con especificidades que variaron entre 75,0% y 100%, dependiendo del diseño del estudio y del método de comparación utilizado. En el escenario de estadificación y re-estadificación, la sensibilidad se situó entre 82% y 90,7%, con especificidades de hasta 100% en algunos estudios.

Valores predictivos y exactitud diagnóstica

Los valores predictivos positivo (VPP) y negativo (VPN) fueron reportados en un número limitado de estudios. Cuando se informaron, los valores fueron elevados, con VPP de hasta 100% y VPN superiores al 80% en escenarios de estadificación y re-estadificación. Asimismo, se comunicaron niveles de exactitud diagnóstica cercanos o superiores al 90% en algunos estudios.

Otros indicadores de rendimiento

Varios estudios reportaron indicadores adicionales de rendimiento, principalmente el área bajo la curva ROC (AUC) y las tasas de detección. Los valores de AUC oscilaron entre 0,88 y 0,97, tanto para la detección de lesiones primarias como para metástasis óseas. En estudios comparativos, el SPECT/CT con PSMA mostró AUC superiores a los obtenidos con otros trazadores convencionales.

Las tasas de detección global reportadas variaron entre 77,5% y 81,5%, alcanzando valores más altos en pacientes con niveles elevados de PSA. Asimismo, se observó una mejora en la detectabilidad de lesiones cuando se emplearon protocolos específicos, como adquisiciones tardías o análisis cuantitativos avanzados.

Correlación con biomarcadores

La correlación con biomarcadores, principalmente PSA, fue evaluada en varios estudios. Se describió una mayor tasa de detección y sensibilidad diagnóstica en pacientes con PSA elevado, así como una correlación positiva entre los cambios en parámetros cuantitativos de imagen y los niveles de PSA. En estudios centrados en metástasis óseas, también se reportó asociación con otros biomarcadores, como la fosfatasa alcalina (ALP). En algunos trabajos orientados a respuesta terapéutica, se emplearon biomarcadores de imagen, como Δ TBR y Δ ADC, para complementar la evaluación diagnóstica.

V. DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión de alcance permiten mapear el estado actual de la evidencia científica relacionada con el rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en cáncer de próstata, con énfasis en su utilidad para evaluar respuesta al tratamiento y su aplicación en candidatos a ^{177}Lu -PSMA. La síntesis presentada integra patrones metodológicos, tendencias diagnósticas, correlación con biomarcadores y potenciales implicancias clínicas derivadas de los estudios incluidos.

5.1 En función del objetivo general.

En general, la evidencia recopilada sugiere que este radiofármaco de PSMA marcado con ^{99m}Tc ofrece una detección robusta de recurrencia y enfermedad residual en distintos escenarios clínicos y se correlaciona con biomarcadores clínicos como el PSA.

Estudios individuales demostraron que la tasa de detección del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA aumenta de forma significativa con niveles crecientes de PSA, alcanzando hasta un 96,3% en pacientes con $\text{PSA} > 10$ ng/mL tras prostatectomía radical en recurrencia bioquímica. Además, se observó correlación positiva entre los valores de SUVmax y los niveles de PSA y terapia de privación androgénica (ADT) en este mismo contexto clínico, lo que sugiere una asociación entre carga tumoral y actividad metabólica detectada por SPECT/CT.

Estos hallazgos concuerdan con informes más amplios que posicionan al SPECT/CT con ^{99m}Tc -PSMA como una herramienta diagnóstica eficaz en entornos

con disponibilidad limitada de PET/CT, particularmente en la detección de metástasis y la estratificación de riesgo en cáncer de próstata(15).

5.2 Según el objetivo específico 1. La síntesis de la evidencia para este objetivo identificó estudios que analizan el papel del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en el contexto de candidatos o receptores de radiofármacos terapéuticos con ^{177}Lu -PSMA. Dos estudios (Demirci et al., 2024; Kashyap et al., 2025) mostraron que los cambios cuantitativos en el volumen tumoral total (TTV) y la aparición de nuevas lesiones en SPECT/CT se asociaron con variaciones en niveles de PSA y con peores desenlaces clínicos, incluyendo menor supervivencia global. Este uso del SPECT/CT sugiere un papel no solo diagnóstico sino pronóstico y predictivo, con potencial aplicación en la monitorización temprana de la respuesta a terapia radionúclidica.

Estos resultados se alinean con la literatura más general en PSMA dirigida a theranóstica, que destaca la importancia del valor pronóstico de los cambios de imagen temprana tras terapia con radioligandos. Informes en otros contextos han demostrado que la evaluación de cambios en parámetros de imagen cuantitativa se correlaciona con respuesta al tratamiento y supervivencia global en pacientes tratados con PSMA-PET/CT(4).

5.3 Según el objetivo específico 2. La síntesis de los principales indicadores de rendimiento diagnóstico evidenció en general altos valores de sensibilidad y especificidad, con indicadores adicionales como valores predictivos y AUC elevados en diversos contextos clínicos del cáncer de próstata. Por ejemplo, estudios centrados en diagnóstico primario y estadificación inicial reportaron sensibilidades

superiores al 90 % y especificidades del 75 % al 100 %, así como AUC cercanos o superiores a 0,95 para parámetros cuantitativos como SUVmean y SUVmax. Esto respalda la utilidad clínica del SPECT/CT con ^{99m}Tc-HYNIC-PSMA en la identificación de lesiones primarias y metastásicas en cáncer de próstata.

Estos hallazgos se corresponden con un análisis más amplio de la literatura que ha demostrado que las técnicas SPECT/CT con PSMA pueden alcanzar excelente sensibilidad y especificidad diagnóstica, comparables a otras técnicas más complejas, aunque con variabilidad dependiente del trazador específico y el contexto clínico(15).

Esto coincide con reportes externos, como la evidencia presentada por Aryana et al. (11), quienes demostraron la asociación entre captación PSMA y marcadores de actividad tumoral en cáncer de próstata.

VI. CONCLUSIONES

6.1 La evidencia científica mapeada en esta revisión de alcance sugiere que el SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA es una herramienta diagnóstica relevante para la evaluación de la respuesta al tratamiento en pacientes con cáncer de próstata, con aplicación en múltiples escenarios clínicos. Los estudios disponibles evidencian un uso creciente de esta modalidad en la práctica clínica reciente, particularmente en contextos de estadificación, recurrencia bioquímica y seguimiento terapéutico, lo que confirma su consolidación como una alternativa accesible y funcional para la evaluación de la enfermedad prostática en distintos estadios.

6.2 La literatura disponible que evalúa el uso del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en pacientes candidatos o tratados con ^{177}Lu -PSMA es limitada pero consistente. Los estudios identificados sugieren que esta modalidad de imagen permite una evaluación temprana de la respuesta terapéutica y del pronóstico, mediante el análisis de parámetros cuantitativos como el volumen tumoral total y la detección de nuevas lesiones. En este contexto, el SPECT/CT con PSMA emerge como una herramienta útil para complementar la selección y el seguimiento de pacientes sometidos a terapia radionúclidica dirigida, aunque se requieren más estudios prospectivos y estandarizados para fortalecer esta evidencia.

6.3 Los estudios incluidos reportan que el SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA presenta altos valores de sensibilidad y especificidad, así como áreas bajo la curva ROC elevadas y tasas de detección clínicamente relevantes en diferentes escenarios

del cáncer de próstata. Asimismo, se observó una relación consistente entre el rendimiento diagnóstico y biomarcadores clínicos, especialmente el PSA, así como con biomarcadores de imagen en contextos de respuesta terapéutica. En conjunto, se sugiere que el valor diagnóstico del SPECT/CT con PSMA y su potencial integración en algoritmos clínicos en evaluación y seguimiento del cáncer de próstata, son respaldados.

VII. LIMITACIONES

La actual revisión de alcance presenta varias limitaciones que deben considerarse al interpretar sus hallazgos. En primer lugar, el diseño metodológico de los estudios incluidos fue heterogéneo. La mayoría correspondió a estudios descriptivos y comparativos no experimentales, con tamaños muestrales variables y, en algunos casos, limitados. Esta heterogeneidad impidió realizar comparaciones directas entre estudios y no permitió la realización de un metaanálisis cuantitativo, lo cual es consistente con la naturaleza exploratoria de las revisiones de alcance.

En segundo lugar, se observó una variabilidad considerable en los escenarios clínicos evaluados, que incluyeron diagnóstico primario, estadificación inicial, recurrencia bioquímica, metástasis óseas y evaluación de respuesta al tratamiento. Esta diversidad, si bien amplía la comprensión del uso del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA, limita la posibilidad de extraer conclusiones específicas para un único contexto clínico o etapa de la enfermedad.

Otra limitación relevante es la inconsistencia en el reporte de los indicadores de rendimiento diagnóstico. No todos los estudios informaron de manera sistemática sensibilidad, especificidad, valores predictivos o AUC, y en varios casos estos parámetros fueron reportados de forma parcial o dependiente de subgrupos clínicos (por ejemplo, niveles específicos de PSA). Esta falta de estandarización dificulta la comparación entre estudios y la síntesis uniforme de los resultados.

Asimismo, aunque varios estudios exploraron la correlación del rendimiento diagnóstico con biomarcadores como el PSA, dicha correlación no fue evaluada de manera homogénea. Los puntos de corte de PSA, los biomarcadores adicionales (como ALP o parámetros cuantitativos de imagen) y los métodos de análisis variaron ampliamente entre los estudios, lo que limita la generalización de estos hallazgos.

En relación con el uso del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en pacientes candidatos a terapia con ^{177}Lu -PSMA, la evidencia disponible fue escasa y se limitó a un número reducido de estudios, principalmente retrospectivos. Esto restringe la capacidad para establecer conclusiones sólidas sobre su valor predictivo o su impacto en la toma de decisiones terapéuticas en este subgrupo específico de pacientes.

Finalmente, la revisión se basó en estudios publicados en un número limitado de regiones geográficas, con una concentración importante de investigaciones procedentes de Asia y Oceanía. Debido a limitantes en países de Latinoamérica específicamente en el Perú, donde se cuenta con limitaciones estructurales y operativas propias del sistema de salud, dado que existen pocos centros a nivel nacional que cuenten con SPECT/CT, además de la producción de radiofármacos, como el Tecnecio 99m y el Lutecio – 177, lo cual restringe su uso clínico y experiencia local en terapias con radio ligandos.

Esto refleja diferencias en la disponibilidad tecnológica, regulatoria y clínica del SPECT/CT con PSMA, y limita la extrapolación de los resultados a otros contextos sanitarios.

VIII. RECOMENDACIONES

8.1. Se recomienda a futuros investigadores que se enfoquen en evaluar el rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en la valoración de la respuesta al tratamiento en pacientes con cáncer de próstata, definiendo claramente los criterios de respuesta terapéutica, los momentos de evaluación y los desenlaces clínicos asociados, a fin de generar evidencia directamente aplicable al seguimiento y toma de decisiones clínicas.

8.2. Se recomienda desarrollar investigaciones prospectivas y comparativas que evalúen de forma sistemática el uso del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA en pacientes candidatos a terapia con ^{177}Lu -PSMA, explorando su utilidad tanto para la selección de pacientes como para la monitorización de la respuesta al tratamiento, con criterios homogéneos y desenlaces clínicamente relevantes.

8.3. Se recomienda a futuros investigadores estandarizar el reporte de los indicadores de rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA, incluyendo sensibilidad, especificidad, valores predictivos y su correlación con biomarcadores como el PSA, mediante el uso de guías de reporte reconocidas y puntos de corte uniformes, con el fin de facilitar la comparación entre estudios y la síntesis de la evidencia.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin* [Internet]. 2024 [citado 10 de diciembre de 2025];74(3):229-63. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.3322/caac.21834>
2. Schafer EJ, Laversanne M, Sung H, Soerjomataram I, Briganti A, Dahut W, et al. Recent Patterns and Trends in Global Prostate Cancer Incidence and Mortality: An Update. *Eur Urol* [Internet]. 1 de marzo de 2025 [citado 6 de agosto de 2025];87(3):302-13. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0302283824027076>
3. Wang L, Lu B, He M, Wang Y, Wang Z, Du L. Prostate Cancer Incidence and Mortality: Global Status and Temporal Trends in 89 Countries From 2000 to 2019. *Front Public Health* [Internet]. 16 de febrero de 2022 [citado 6 de agosto de 2025];10:811044. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8888523/>
4. Vargas-Ahumada JE, González-Rueda SD, Sinisterra-Solís FA, Casanova-Triviño P, Pitalúa-Cortés Q, Soldevilla-Gallardo I, et al. Diagnostic Performance of 99mTc-iPSMA SPECT/CT in the Initial Staging of Patients with Unfavorable Intermediate-, High-, and Very High-Risk Prostate Cancer: A Comparative Analysis with 18F-PSMA-1007 PET/CT. *Cancers* [Internet]. enero de 2023 [citado 6 de agosto de 2025];15(24):5824. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6694/15/24/5824>
5. Sociedad Americana del Cáncer. Datos y cifras globales sobre cáncer. 5ª ed. Atlanta: Sociedad Americana del Cáncer; 2024. Disponible en: <https://www.cancer.org/content/dam/cancer-org/research/cancer-facts-and-statistics/global-cancer-facts-and-figures/global-cancer-facts-and-figures-2024.pdf>.
6. Hofman MS, Lawrentschuk N, Francis RJ, Tang C, Vela I, Thomas P, et al. Prostate-specific membrane antigen PET-CT in patients with high-risk prostate cancer before curative-intent surgery or radiotherapy (proPSMA): a prospective, randomised, multicentre study. *The Lancet* [Internet]. 11 de abril de 2020 [citado 1 de diciembre de 2025];395(10231):1208-16. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)30314-7/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)30314-7/abstract)
7. Brunello S, Salvarese N, Carpanese D, Gobbi C, Melendez-Alafort L, Bolzati C. A Review on the Current State and Future Perspectives of [99mTc]Tc-Housed PSMA-i in Prostate Cancer. *Molecules* [Internet]. enero de 2022 [citado 6 de agosto de 2025];27(9):2617. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/9/2617>

8. Hooda M, Kumar S, Prashar S, Mavuduru R, Singh B. Can ^{99m}Tc -PSMA SPECT/CT Presenting Mirror Image of ^{68}Ga -PSMA PET/CT Be Used for Response Assessment to ^{177}Lu -PSMA in Metastatic Castration-Resistant Prostate Cancer? *Clin Nucl Med* [Internet]. agosto de 2025 [citado 6 de agosto de 2025];50(8):802. Disponible en: https://journals.lww.com/nuclearmed/abstract/2025/08000/can_99mtc_psmaspect_ct_presenting_mirror_image_of.32.aspx
9. Robu S, Schottelius M, Eiber M, Maurer T, Gschwend J, Schwaiger M, et al. Preclinical Evaluation and First Patient Application of ^{99m}Tc -PSMA-I&S for SPECT Imaging and Radioguided Surgery in Prostate Cancer. *J Nucl Med* [Internet]. 1 de febrero de 2017 [citado 2 de octubre de 2025];58(2):235-42. Disponible en: <https://jnm.snmjournals.org/content/58/2/235>
10. García-Pérez FO, Davanzo J, López-Buenrostro S, Santos-Cuevas C, Ferro-Flores G, Jiménez-Ríos MA, et al. Head to head comparison performance of ^{99m}Tc -EDDA/HYNIC-iPSMA SPECT/CT and ^{68}Ga -PSMA-11 PET/CT a prospective study in biochemical recurrence prostate cancer patients. *Am J Nucl Med Mol Imaging* [Internet]. 20 de octubre de 2018 [citado 10 de diciembre de 2025];8(5):332-40. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6261875/>
11. Aryana K, Aghaee A, Askari E, Fakhar Y, Raeisi N, Mottaghi M, et al. Comparison of ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA-11, bone scan and post radioligand therapy images in mCRPC patients: A single center experience. *Rev Espanola Med Nucl E Imagen Mol*. 2025;44(6):500157.
12. Li B, Duan L, Shi J, Han Y, Wei W, Cheng X, et al. Diagnostic performance of ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA SPECT/CT for biochemically recurrent prostate cancer after radical prostatectomy. *Front Oncol* [Internet]. 7 de diciembre de 2022 [citado 6 de agosto de 2025];12. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/oncology/articles/10.3389/fonc.2022.1072437/full>
13. Wang T, Zhao L, Qiao W, Sun N, Zhao J, Xing Y. The efficacy of ^{99m}Tc -HYNIC-PSMA SPECT/CT in detecting primary lesions and metastasis in newly diagnosed prostate cancer. *Front Oncol* [Internet]. 2 de junio de 2023 [citado 6 de agosto de 2025];13. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/oncology/articles/10.3389/fonc.2023.1165694/full>
14. Albalooshi B, Al sharhan M, Bagheri F, Miyanath S, Ray B, Muhasin M, et al. Direct comparison of ^{99m}Tc -PSMA SPECT/CT and ^{68}Ga -PSMA PET/CT in patients with prostate cancer. *Asia Ocean J Nucl Med Biol* [Internet]. 2020 [citado 10 de diciembre de 2025];8(1):1-7. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6994779/>
15. Wang Q, Ketteler S, Bagheri S, Ebrahimifard A, Luster M, Librizzi D, et al. Diagnostic efficacy of [^{99m}Tc]Tc-PSMA SPECT/CT for prostate cancer: a

- meta-analysis. *BMC Cancer* [Internet]. 8 de agosto de 2024 [citado 12 de diciembre de 2025];24(1):982. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12885-024-12734-4>
16. Zhang Y, Lin Z, Li T, Wei Y, Yu M, Ye L, et al. Head-to-head comparison of ^{99m}Tc-PSMA and ^{99m}Tc-MDP SPECT/CT in diagnosing prostate cancer bone metastasis: a prospective, comparative imaging trial. *Sci Rep* [Internet]. 26 de septiembre de 2022 [citado 10 de diciembre de 2025];12(1):15993. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-20280-x>
 17. Tually P, Quinto VG, Omar Y, Novruzov F, Yudistiro R, Sathekge M, et al. Real world experience with [^{99m}Tc]Tc-HYNIC-iPSMA SPECT prostate cancer detection: interim results from the global NOBLE registry. *EJNMMI Rep* [Internet]. 30 de diciembre de 2024 [citado 10 de diciembre de 2025];8(1):43. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s41824-024-00226-4>
 18. Ruan X, Gao Y. Association between ^{99m}Tc-PSMA SPECT/CT imaging and prostate-specific antigen (PSA) and alkaline phosphatase (ALP) levels post-endocrine therapy in patients with prostate cancer and bone metastases. *Rev Espanola Med Nucl E Imagen Mol*. 2024;43(6):500054.
 19. Li P, Liu C, Wu S, Deng L, Zhang G, Cai X, et al. Combination of ^{99m}Tc-Labeled PSMA-SPECT/CT and Diffusion-Weighted MRI in the Prediction of Early Response After Carbon Ion Therapy in Prostate Cancer: A Non-Randomized Prospective Pilot Study. *Cancer Manag Res* [Internet]. 3 de marzo de 2021 [citado 10 de diciembre de 2025];13:2191-9. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7937376/>
 20. Demirci RA, Gulati R, Hawley JE, Yezefski T, Haffner MC, Cheng HH, et al. SPECT/CT in Early Response Assessment of Patients with Metastatic Castration-Resistant Prostate Cancer Receiving ¹⁷⁷Lu-PSMA-617. *J Nucl Med Off Publ Soc Nucl Med*. 3 de diciembre de 2024;65(12):1945-51.
 21. Zhang Y, Shi Y, Ye L, Li T, Wei Y, Lin Z, et al. Improving diagnostic efficacy of primary prostate cancer with combined ^{99m}Tc-PSMA SPECT/CT and multiparametric-MRI and quantitative parameters. *Front Oncol* [Internet]. 11 de septiembre de 2023 [citado 10 de diciembre de 2025];13. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/oncology/articles/10.3389/fonc.2023.1193370/full>
 22. Kashyap R, Buteau JP, Bressel M, Eifer M, Bollampally N, Jackson P, et al. Prognostic Value of Posttherapy SPECT/CT for Overall Survival in Patients Undergoing [¹⁷⁷Lu]Lu-PSMA-617 Radiopharmaceutical Therapy: Results from 3 Clinical Trials. *J Nucl Med Off Publ Soc Nucl Med*. 1 de agosto de 2025;66(8):1265-70.
 23. Li B, Ding X, Duan L, Shi J, Tang M, Zhang J, et al. [^{99m}Tc]Tc-HYNIC-ALUG SPECT/CT in the initial staging of 227 consecutive patients with newly diagnosed prostate cancer: a 5-year monocentric retrospective study. *Front*

Endocrinol [Internet]. 20 de febrero de 2024 [citado 14 de diciembre de 2025];15. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/endocrinology/articles/10.3389/fendo.2024.1326858/full>

24. Schmidkonz C, Cordes M, Beck M, Goetz TI, Schmidt D, Prante O, et al. SPECT/CT With the PSMA Ligand 99mTc-MIP-1404 for Whole-Body Primary Staging of Patients With Prostate Cancer. *Clin Nucl Med* [Internet]. abril de 2018 [citado 12 de diciembre de 2025];43(4):225. Disponible en: <https://journals.lww.com/nuclearmed/pages/articleviewer.aspx?year=2018&issue=04000&article=00001&type=Fulltext>
25. Farkas I, Sipka G, Bakos A, Maráz A, Bajory Z, Mikó Z, et al. Diagnostic value of [99mTc]Tc-PSMA-I&S-SPECT/CT for the primary staging and restaging of prostate cancer. *Ther Adv Med Oncol*. 2024;16:17588359231221342.
26. Currie G, Tually P, Groombridge L, Meadows J, Tagore S, Lenzo N. Detección del cáncer de próstata con [99mTc]Tc-HYNIC-iPSMA SPECT: La experiencia australiana. *Radiography* [Internet]. 5 de agosto de 2025 [citado 10 de diciembre de 2025];103103. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1078817425002470>
27. Berliner C, Steinhelfer L, Chantadisai M, Kroenke M, Koehler D, Pose R, et al. Delayed Imaging Improves Lesion Detectability in [99mTc]Tc-PSMA-I&S SPECT/CT in Recurrent Prostate Cancer. *J Nucl Med* [Internet]. 1 de julio de 2023 [citado 10 de diciembre de 2025];64(7):1036-42. Disponible en: <https://jnm.snmjournals.org/content/64/7/1036>
28. Duncan I, Ingold N, Martinez-Marroquin E, Paterson C. An Australian experience using Tc-PSMA SPECT/CT in the primary diagnosis of prostate cancer and for staging at biochemical recurrence after local therapy. *The Prostate* [Internet]. 2023 [citado 12 de diciembre de 2025];83(10):970-9. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pros.24538>

X. TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Mapa de evidencia sobre el rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con 99mTc-HYNIC-PSMA en la evaluación de la respuesta al tratamiento en pacientes con cáncer de próstata.

Ítem	Subcategoría	Número de estudios	Porcentaje (%)
Continente	Asia (China)	7	41,2
	Oceanía (Australia)	4	23,5
	Europa (Alemania, Hungría)	3	17,6
	América del Norte (México, EE. UU.)	3	17,6
Año de publicación	2018	2	11,8
	2021	1	5,9
	2022	2	11,8
	2023	5	29,4
	2024	5	29,4
	2025	2	11,8
Escenario clínico	Estadificación primaria	6	35,3
	Recurrencia / re-estadificación	5	29,4
	Respuesta al tratamiento	4	23,5
	Metástasis ósea	1	5,9
	Escenarios mixtos	1	5,9
Tratamiento evaluado	No evalúa tratamiento	6	35,3
	Terapia hormonal / endocrina	4	23,5
	Radioterapia	2	11,8
	Terapia con ¹⁷⁷ Lu-PSMA	2	11,8
	Tratamientos combinados	3	17,6

Fuente. Tabla de extracción de datos

Tabla 2. Literatura científica que aborde el uso del SPECT/CT con ^{99m}Tc-HYNIC-PSMA en pacientes con cáncer de próstata que sean candidatos a tratamiento con ¹⁷⁷Lu-PSMA.

Autor	Año / País	Título	Población	Objetivo	Diseño	Resultado	Conclusiones
Demirci et al.	2024 / Estados Unidos	SPECT/CT in the evaluation of early response in patients with metastatic castration-resistant prostate cancer	66 pacientes con mCRPC tratados con ≥2 ciclos de ¹⁷⁷ Lu-PSMA	Evaluar el valor de los volúmenes tumorales y nuevas lesiones en SPECT/CT temprana para predecir resultados clínicos	Observacional, retrospectivo, no experimental	Los cambios en TTV se correlacionaron con PSA; TTV y nuevas lesiones se asociaron con mayor riesgo de mortalidad	La SPECT/CT temprana es útil como biomarcador pronóstico en pacientes candidatos y tratados con ¹⁷⁷ Lu-PSMA
Kashyap et al.	2025 / Australia	Prognostic value of post-therapeutic SPECT/CT for overall survival in patients undergoing ¹⁷⁷ Lu-PSMA-617 therapy	85 pacientes con mCRPC incluidos en tres ensayos clínicos	Determinar el valor pronóstico de la SPECT/CT post-terapia en la supervivencia global	Comparativo, experimental	La aparición de nuevas metástasis en ciclo 2 se asoció con peor supervivencia global	La SPECT/CT post-terapia identifica pacientes con mal pronóstico tras ¹⁷⁷ Lu-PSMA

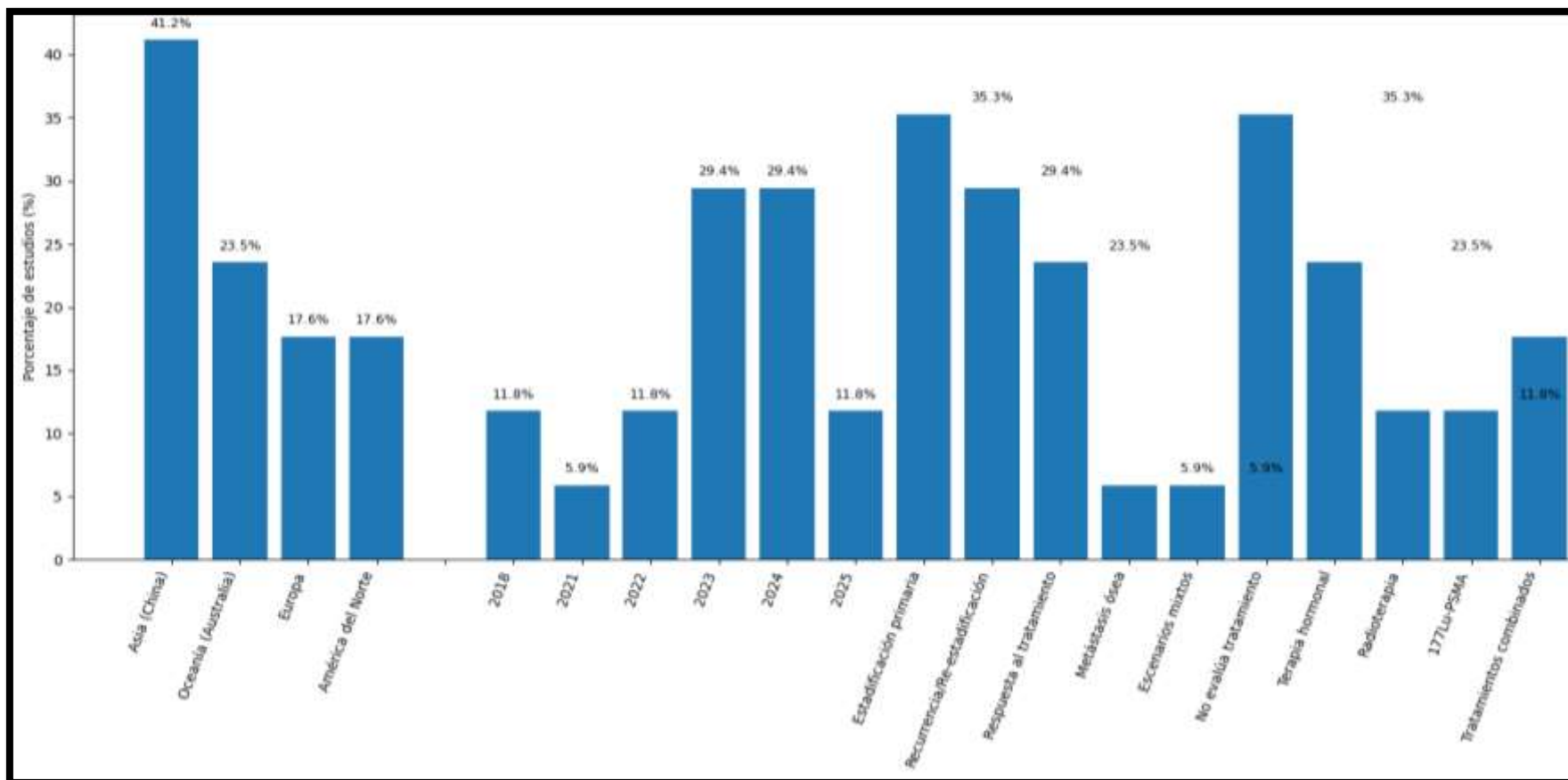
Fuente. Tabla de extracción de datos

Tabla 3. Indicadores de rendimiento diagnóstico reportados en la literatura (sensibilidad, especificidad, valores predictivos y correlación con biomarcadores como PSA) para el SPECT/CT con ^{99m}Tc-HYNIC-PSMA en cáncer de próstata.

Autor	Año / País	Escenario clínico	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	VPP / VPN (%)	Otros indicadores	Correlación con PSA / biomarcadores
Li B. et al.	2022 / China	Recurrencia bioquímica post-prostatectomía	80,3 (90,3% con ADT)	NR	NR	Tasa detección 80,3%	Mayor detección con PSA alto
Vargas-Ahumada et al.	2023 / México	Estadificación primaria	NR	NR	NR	Detección lesiones: 87%	No reportada
García-Pérez et al.	2018 / México	Recurrencia bioquímica	NR	NR	NR	SUVmax y TBR elevados	No reportada
Zhang et al.	2022 / China	Metástasis ósea	NR	NR	NR	AUC 0,88 (PSMA)	No reportada
Tually et al.	2024 / Australia	Diagnóstico / estadificación	NR	NR	NR	Detección global 77,5%	Mayor detección con PSA alto
Ruan & Gao	2024 / China	Metástasis ósea post-terapia	93,55	66,67	NR	AUC PSA 0,778 / ALP 0,770	Correlación con PSA y ALP
Li P. et al.	2021 / China	Respuesta a radioterapia	91,4	95,2	NR	AUC combinado 0,895	Δ TBR y Δ ADC
Demirci et al.	2024 / EE.UU.	Respuesta temprana a 177Lu-PSMA	NR	NR	NR	TTV predictor de OS	Correlación con PSA
Wang et al.	2023 / China	Diagnóstico primario	92	100	NR	AUC 0,953	No reportada
Zhang et al.	2023 / China	Diagnóstico primario	97,7	75,0	NR	AUC 0,974	No reportada
Kashyap et al.	2025 / Australia	Respuesta post-terapia 177Lu	NR	NR	NR	HR OS 2,85	Correlación moderada PSA
Li B. et al.	2024 / China	Estadificación primaria	90,7	93,6	VPP 70,6 / VPN 65,2	Precisión 65,9%	No reportada
Schmidkonz et al.	2018 / Alemania	Estadificación primaria	82	76	NR	Alta concordancia	No reportada
Farkas et al.	2024 / Hungría	Estadaje / reestadificación	86	100	VPP 100 / VPN 83	Exactitud 92%	No reportada
Currie et al.	2025 / Australia	Diagnóstico / reestadificación	NR	NR	NR	Detección 81,5%	PSA >10 ng/mL
Berliner et al.	2023 / Alemania	Recurrencia bioquímica	NR	NR	NR	Detectabilidad tardía 79%	No reportada
Duncan et al.	2023 / Australia	Diagnóstico primario y BCR	99,7	83,3	VPP 99,7 / VPN 99,4	Alta precisión	Correlación con PSA

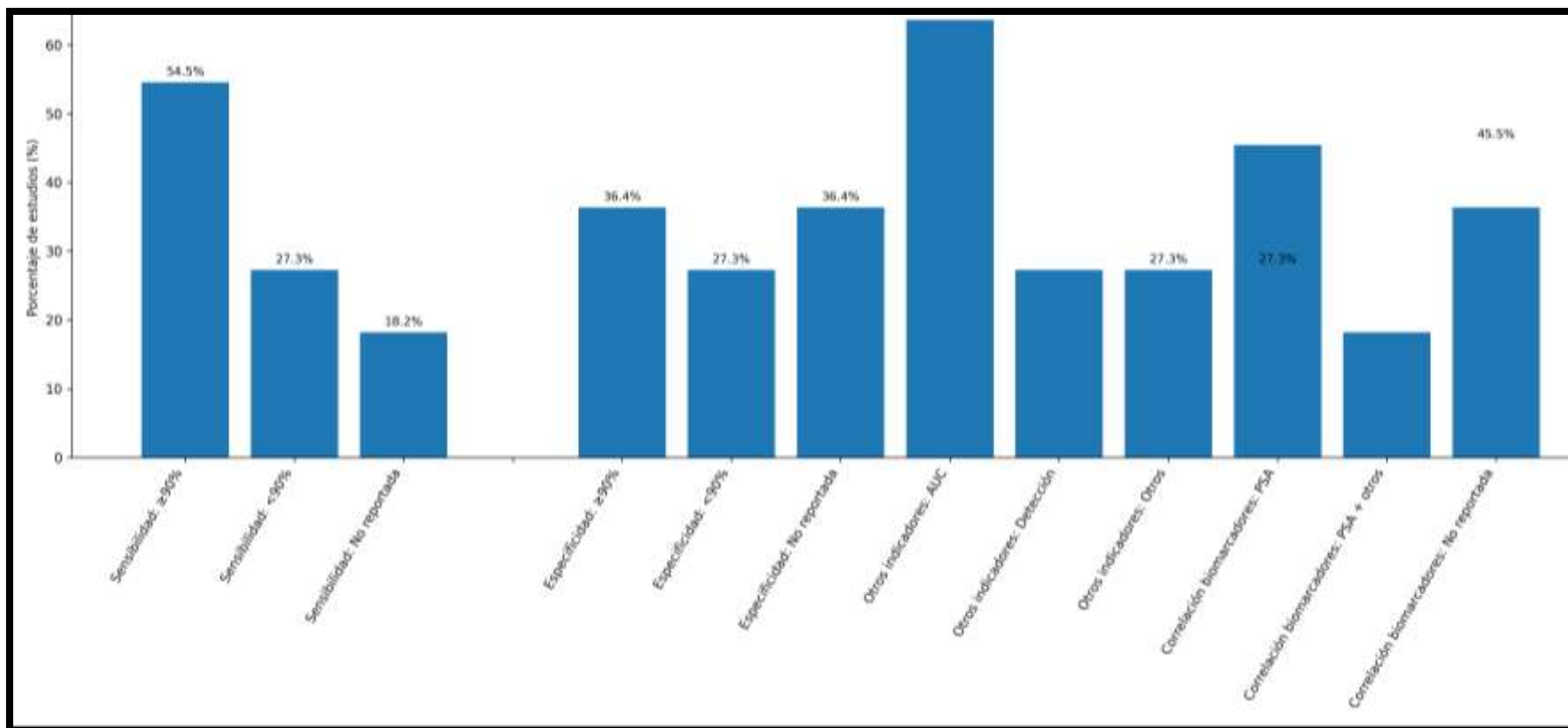
Fuente. Tabla de extracción de datos

Gráfico 1. Características de los estudios revisados sobre el rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con ^{99m}Tc-HYNIC-PSMA en la evaluación de la respuesta al tratamiento en pacientes con cáncer de próstata.



Fuente: Tabla 1.

Gráfico 2. Indicadores de rendimiento diagnóstico reportados en la literatura (sensibilidad, especificidad, valores predictivos y correlación con biomarcadores como PSA) para el SPECT/CT con ^{99m}Tc-HYNIC-PSMA en cáncer de próstata.



Fuente. Tabla

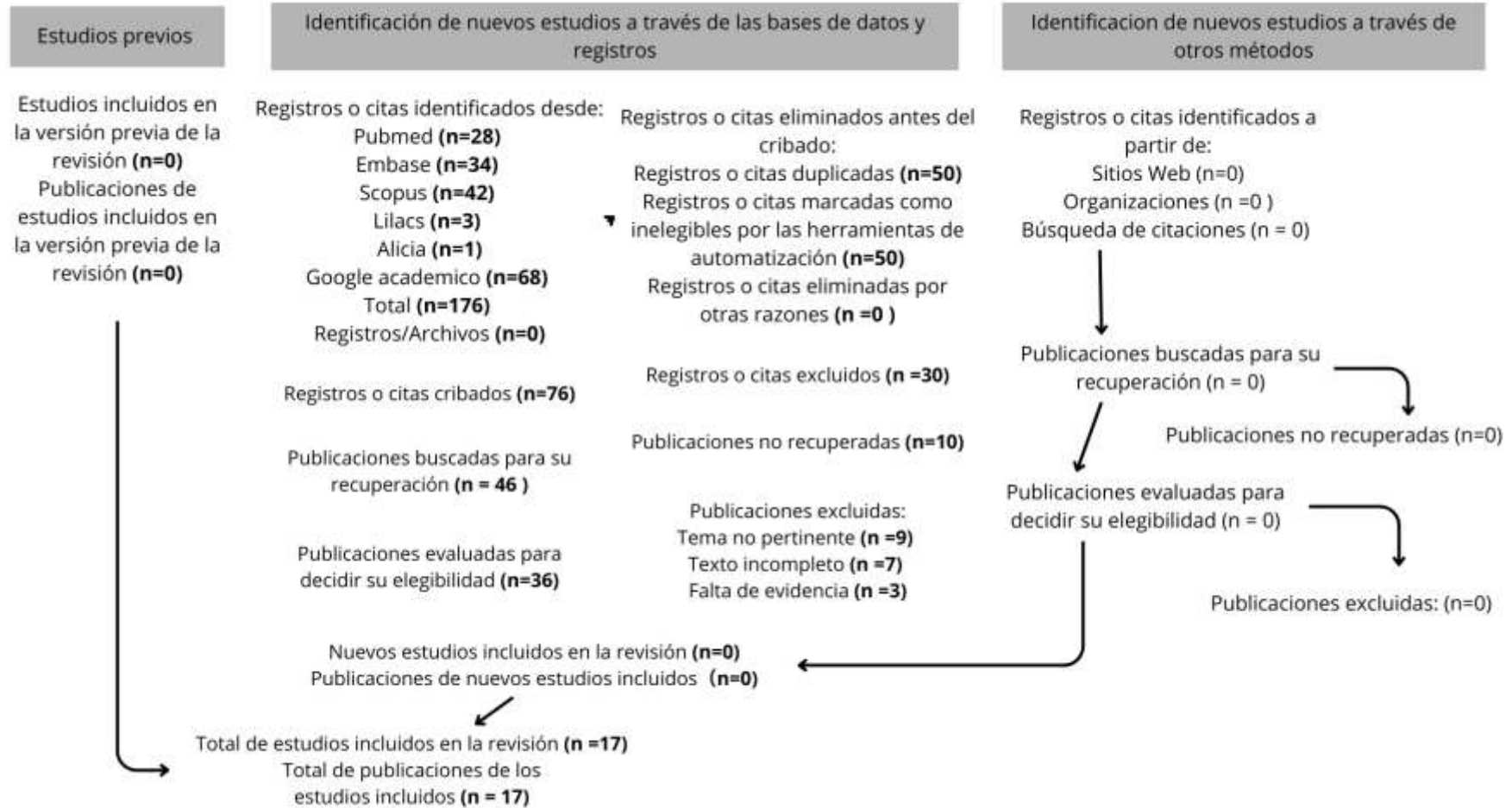
ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de operacionalización de variable

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo y escala de medición de variable	Indicadores
Rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con ^{99m} Tc-HYNIC-PSMA	Capacidad del SPECT/CT con ^{99m} Tc-HYNIC-PSMA para detectar, caracterizar y evaluar la respuesta terapéutica en el cáncer de próstata.	Datos reportados en los estudios incluidos que informen sensibilidad, especificidad, valores predictivos y correlación con PSA u otros biomarcadores.	Cuantitativa escala de razón/proporción.	Sensibilidad (%); Especificidad (%); Valor predictivo positivo (%); Valor predictivo negativo (%); Correlación con PSA (coeficiente r o p).
Uso clínico en pacientes con cáncer de próstata candidatos a tratamiento con ¹⁷⁷ Lu-PSMA-617	Aplicación del SPECT/CT con ^{99m} Tc-HYNIC-PSMA como herramienta diagnóstica previa o durante la selección de pacientes para terapia con radionúclidos dirigidos al PSMA.	Presencia de publicaciones que reporten estudios en población con indicación o seguimiento de terapia con ¹⁷⁷ Lu-PSMA-617.	Cualitativa nominal dicotómica.	Reporta uso en candidatos a terapia con ¹⁷⁷ Lu-PSMA-617 (Sí/No); Fase del uso (pretratamiento, post-tratamiento, monitoreo).

Correlación con biomarcadores clínicos y de laboratorio	Relación entre los hallazgos del SPECT/CT con ^{99m} Tc-HYNIC-PSMA y parámetros clínicos como el nivel de PSA, extensión metastásica u otros.	Registros de correlación (estadística o descriptiva) entre resultados de imagen y biomarcadores (PSA, Gleason, estadio).	Cuantitativa ordinal o continua según indicador.	PSA basal y post-tratamiento; Valores de Gleason; Estadios clínicos reportados.
Características de los estudios incluidos	Rasgos metodológicos y poblacionales de las investigaciones publicadas sobre el tema.	Extracción de información de cada estudio sobre diseño, país, año, muestra y metodología.	Cualitativa nominal / ordinal.	Tipo de estudio; Año de publicación; País de origen; Tamaño muestral.
Síntesis de la evidencia	Proceso de organizar y resumir la información publicada en relación con los objetivos de la revisión.	Registro y categorización de resultados de los artículos incluidos.	Cualitativa categórica.	Temáticas abordadas; Vacíos de investigación; Principales aportes a la práctica clínica.

Anexo 2. FIGURA PRISMA



Anexo 3. Cuadro de extracción de datos

	LINK	TITULO	AUTORES	AÑO	PAISES	TIPO DE ESTUDIO	ENFOQUE	DISEÑO	OBJETIVO	POBLACION	TRATAMIENTO EVALUADO	RESULTADO	INDICADORES DIAGNOSTICOS	CONCLUSION
1	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9768541/	Diagnostic performance of 99mTc-HYNIC-PSMA SPECT/CT for biochemically recurrent prostate cancer after radical prostatectomy	Li B. et al. (12)	2022	China	Observacional	Cuantitativo	No experimental	Determinar el rendimiento diagnóstico de la tomografía computarizada por emisión monofotónica (SPECT)/TC con 99mTc-HYNIC-PSMA en pacientes con cáncer de próstata bioquímicamente recurrente tras prostatectomía radical	147 pacientes con cáncer de próstata bioquímica mente recurrente tras prostatectomía radical	Terapia de privación androgénica	La tasa de detección fue de 80.3% , la recidiva local aumento en relacion a los valores de PSA, en pacientes con valores de Gleason mayor a 8 la detección fue ligeramente mayor a los de pacientes con valores de menor o igual a 7, La tasa de detección fue mayor en los pacientes tratados con TPA que en aquellos sin TPA	La sensibilidad encontrada fue del 80,3 % encontrando al menos una lesión, en pacientes con TPA fue del 90,3%, y con un Gleason >8 fue del	La SPECT/CT con 99mTc-HYNIC-PSMA ofrece altas tasas de detección del cáncer de próstata bioquímicamente recurrente tras la prostatectomía radical.

2	https://www.mdpi.com/2072-6694/15/24/5824	Diagnostic Performance of 99mTc-iPSMA SPECT/CT in the Initial Staging of Patients with Unfavorable Intermediate-, High-, and Very High-Risk Prostate Cancer: A Comparative Analysis with 18F-PSMA-1007 PET/CT	Vargas-Ahumada et al. (4)	2023	México	Comparativo	Cuantitativo	Experimental	Comparar la precisión diagnóstica de 99mTc-iPSMA SPECT/CT con el de 18F-PSMA-1007 en pacientes con cáncer de próstata de riesgo intermedio y alto desfavorable para diagnóstico primario y su impacto en la estadificación clínica	18 pacientes con carcinoma de próstata confirmado histológicamente, que fueron remitidos al Instituto Nacional del Cáncer (INCan)	No evalúa tratamiento	Se detectaron un total de 257 lesiones, de estos el 99mTc-iPSMA-SPECT/CT detectó 229 lesiones. mientras que ambos revisores detectaron el 100% de las lesiones en próstata (18/18), vesículas seminales (12/12) y viscerales (8/8); LN LR (56/62; 90%), NLR (57/67; 85%) y hueso (78/90; 86%).	El 99mTc-iPSMA mostró una notable tasa de detección de lesiones en metástasis óseas y viscerales (n = 86/98; 87%).	La SPECT/TC con 99m Tc-iPSMA podría utilizarse como una alternativa más económica y accesible para la estadificación del cáncer de próstata.
3	https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6261875/	Head to head comparison performance of 99mTc-EDDA/HYNIC-iPSMA SPECT/CT and 68Ga-PSMA-11 PET/CT a prospective study in biochemical recurrence prostate cancer patients	García – Pérez et al. (10)	2018	México	Comparativo	Cuantitativo	No experimental	Comparar la PET/CT con 99m Tc-EDDA/HYNIC-iPSMA y 68 Ga-PSMA-11 cualitativa y semicuantitativa en pacientes con recurrencia bioquímica a cáncer de próstata	23 pacientes con recurrencia bioquímica a cáncer de próstata	Terapia de privación androgénica, quimioterapia, radioterapia, Ra-223	Se evidenció un aumento de SUV max y TBR en órganos positivos como glándula prostática, hueso y ganglios linfáticos SUVmax = 25,2 ± 4,7, 18,4 ± 1,6; 11,4 ± 1,2 respectivamente y TBR TBR = 35,9 ± 45,2; 15,4 ± 18,9; 19,1 ± 51,7 respectivamente	-	La PET/TC con 68Ga -PSMA-11 y la SPECT/TC con 99mTc -EDDA/HYNIC-iPSMA fueron comparables, lo que respalda el uso de 99mTc -EDDA/HYNIC-iPSMA en pacientes con CaP metastásico progresivo resistente a la castración.

4	https://www.nature.com/articles/s41598-022-20280-x	Head-to-head comparison of 99mTc-PSMA and 99mTc-MDP SPECT/CT in diagnosing prostate cancer bone metastasis: a prospective, comparative imaging trial	Zhang et al. (16)	2022	China	Comparativo	Cuantitativo	No experimental	Evaluar la diferencia entre la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT)/TC con 99m Tc-PSMA y la SPECT/TC con 99m Tc-MDP en la detección de metástasis ósea en PCa	74 pacientes con cáncer de próstata confirmado o que hayan finalizado algún tratamiento o para CaP o pacientes con recurrencia bioquímica o pacientes con imposibilidad de obtener imágenes con contraste	Terapia de privación androgénica, quimioterapia, radioterapia	De los 74 pacientes, 25 (33.8%) fueron diagnosticados con metástasis óseas y 49 (66.2%) no presentaron metástasis, se identificaron un total de 109 lesiones óseas con 99m Tc-PSMA, mientras que 106 lesiones óseas mediante 99m Tc-MDP	Presión diagnóstica medida mediante el AUC, del 88,0 % para 99mTc -PSMA y de 84.9% para 99mTc -MDP, La diferencia en el AUC entre ambos métodos fue estadísticamente significativa (p < 0,001)	El SPECT/CT con 99m Tc-PSMA presentó mayor sensibilidad y especificidad que la SPECT/CT con 99m Tc-MDP en términos de metástasis óseas en CaP
5	https://link.springer.com/article/10.1186/s41824-024-00226-4	Real world experience with [99mTc]Tc-HYNIC-iPSMA SPECT prostate cancer detection: interim results from the global NOBLE registry	Tually et al. (17)	2024	Australia	Observacional	Cuantitativo	No experimental	Recopilar y evaluar datos e imágenes de pacientes con [99mTc]Tc-HYNIC-iPSMA para determinar la seguridad, la tolerabilidad y la utilidad clínica de este agente en la obtención de imágenes en diferentes estadios del CP.	40 pacientes con estadificación primaria y cáncer de próstata metastásico	Terapia de privación androgénica, quimioterapia, radioterapia	Se detectó al menos una lesión positiva a PSMA en el 77,5 % (31/40), la tasa de detección fue proporcional al valor de PSA y a los pacientes tratados con TPA fue mayor que en aquellos sin TPA 85,0 % frente a 70,0 %	-	El [99m Tc]Tc-HYNIC-iPSMA es un trazador confiable y adecuado para la imagen SPECT dirigida a PSMA en diversos centros y equipos de imagen.

6	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39260798/	Association between ^{99m} Tc-PSMA SPECT/CT imaging and prostate-specific antigen (PSA) and alkaline phosphatase (ALP) levels post-endocrine therapy in patients with prostate cancer and bone metastases	Ruan y Gao (18)	2024	China	Observacional	Cuantitativo	No experimental	Investigar la asociación entre las lesiones positivas detectadas por SPECT/CT ^{99m} Tc-PSMA y los niveles sanguíneos de antígeno prostático específico (PSA) y fosfatasa alcalina (ALP) en pacientes con cáncer de próstata (PCa) y metástasis ósea sometidos a terapia endocrina	43 pacientes diagnosticados con metástasis ósea de CaP que se sometieron a terapia endocrina	Terapia endocrina	El análisis de la curva ROC de PSA y ALP. AUC fue de 0,778 y 0,770, respectivamente. Cuando PSA > 1,13 ng/mL, la sensibilidad diagnóstica de la SPECT/CT con ^{99m} Tc-PSMA fue del 93,55% y la especificidad del 66,67%. Cuando la ALP era >86 U/L, la sensibilidad diagnóstica de la imagen SPECT/CT ^{99m} Tc-PSMA era del 64,52% y la especificidad del 83,33%.	Cuando la PSA > 1,13 ng/mL, la sensibilidad diagnóstica de la imagen SPECT/CT ^{99m} Tc-PSMA fue del 93,55% y la especificidad del 66,67%. Cuando la ALP era >86 U/L, la sensibilidad diagnóstica de la imagen SPECT/CT ^{99m} Tc-PSMA era del 64,52% y la especificidad del 83,33%	La SPECT/CT con ^{99m} Tc-PSMA puede detectar metástasis óseas de CaP, las cuales están relacionadas con los niveles de PSA. La sensibilidad diagnóstica y la detección de metástasis óseas positivas son mayores, y cuando la fosfatasa alcalina (FA) es > 86 U/L, la SPECT/CT con ^{99m} Tc-PSMA presenta mayor especificidad.
7	https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7937376/	Combination of ^{99m} Tc-Labeled PSMA-SPECT/CT and Diffusion-Weighted MRI in the Prediction of Early Response After Carbon Ion Therapy in Prostate Cancer: A Non-Randomized Prospective Pilot Study	Li P. et al (19)	2021	China	Comparativo	Cuantitativo	Experimental	Evaluar el potencial de la SPECT/CT con PSMA marcado con ^{99m} Tc y la imagen ponderada por difusión (DWI) para predecir la respuesta al tratamiento radioterapia(CIRT) en el cáncer de próstata.	26 pacientes con cáncer de próstata localizado tratados con radioterapia (CIRT).	Radioterapia (CIRT)	EL AUC de la media combinada de Δ TBR y Δ ADC (0,895; intervalo de confianza [IC] del 95 %: 0,747; 1,000) fue mayor que la de la media de Δ ADC o la de Δ TBR por separado. El uso combinado de la media de Δ TBR y Δ ADC mostró una sensibilidad del 91,4 % y una especificidad del 95,2 %	El uso combinado de la media Δ TBR y Δ ADC mostró un 91,4% de sensibilidad y un 95,2% de especificidad.	La SPECT/CT con PSMA marcado con ^{99m} Tc como la DWI parecen ser útiles para predecir la respuesta terapéutica tras la CIRT en el cáncer de próstata.

8	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39510589/	SPECT/CT in the evaluation of early response in patients with metastatic castration-resistant prostate cancer 177Lu-PSMA-617	Demirci et al. (20)	2024	Estados Unidos	Observacional	Cuantitativo	No experimental	papel de los volúmenes totales tumorales (TTVs) y las nuevas lesiones (NL) determinadas por LuPSMA SPECT/CT en ciclos iniciales para predecir los resultados posteriores en un entorno de práctica real	se revisaron retrospectivamente pacientes consecutivos con mCRPC que recibieron al menos 2 administraciones de LuPSMA con SPECT/CT 24 horas después del tratamiento.	Terapia con ¹⁷⁷ Lu-PSMA-617 (LuPSMA)	Sesenta y seis pacientes con mCRPC (edad media, 74 años) recibieron una mediana de 4 ciclos (rango intercuartil, 3-5) de LuPSMA. El seguimiento mediano a partir del ciclo 2 fue de 42 semanas (rango intercuartil, 33-48 semanas), con 24 de 66 pacientes fallecidos en el momento del análisis.	Los cambios en la TTV medidos al inicio de los ciclos 2 y 3 en relación con la línea base se correlacionaron significativamente con los cambios correspondientes en el nivel de PSA (r = 0,55 y 0,56), pero los TTV absolutos no se correlacionaron significativamente (r = 0,00 y 0,18).	TTVs y NLs más altos en LuPSMA SPECT/CT al inicio de los ciclos 2 y 3 se asociaron de forma independiente con un mayor riesgo de muerte.
9	https://www.frontiersin.org/journals/oncology/articles/10.3389/fonc.2023.1165694/full	The efficacy of ^{99m} Tc-HYNIC-PSMA SPECT/CT in detecting primary lesions and metastasis in newly diagnosed prostate cancer	Wang et al. (13)	2023	China	Descriptivo	Cuantitativo	No experimental	Investigar la eficacia de ^{99m} Tc-HYNIC-PSMA SPECT/CT en la detección de tumores primarios y metástasis en pacientes con cáncer de próstata (PCa) recién diagnosticado	31 pacientes con CaP patológicamente comprobado	No evaluación de terapia	El área bajo la curva ROC (AUC) de SUVmean fue 0,953. El AUC de SUVmax fue de 0,953. La sensibilidad y especificidad de la SUVmean fueron del 92% y 100%, respectivamente. La sensibilidad y especificidad del SUVmax fueron del 92% y 100%, respectivamente. La tasa de detección de	SUVmean: AUC: 0,953/Sens: 92%/Espec: 100% SUVmax: AUC: 0,953/Sens: 92%/Espec: 100% Tasa de detección de tumores primarios fue del 100%	La SPECT/CT ^{99m} Tc-HYNIC-PSMA es eficaz en la estratificación del riesgo y la detección de metástasis a distancia de pacientes con CaP primario. Es de gran valor para orientar las estrategias de tratamiento.

											tumores primarios fue del 100% (31/31)			
10	https://www.frontiersin.org/journals/oncology/articles/10.3389/fonc.2023.1193370/full	Improving diagnostic efficacy of primary prostate cancer with combined ^{99m} Tc-PSMA SPECT/CT and multiparametric -MRI and quantitative parameters	Zhang et al. (21)	2023	China	Comparativo	Cuantitativo	Experimental	Evaluar la diferencia entre ^{99m} Tomografía computarizada por emisión monofotónica (SPECT)/CT con Tc-PSMA y resonancia magnética multiparamétrica (mpMRI) en la detección del cáncer primario de próstata	56 varones con sospecha de CaP con un rango de 29-87 años.	-	La sensibilidad de ^{99m} La SPECT/CT de Tc-PSMA y la mpMRI en la detección del CaP primario fueron del 97,7 % (43/44) y del 90,9 % (40/44), Su especificidad fue del 75,0% (9/12) y del 75,0% (9/12), respectivamente, El análisis de la curva ROC reveló una precisión, medida por el AUC, del 97,4% para ^{99m} Tc-PSMA, 95,1% mpMRI y 98,2% para ambas.	Se obtuvo sensibilidades del 97,7% (43/44) y 90,9% (40/44), especificidades del 75,0% (9/12) y 75,0% (9/12), y AUC del 97,4% y 95,1%, para Tc-PSMA SPECT/CT y mpMRI	La combinación de ^{99m} Tc-PSMA SPECT/CT y mpMRI mejora la eficacia en comparación por separado; SUV _{max} /ADC _{min} es un valioso parámetro de diagnóstico por imágenes diferencial.
11	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40610228/	Prognostic value of post-therapeutic SPECT/CT for overall survival in patients undergoing [¹⁷⁷ Lu]Lu-PSMA-617 Radiopharmaceutical Therapy: Results from 3 clinical trials	Kashyap et al. (22)	2025	Australia	Comparativo	Cuantitativo	Experimental	Evaluar los cambios cuantitativos y visuales en la SPECT/CT post-terapia como biomarcadores pronósticos para la supervivencia global entre pacientes en 3 ensayos clínicos: LuPSMA, LuPARP y PRINCE	Ochenta y cinco pacientes con mCRPC (46 de LuPSMA Fase 2, 25 de PRINCE y 14 de LuPARP).	Terapia con ¹⁷⁷ Lu-PSMA-617	Entre estos pacientes, 18 (21,2%) presentaron nuevas metástasis visibles en el ciclo 2 de SPECT/CT, y esto fue pronóstico para la OS en monovariante (razón de riesgo [HR], 2,38; IC 95%, 1,36-4,18; P = 0,002) y multivariantes	Hubo una correlación moderada entre los cambios en el PSA del ciclo 1 al ciclo 2 y el MTV	La presencia de nuevas metástasis en la SPECT/CT post-terapia tras el ciclo 2 es un biomarcador pronóstico independiente para el SO en pacientes con mCRPC

												(HR, 2,85; IC 95%, 1,36-5,98; P = 0,01). Siete (8,2%) pacientes con reducciones de PSA presentaron nuevas lesiones en SPECT/CT post-tratamiento.		
1 2	https://www.frontiersin.org/journals/endocrinology/articles/10.3389/fendo.2024.1326858/full	[99mTc]Tc-HYNIC-ALUG SPECT/CT in the initial staging of 227 consecutive patients with newly diagnosed prostate cancer: a 5-year monocentric retrospective study	Li B et al. (23)	2024	China	Observacional	Cuantitativo	No experimental	Evaluar la efectividad de [99mTc]Tc-HYNIC-ALUG SPECT/CT en la estadificación inicial de pacientes con CaP recién diagnosticado.	227 pacientes sometidos a imágenes SPECT/CT - 99mTc-HYNIC-ALUG para la estadificación primaria del CaP recién diagnosticado.	-	Entre los 227 pacientes, [99mTc]Tc-HYNIC-ALUG SPECT/CT detectó al menos una lesión positiva en 209 (92,1%) pacientes pero fue negativa en 18 (7,9%) pacientes	La sensibilidad de SPECT/CT de Te]Tc-HYNIC-ALUG en la evaluación del CaP fue del 90,7% (117/129). La sensibilidad, especificidad, precisión diagnóstica, VPP y VPN fue de 23,5 % (12/51), 93,6 % (73/78), 65,9 % (85/129), 70,6 % (12/17) y 65,2 % (73/112), para metastasis.	El 99mTc-HYNIC-ALUG SPECT/CT es una herramienta valiosa para la estadificación inicial del CaP recién diagnosticado.

13	https://journals.lww.com/nclearmed/pages/articleviewer.aspx?year=2018&issue=0400&article=00001&type=Fulltext	SPECT/CT with the PSMA ligand 99mTc-MIP-1404 for whole-body primary staging in patients with prostate cancer	Schmidkonz et al. (24)	2018	Alemania	Observacional	Cuantitativo	No experimental	Uso de 99mTc-MIP-1404 (Progenics Pharmaceuticals, Inc, Nueva York, NY) en la estadificación primaria en pacientes con cáncer de próstata (PC) antes del tratamiento.	93 pacientes con cáncer confirmado o histológicamente en los que se había realizado 99mTc-MIP-1404 SPECT/CT para la estadificación primaria de todo el cuerpo antes del tratamiento.	No evaluación terapia	En 90 (97%) de 93 pacientes, se detectó una captación de próstata por encima del fondo de fondo como correlato del PC diagnosticado histológicamente.	El estudio predijo la aparición de metástasis ganglios linfáticos o óseos con una sensibilidad del 82% y una especificidad del 76%.	MIP-1404 SPECT/CT tiene una alta precisión y baja variabilidad entre observadores en el diagnóstico de PC y permite la detección de metástasis de ganglios linfáticos y óseos en una proporción significativa de pacientes con PC aún no tratados
14	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38249326/	Diagnostic value of [99mTc]Tc-PSMA-I&S-SPECT/CT for the primary staging and restaging of prostate cancer	Farkas et al. (25)	2024	Hungría	Observacional	Cuantitativo	No experimental	Evaluar el rendimiento de [99mTc]Tc-PSMA-I&S (para imágenes y cirugía) en el cáncer de próstata.	20 voluntarios sanos y 100 pacientes con cáncer de próstata confirmado o histológicamente.	En el grupo 2 se evidencian 44 pacientes que recibieron un tratamiento o inicial de prostatectomía, 25 recibieron radioterapia y 3 recibieron tratamiento sistémico.	El estudio mostró un buen rendimiento diagnóstico: para el cáncer de próstata primario, los valores alcanzaron 86% de sensibilidad y 92% de exactitud. En el estadiaje inicial, la detección de metástasis logró 88% de sensibilidad y 93% de exactitud, con mayor captación tumoral que en la próstata normal.	Sensibilidad: 86% Especificidad: 100% VPP:100% VPN:83% Exactitud: 92%	En conclusión este estudio nos permite evidenciar que el [99mTc]Tc-PSMA-I&SSPECT/CT nos ofrece un rendimiento sólido tanto en el estadiaje inicial y la reestadificación.

15	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1078817425002470	Prostate cancer detection with [99mTc]Tc-HYNIC-iPSMA SPECT: The Australian experience	Currie et al. (26)	2025	Australia	Observacional	Cuantitativo	No experimental	El objetivo de este estudio fue evaluar la seguridad y el impacto clínico de las imágenes con 99mTc-HYNIC-iPSMA SPECT.	27 pacientes con cáncer de próstata en zonas remotas de Australia occidental	11,1% eran estudios de reestadiaje por lo tanto habrían recibido tratamiento, mas no lo mencionan.	No lo mencionan	Tasa de detección: 81,5% Rendimiento en px con PSA >10ng/ml: 93,3% Rendimiento en px con PSA <10ng/ml: 66,7%	El estudio concluye que 99mTc-HYNIC-iPSMA es un radiofármaco seguro y clínicamente útil, con una alta tasa de detección y un impacto significativo en el manejo del cáncer de próstata, especialmente en regiones donde PET-PSMA no está disponible.
16	https://jnm.snmjournals.org/content/64/7/1036	Delayed Imaging Improves Lesion Detectability in [99mTc]Tc-PSMA-I&S SPECT/CT in Recurrent Prostate Cancer	Berliner et al. (27)	2023	Alemania	Observacional	Cuantitativo	No experimental	El objetivo fue comparar la capacidad de detectar metástasis ganglionares confirmadas histopatológicamente mediante SPECT/CT [99mTc]TcPSMA-I&S temprana y tardía en el cáncer de próstata bioquímicamente recurrente temprano.	222 pacientes con cancer de prostata	Prospatectomia radioterapia	La adquisición tardía de SPECT/CT con 99mTc-PSMA-I&S (≥15 h) mejora significativamente la detección de lesiones en comparación con la adquisición temprana	Detectabilidad por paciente en imágenes tempranas <4h: 27% Detectabilidad por paciente en imágenes tardías: 79% Detectabilidad por lesion en imágenes tempranas: 21% Detectabilidad por lesion en imágenes tardías: 60 %	La imagen tardía con 99mTc-PSMA-I&S mejora claramente la detección de lesiones frente a la imagen temprana, especialmente en lesiones pequeñas, por lo que debe preferirse para optimizar la identificación de recurrencia en cáncer de próstata.

17	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pros.24538	An Australian experience using Tc-PSMA SPECT/CT in the primary diagnosis of prostate cancer and for staging in biochemical recurrence after local therapy	Duncan et al (28)	2023	Australia	Comparativo	Cuantitativo	No experimental	comparar la precisión diagnóstica de la Tc-PSMA y la resonancia magnética multiparamétrica (mpMRI) en el diagnóstico primario de PC.	425 hombres derivados para la estadificación primaria (PS) de PC y 172 hombres derivados con recaída bioquímica (BCR)..	No menciona tratamiento	Encontraron correlaciones moderadas entre la captación de Tc-PSMA en la próstata y el grado de biopsia, la presencia de metástasis y el PSA.	la sensibilidad (tasa de verdaderos positivos), la especificidad (tasa de verdaderos negativos), la precisión (valor predictivo positivo y negativo) y la precisión (valor predictivo positivo) para Tc-PSMA en el grupo de PS fueron del 99,7%, 83,3%, 99,4% y 99,7%, respectivamente.	SPECT/CT de Tc-PSMA mediante un algoritmo de reconstrucción mejorado tiene un rendimiento diagnóstico similar al de la PET/CT y la mpMRI de Ga-PSMA.
----	---	---	-------------------	------	-----------	-------------	--------------	-----------------	--	---	-------------------------	--	---	--

Anexo 4: Cuadro enfoque PCC

Cuadro: Enfoque PCC	
Población (P)	Pacientes con cáncer de próstata sometidos a tratamiento, incluyendo terapia de privación androgénica (ADT), terapias con radioligandos (como ^{177}Lu -PSMA), quimioterapia u otras modalidades disponibles
Concepto (C)	Rendimiento diagnóstico del SPECT/CT con $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HYNIC-PSMA específicamente orientado a la valoración de la respuesta al tratamiento
Contexto (C)	Ámbito de instituciones de salud públicas o privadas

Anexo 5: Tabla de términos de la estrategia de búsqueda

Base de Datos	Algoritmo de Búsqueda
SCOPUS	<p>“Prostate Cancer” OR “Prostatic Neoplasms” AND “Technetium ^{99m}Tc HYNIC PSMA” OR “^{99m}Tc-HYNIC-PSMA” AND “Radionuclide Imaging” OR “Single Photon Emission Computed Tomography” OR “SPECT” AND “Treatment Outcome” OR “Androgen Deprivation Therapy” OR “Radioligand Therapy” OR “Chemotherapy”</p>
EMBASE	<p>“Prostate cancer” AND “Treatment outcome” AND “Radionuclide Imaging” AND “Single Photon Emission Computed tomography” AND “Technetium ^{99m}Tc HYNIC PSMA”</p>
GOOGLE ACADÉMICO	<p>“SPECT/CT” AND “^{99m}Tc-HYNIC-PSMA” AND “neoplasia prostatica”</p>
MEDLINE	<p>(“Prostatic Neoplasms”[MeSH] OR “Prostate Cancer”) AND (“Technetium Tc ^{99m} HYNIC PSMA”) AND (“Radionuclide Imaging”[MeSH] OR “Single Photon Emission Computed Tomography”[MeSH] OR “SPECT”[MeSH]) AND (“Treatment Outcome”[MeSH] OR “Androgen Deprivation Therapy”[MeSH] OR “Radioligand Therapy” OR “Chemotherapy”[MeSH])</p>
LILACS	<p>(“Neoplasias prostáticas” OR “Cáncer de próstata”) AND (“Tecnecio ^{99m}Tc HYNIC-PSMA”) AND (“Imagen con radionúclidos” OR “Tomografía computarizada por emisión de fotón único”) AND (“Resultado del tratamiento” OR “Terapia de</p>

	privación androgénica” OR “Terapia con radioligando” OR “Quimioterapia”)
--	---