

Innovaciones tecnológicas utilizadas como herramientas diagnósticas en la detección del cáncer de próstata

Technological innovations used as diagnostic tools in the detection of prostate cancer

José Siles-Luna  1,2

RESUMEN

El cáncer de próstata es una enfermedad que afecta directamente las células de la próstata. Siendo el crecimiento anormal de las células el que permite la formación de un tumor maligno que tiene la capacidad de comprometer los tejidos cercanos y en estadios avanzados, se expande a otros órganos o regiones del cuerpo generalmente huesos y los ganglios. El objetivo de este estudio fue identificar las innovaciones tecnológicas implementadas como herramientas de diagnóstico en los últimos seis años por medio de una revisión de literatura. Para la adquisición de la evidencia se realizó una revisión sistemática en diversas bases de datos entre estas, Scimedirect, Elsevier, PubMed, y Springer, considerando los criterios según los criterios Preferred Reporting Items for Systematic reviews and meta-Analyses (PRISMA), se utilizó los términos de búsqueda; Prostate cancer, Technological innovation, detection tools, artificial intelligence. Se encontraron 389 artículos de los cuales la muestra seleccionada que cumplió los criterios descritos en la metodología fueron 25. Como síntesis se encontró la validación de algunas tecnologías entre estas, el uso de Sensores, Biomarcadores y tecnología genómica, medicina nuclear, algoritmos de biopsias virtuales, segmentación de píxeles, Galen Prostate, así como modelos de predicción con aprendizaje automático todas estas herramientas demostraron una mejor precisión en la detección del cáncer de próstata, sin embargo, es necesario seguir desarrollando procesos que fundamenten su utilización en nuevos escenarios. Conclusión, la incorporación de la tecnología ha transformado significativamente el diagnóstico del cáncer de próstata, mejorando la precisión, rapidez y personalización del tratamiento. Estas movilizan los métodos, procedimientos y permiten dar un manejo más eficiente y efectivo a la enfermedad.

Palabras clave: cáncer de próstata, diagnóstico, detección, tecnología, inteligencia artificial.

ABSTRACT

Prostate cancer is a disease that directly affects prostate cells. Being the abnormal growth of cells that allows the formation of a malignant tumor that has the ability to invade nearby tissues and in advanced stages, radiates to other organs or regions of the body usually bones and lymph nodes. The objective of this study was to identify the technological innovations implemented as diagnostic tools in the last six years by means of a literature review. For the acquisition of evidence, a systematic review was carried out in several databases including Scimedirect, Elsevier, PubMed, and Springer, considering the criteria according to the Preferred Reporting Items for Systematic reviews and meta-Analyses (PRISMA) criteria, using the search terms; Prostate cancer, Technological innovation, detection tools, artificial intelligence. A total of 389 articles were found of which the selected sample that met the criteria described in the methodology were 25. As a synthesis we found the validation of some technologies among these, the use of Sensors, Biomarkers and genomic technology, nuclear medicine, virtual biopsy algorithms, pixel segmentation, Galen Prostate, as well as prediction models with automatic learning, all these tools demonstrated a better precision in the detection of prostate cancer, however, it is necessary to continue developing processes that support their use in new scenarios. Conclusion, the incorporation of technology has significantly transformed the diagnosis of prostate cancer, improving the accuracy, speed and personalization of treatment. These mobilize methods and procedures and allow a more efficient and effective management of the disease.

Keywords: prostate cancer, diagnosis, detection, technology, artificial intelligence.

¹ Urologo del Hospital Militar Central, Lima - Perú.

² Jefe de Servicio de Urología de la Clínica Internacional, Lima - Perú.

Citar como: Siles-Luna J. Innovaciones tecnológicas utilizadas como herramientas diagnósticas en la detección del cáncer de próstata. *Interciencia méd.* 2024;14(4): 60-79. DOI: [10.56838/icmed.v14i4.231](https://doi.org/10.56838/icmed.v14i4.231)

Aceptado: 16/09/2024



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Introducción

Hacer referencia al CaP (Cáncer de Próstata) es mencionar una larga lucha de iniciativas por comprender las variaciones que tiene la enfermedad y las múltiples formas en las cuales se presenta en los pacientes. En función de esto, se realizan campañas para la detección precoz de dicha enfermedad que aqueja actualmente solo a nivel de Estados Unidos con datos a enero del año 2024 alrededor de 299,010 casos nuevos, siguiendo el orden de prevalencia de dicha afectación se ha calculado que al menos 1 de cada 8 hombres a lo largo de su vida tiene la probabilidad de ser diagnosticado con CaP, situación que se torna mucho más frecuente con la edad del paciente, sin embargo, existe un porcentaje pequeño de presencia de dicha enfermedad en hombres menores de 40 años.¹

En atención a esta situación en Perú, el cáncer es la segunda causa de muerte seguido por las enfermedades cardiovasculares, ocurriendo una variabilidad atendiendo a factores demográficos, el sexo y las edades de los pacientes, ocupando el quinto lugar de prevalencia a nivel nacional, sin embargo, a nivel del sexo masculino es el número uno, donde hasta el 2022 el 22.9% procedía de Lima, seguido de regiones como la Libertad con un 14.7%.² La prevalencia del CaP durante el año 2022 implicó 2000 fallecidos en Lima, la detección y atención a este tipo de males, es importante, puesto que es un tipo de afectaciones que no suele expresar malestar alguno en las etapas iniciales, siendo en las fases más avanzadas que el paciente asiste a consulta, con lo cual las visitas a atenderse ocurren hasta en un 60% de los casos ya en etapas donde la enfermedad se encuentra en estadios avanzados.³

Ante este tipo de escenarios en el país es importante preguntarse qué puede hacerse para atender de forma efectiva este tipo de flagelos y cómo lograr que la enfermedad sea atendida creando mayores expectativas de vida en los pacientes, es más que claro que el proceso de detección temprana se convierte en una aliada valiosa, sin embargo, también es cierto que la medicina ha avanzado y se encuentra interesada como ciencia en contribuir a la recuperación de la salud de los pacientes, y para ello se recurre cada vez a nuevos métodos para el proceso de detección, tratamiento y recuperación de los enfermos. En este sentido la incorporación de los avances tecnológicos se ha convertido en una oportunidad para quienes se encuentran afectados por dicho padecimiento.

Es cada vez más conocido que el uso de imágenes es una de las alternativas mayormente utilizadas como parte del proceso de detección del CaP, existen hasta el momento clasificaciones que permiten la identificación y comprensión del estado de la enfermedad. En opiniones médicas este tipo de exámenes ha evolucionado y su utilización depende en gran manera por la necesidad de detección lo más exacto posible y determinar de esta forma el rango de atención del padecimiento, pudiendo con ello brindar mejores opciones al paciente. En el caso particular de la TC con gammagrafía ósea, el cual es un método comúnmente utilizado en diversos países en todo el mundo, este acuerdo a la opinión de estudios realizados en Australia y Alemania, es menos efectivo si se compara con técnicas combinatorias de tomografía por emisión de positrones (TEP) con la tomografía computarizada (TC) del antígeno prostático específico de membrana (PSMA). Esta técnica, llamada PET-TC del PSMA es mucho más efectiva y aun cuando dicho método no tiene como fin el que su uso aporte a la mejora clínica de los pacientes, bien es cierto que a partir de su implementación se logre conocer con mayor nivel de precisión los procesos de metástasis al ser comparado con el uso de métodos convencionales para este fin.⁴

Hasta el momento el sistema que se utiliza en los hospitales en Perú para hacer una detección por imágenes asociadas con el CaP es la resonancia magnética permitiendo con ello evaluar de forma aparentemente sencilla la presencia de afecciones vinculadas a la enfermedad. Sin embargo, bien es cierto que el nivel de sensibilidad de detección se asocia al grado tumoral, aun cuando el procedimiento se creó con la posibilidad de elaborar informes a partir de la interpretación de las imágenes, el porcentaje de precisión depende en mucho de la experiencia del experto que practica el examen.⁵

De forma clínica los especialistas se han visto en la necesidad de hacer combinaciones de procedimientos con la finalidad de orientar al paciente sobre el estado de su salud, contar con resultados cada vez más orientados a salvaguardar la vida de los individuos detectados con este tipo de padecimiento, es por esta razón, que el uso de imágenes como herramienta de diagnóstico se convierte en la más utilizada, y aun cuando la efectividad de la misma depende de una serie de elementos relacionados con la genética del paciente, la propensión familiar al cáncer, así como el estilo de vida que desarrolla, este tipo de procedimientos es uno de los más populares, sobre todo dentro de las instalaciones de salud pública.

Sin embargo, es importante mencionar que a medida que ha avanzado la medicina, la enfermedad también presenta particularidades y nuevas formas de comportamiento frente a tratamientos clínicos, situación que orienta y manda a dar una superlativa importancia al uso de herramientas de diagnóstico y la detección temprana, con miras a alcanzar resultados positivos.

El porque es interesante comprender el uso de herramientas de diagnóstico más precisos, se debe en parte al crecimiento en la tasa de recurrencia de la enfermedad la cual se estima de acuerdo a los niveles de riesgo bajo de un 13.89%, en el nivel medio, 18.33 y los pacientes que se clasificaron con un nivel de riesgo alto, el regreso de la enfermedad fue de hasta un 25.93%, lo que orienta la necesidad de dar un seguimiento oportuno y más allá del tratamiento clínico es fundamental la detección de la etapa en la cual se encuentra la enfermedad.⁶

En aras de atender de una forma más rápida es que ocurre la incorporación de la tecnología dentro de la medicina, situación que ha representado un especial interés no sólo a partir de esta al desarrollarse el diagnóstico con imágenes que logra mayores niveles de aproximación a la detección más exacta de los niveles de riesgo y estatus de la enfermedad en los pacientes, sino que además esta acción permite realizar un análisis mucho más específico que brinda una salida más ajustada a las necesidades de los pacientes. Y es a partir de la inteligencia artificial en la medicina que este tipo de procedimientos se ha visto mejorados y permite la repotenciación de aspectos asociados con la precisión y exactitud dentro de los diagnósticos por imágenes, desde al año 2016, se dan algunas pautas sobre la presencia de algoritmos particularmente modernos que apoyan la generación de respuestas rápidas y se vinculan con la comparativa con grandes volúmenes de datos, situación que es de especial interés para el reconocimiento de nuevos casos y modernas formas de atender el diagnóstico.⁷

Se considera que la IA y el aprendizaje automatizado se convierten en aliados en los procesos de diagnóstico del cáncer, situación que puede ser utilizada por los médicos a medida que la escalabilidad de este tipo de recursos permite la obtención de alcanzar resultados más precisos. Puede decirse entonces que las innovaciones tecnológicas en este campo se han convertido en esperanza para los pacientes, más allá de los costos

y la disponibilidad de este tipo de recursos como herramienta de diagnóstico, si representa posibilidades para la obtención de resultados mucho más acertados y contundentes.⁸

El hacer uso de IA en alianza con la radiología, se alcanza una notable eficacia en los diagnósticos, los estudios aplicando este tipo de recursos permite al especialista contar con mayor calidad en los detalles y en el caso particular de las imágenes, estas logran analizar pixel por pixel, lo que indica que se obtiene una precisión casi total de los cuerpos analizados, situación que se vuelve troncal si se habla de diagnóstico de pacientes con niveles de propensión al CaP. A su vez la puesta en escena de la IA en cuanto a la detección de esta enfermedad patológicamente significa tener la posibilidad de estudiar con un nivel de detalle significativo, permitiendo con esto, al patólogo la detección de áreas sospechosas provenientes de exámenes de pacientes con cáncer.

A este proceso se une el análisis confirmatorio realizado por métodos tradicionales y bien conocidos por los especialistas, es con el apoyo de la IA particularmente, que se logra hacer análisis discriminantes visuales, y estimar o desestimar los falsos positivos que pueden generarse utilizando los métodos comúnmente aplicados como recurso para la identificación del nivel de CaP, sin embargo, la experiencia en este tipo de procedimientos orienta como la incorporación de tecnología valida el trabajo realizado por la parte humana, pero de igual manera le permite confirmar con mayor nivel de precisión el estado del paciente.⁹ Los especialistas en oncología ven la posibilidad de incorporar cada año nuevos procedimientos apoyados en la IA, situación que permite un abordaje de la necesidad del paciente de forma personalizada, y es a raíz del uso de la tecnología en la medicina que se cuenta con imágenes más precisas.¹⁰

La implementación de este tipo de tecnología motiva a los pacientes y brinda una esperanza de detectar con mayor precisión, la ruta a seguir por el especialista o en algunos casos brinda la posibilidad de hacer análisis confirmatorios más efectivos, situación que aporta a las soluciones médicas, de forma concreta, el contar con big data y la ómica molecular se convierten en importantes aliados al poder hacer análisis contando con grandes volúmenes de datos que permiten hacer una comparación, en consecuencia, se logra acceder a biomarcadores e información que refiere las tendencias de la población, lo cual brinda la oportunidad de hacer

comparaciones y establecer una línea de acción con datos en tiempo real.¹¹

Contando con la tecnología como aliada en el diagnóstico del cáncer y haciendo uso de bases de datos que permiten comparar experiencias de pacientes en diferentes lugares del mundo se obtienen ideas más claras para atender y comprender la naturaleza de la enfermedad, fue con la inserción de la IA y particularmente una de sus áreas conocidas como el aprendizaje automático, que se logró descifrar datos que se convierten en oportunidades únicas para diagnosticar con mayor precisión el cáncer de próstata al igual que otros tipos de cáncer.¹²

Los beneficios que trajo consigo la incorporación de la tecnología en el proceso de diagnóstico, detección y tratamiento del cáncer ha crecido en el último quinquenio, situación que se dinamizó de forma particular con la presencia de la IA, y por medio de los algoritmos, se logran múltiples combinaciones que brindan escenarios variados y novedosos que dan a los expertos caminos mucho más certeros para el abordaje de la enfermedad en menor escala de tiempo.¹³

Fue con la acogida del Machine Learning en el campo médico que el cáncer de próstata se vio favorecido puesto que se logró una mayor precisión al momento de efectuar el diagnóstico de la enfermedad, situación que al contar con este recurso minimiza sustancialmente el sesgo que puede ocurrir al realizarse solo contando con la opinión del experto, este tipo de recursos orienta y permite un diagnóstico confirmatorio del estado de la enfermedad.¹⁴ En el caso del CaP este requiere de un pronto diagnóstico para ganar tiempo al avance de la misma, situación que ha sido posible al contar con el aprendizaje automático como herramienta que permite explorar de forma acuciosa para descubrir cómo debe tratarse, así como el porcentaje de recurrencia, a esto se une la posibilidad de contar con procedimientos estructurados para atender la enfermedad basados en datos multi ómicos y de sensibilidad a los fármacos, situación que es de especial interés en este tipo de padecimientos.¹⁵

Es un hecho indudable que la presencia de la tecnología en los procesos de detección y diagnósticos de las enfermedades oncológicas genera expectativas para lograr una comprensión y análisis de la afectación en el paciente, puesto que a partir del cruce de la

información entre la experiencia del médico, el uso de algoritmos y los procesos automatizados se obtiene una predicción del estado de salud del paciente en tiempo real, lo cual significa una mejora importante en la eficiencia con respecto a la detección de las afectaciones en el enfermo.¹⁶

El avance en cuanto a la detección y con ello la generación de diagnósticos más certeros con respecto al CaP, orienta como la IA permite a través de una mejora en la calidad de los análisis de las imágenes de exámenes permitiendo con esto la detección de patologías oncológicas y su posible comportamiento lo cual, permite trazar una ruta de acción para atender al paciente ajustado a su realidad.¹⁷ La habilidad de establecer un diagnóstico con mayor precisión para conocer el estado del CaP, se convierte en esperanza de vida para los pacientes, en este sentido se torna esencial el contar con imágenes de alta calidad que permitan comprender la fase en la cual se ubica la enfermedad, en este sentido, en el entorno actual, se cuenta con una serie de caminos incluyendo el uso de inteligencia artificial para aprovechar los hallazgos, así como nuevos refinamientos de la química medicinal a la estructura basada en urea, y en consecuencia esto permite una focalización puntual del tumor.¹⁸

Contando con las herramientas y el potencial de la IA dentro del campo de las imágenes para el diagnóstico y posterior atención del CaP, es un hecho que la vigilancia asistida con IA permite la obtención de diagnósticos más precisos y focalizados, lo cual al combinarse con parámetros clínicos se convierte en un instrumento de detección de orden superior.¹⁹ En cuanto a contar con diagnósticos fundamentados, rápidos y concluyentes una de las alternativas que permite que el paciente sea estudiado con una mayor precisión es en la actualidad cuando se accede a pruebas utilizando la IA, puesto que a raíz de su uso en el procesamiento y estudio de las imágenes, se alcanza mayor efectividad para emitir un diagnóstico lo cual aporta significativamente a la patología y los procesos de atención del CaP, reconociendo que aún es un reto el manejo de la cantidad de datos, si es válido referir que se convierte en una herramienta de carácter confirmatoria en la etapa de atención inicial del paciente.²⁰

A medida que se conoce más sobre las necesidades de diagnósticos precisos sobre el CaP, se extiende la implementación de la inteligencia artificial y recursos

que aportan a una mejora en el campo médico, dado que esta nueva forma de apoyar el diagnóstico, promueve acciones más ágiles y permite iniciar la atención y control de la enfermedad de forma más certera, es por esta razón que se decidió realizar esta revisión sistemática, cuyo objetivo fue, identificar las innovaciones tecnológicas implementadas como herramientas de diagnóstico en los últimos seis años.

Metodología

Como primer paso se realizó este estudio utilizando la declaración PRISMA, (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) conocido por sus siglas en inglés y que hace referencia a (Los Elementos de notificación preferidos para revisiones sistemáticas y metaanálisis) el período comprendido fue del año 2019 a junio del 2024, esta se realizó utilizando criterios de elegibilidad para brindar una respuesta a la pregunta de investigación inicial la cual fue ¿Cuáles son las Innovaciones tecnológicas utilizadas como herramientas diagnósticas en la detección del Cáncer de Próstata?, a partir de esta se formularon nuevas preguntas entre estas, ¿Cuáles son las herramientas mayormente utilizadas para el diagnóstico de CaP? ¿Cuáles son las aplicaciones de este tipo de herramientas en el proceso de detección del cáncer de próstata? Formó parte del proceso para la clasificación de los artículos hacer uso de filtros de búsqueda de la información, en bases de datos en línea entre estos; Elsevier, ScienceDirect, PubMed, y Springer, para esto se utilizó la siguiente fórmula: "Prostate cancer" AND " Technological innovation " AND "detection tools" AND " artificial intelligence ".

Un segundo momento fue el considerar criterios de inclusión que permitieron realizar una selección de artículos ajustados al planteamiento inicial del estudio, entre estos se estimaron: a) experiencias médicas desarrolladas a partir del uso de la tecnología, así como la utilización de IA. b) Experiencias que validen el uso de herramientas de diagnóstico utilizadas para la detección y/o tratamiento del cáncer de próstata, c) artículos en español e inglés, d) escritos publicados desde 2019 a junio 2024. Se consideraron criterios de exclusión entre estos: a) que el abordaje de la temática no se realizó de forma precisa. b) que el artículo no se encontró disponible en un 100%. c) escritos duplicados y d) estudios ubicados en la categoría de libro, informes institucionales, capítulo de libro, tesis y/o trabajos de fin de estudios. Al finalizarse el proceso de filtrado se procedió a extraer y realizar una síntesis de cada uno de

los documentos, para esto se inició con la revisión del título y del resumen, esto aportó a la labor de filtrado, seguidamente, se realizó la lectura completa de cada uno de los artículos seleccionados, con el propósito de construir el estudio de forma coherente.

Al finalizar la búsqueda se contó con 389 artículos, a estos se les realizó una nueva revisión aplicando los criterios de inclusión y se descartaron 109, entre estos, 42 tenían un título que indicaba la temática, sin embargo, el contenido no fue abordado de forma precisa, 51 se encontraban duplicados, 11 no fueron elegibles por encontrarse en otros idiomas y 5 por ser revisiones documentales. Esto representó contar en esta primera fase de filtrado con 280 artículos, de los cuales 79 fueron excluidos puesto que estos presentaban experiencias de investigación correspondientes a trabajos monográficos a nivel de grado y postgrado, esto permitió contar al final de esta etapa con 201 escritos, a estos nuevamente se les aplicó un tamizaje y se separaron del análisis a 51 de estos, por no contar con la autorización para acceder al documento de forma completa, quedando 150 elegibles, siempre con el afán de ajustar los artículos encontrados a los criterios se realizó una revisión y se descartaron 86 puesto que exponían sus resultados de forma un tanto confusa y otros 39 escritos su metodología no era clara, lográndose al final contar con un total de 25.

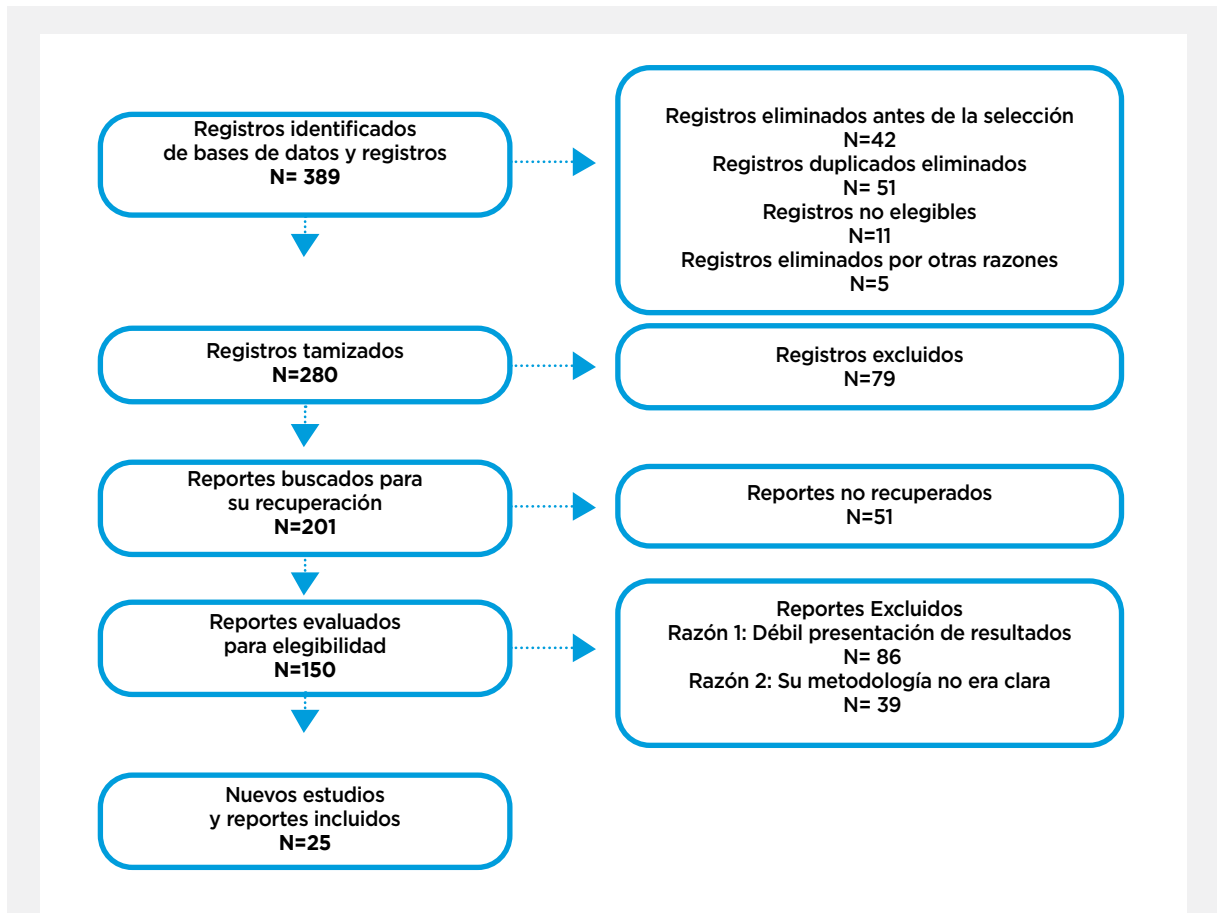


Figura 1. Flujo PRISMA

Resultados

En la **Tabla 1**, se presenta como la frecuencia de publicación a efectos de este estudio, inicia en el 2019, encontrándose publicaciones que reunieron los descriptores en el año 2019, un 20% de los artículos revisados lo que corresponde (5 documentos), una situación similar ocurrió en el año 2020 con la misma cantidad, sin embargo en el año 2021 bajó a un 12% las publicaciones sobre dicha temática, igual situación ocurrió en el 2022 donde el descenso fue hasta un 4%, y es nuevamente en el 2023 donde retorna el interés por este tipo de temáticas alcanzando en esta oportunidad un 8%, situación que repunta en lo que va de este año 2024 con 36%, puede decirse entonces que el comportamiento e interés por este tipo de temáticas en el ámbito médico se encuentra en uno de sus mejores momentos, visto como una necesidad para brindar respuestas de calidad a los pacientes de Cáncer de Próstata.

Tabla 1
Año de publicación

Año	Frecuencia	%
2019	5	20
2020	5	20
2021	3	12
2022	1	4
2023	2	8
2024	9	36
Total	25	100

De los 389 artículos encontrados se seleccionaron 25, estos se agruparon en la **Tabla 2** con categorías tales como, autores, año de publicación, la base de datos donde se encontró el artículo, revista en la que se publicó el nombre o título de la publicación. De acuerdo a los

artículos seleccionados estos se encontraron en distintas bases de datos indexadas, vinculadas con el área médica y donde se publican temáticas novedosas que brindan importantes aportes al desarrollo de la especialidad, en este sentido el, mayor porcentaje de la temática de estudio se encontró en ScienceDirect con un 48% (12

artículos), seguido de Elsevier con un 24% (6) y en una tercera posición PubMed con un 24% (6), en menor escala se ubicaron la base Springer, esto en parte se debe a los términos de búsqueda que se colocaron, así como la particularidad que se requería en este tipo de documentos.

Tabla 2
Características principales de estudios de revisión analizados

Autor	Base de datos	Revista	Nombre de la publicación
Ahdoot et al. (2020)	PubMed	The new england journal o f medicine	MRI-Targeted, Systematic, and Combined Biopsy for Prostate Cancer Diagnosis
Barani et al. (2020)	Sciencedirect	Nanomaterials	Nanotreatment and Nanodiagnosis of Prostate Cancer: Recent Updates
Cuocolo et al. (2019)	Springer	European Radiology Experimental	Machine learning applications in prostate cancer magnetic resonance imaging
Descotes (2019)	Elsevier		Diagnosis of prostate cancer
Harder et al. (2024)	Elsevier	Modern Pathology	Enhancing Prostate Cancer Diagnosis: Artificial intelligence-Driven Virtual Biopsy for Optimal Magnetic Resonance Imaging-Targeted Biopsy Approach and Gleason Grading Strategy
Harmon (2019)	PubMed	Diagn Interv Radiol	Artificial intelligence at the intersection of pathology and radiology in prostate cancer
Hesso et al. (2024)	Elsevier		Cancer care pathways across seven countries in Europe: ¿What are the current obstacles? And how can artificial intelligence help?
Hybertsen Lysø et al (2024)	Sciencedirect	Social Science & Medicine	Men’s sociotechnical imaginaries of artificial intelligence for prostatecancer diagnostics - A focus group study
Kluckert et al. (2024)	Sciencedirect	European Journal of Radiology	AI-based automated evaluation of image quality and protocol tailoring in patients undergoing MRI for suspected prostate cancer
Kohaar et al. (2019)	Sciencedirect	Internacional Conference of Molecular Scencie	A Rich Array of Prostate Cancer Molecular iomarkers: Opportunities and Challenges
Lami et al. (2024)	Sciencedirect	Anatomic Pathology	Validation of prostate and breast cancer detection artificial intelligence algorithms for accurate histopathological diagnosis and grading: a retrospective study with a Japanese cohort
Ozhan & Yagin, (2022)	Sciencedirect	Journal Cognitive Systems	Machine Learning Approach for Classification of Prostate Cancer Based on Clinical Biomarkers
Osses et al. (2019)	Sciencedirect	Internacional Conference of Molecular Scencie	Prediction Medicine: Biomarkers, Risk Calculators and Magnetic Resonance Imaging as Risk Stratification Tools in Prostate Cancer Diagnosis
Pantanowitz et al. (2020)	PubMed	Lancet Digital Health	An artificial intelligence algorithm for prostate cancer diagnosis in whole slide images of core needle biopsies: a blinded clinical validation and deployment study
Perincheri et al. (2021)	Sciencedirect	Modern Pathology	An independent assessment of an artificial intelligence system for prostate cancer detection shows strong diagnostic accuracy
Porzycki & Ciszkowicz (2020)	Elsevier	Cent European J Urol	Modern biomarkers in prostate cancer diagnosis

Tabla 2
Características principales de estudios de revisión analizados

Autor	Base de datos	Revista	Nombre de la publicación
Raciti et al. (2020)	Sciencedirect	Modern Pathology	Novel artificial intelligence system increases the detection of prostate cancer in whole slide images of core needle biopsies
Sassi & You (2024)	PubMed	Cells.	Microfluidics-Based Technologies for the Assessment of Castration-Resistant Prostate Cancer
Santa-Rosario et al. (2024)	Sciencedirect	J Pathol Inform.	Validation and three year s of clinical experience in using an artificial intelligence algorithm as a second read system for prostate cancer diagnosis—real-world experience
Sekhoacha et al. (2022)	Sciencedirect	Molecules	Prostate Cancer Review: Genetics, Diagnosis, Treatment Options, and Alternative Approaches
Sun et al. (2023)	Elsevier	Clinice Medicine	Three-dimensional convolutional neural network model to identify clinically significant prostate cancer in transrectal ultrasound videos: a prospective, multi-institutional, diagnostic study
Tataru et al. (2021)	PubMed	Diagnostics	Artificial Intelligence and Machine Learning in Prostate Cancer Patient Management—Current Trends and Future Perspectives
Wang & Jin (2023)	Sciencedirect	Intelligent Pharmacy	Prostate cancer prediction model: A retrospective analysis based on machine learning using the MIMIC-IV database
Wu et al. (2024)	Elsevier	Clinice Medicine	An artificial intelligence model for detecting pathological lymph node metastasis in prostate cancer using whole slide images: a retrospective, multicentre, diagnostic study
Zhu et al. (2024)	PubMed	Cell Rep Med.	Harnessing artificial intelligence for prostate cancer management

La **Tabla 3** muestra algunas de las principales características de los estudios seleccionados, relacionados con el tamaño de la muestra y los principales aportes que se generó a raíz de la puesta en marcha de la tecnología como herramienta de diagnóstico para apoyar la detección del Cáncer de próstata, en este sentido se evidenció que la muestra es heterogénea, puesto que en al menos el 76% de los estudios se trabajó con pacientes y en el 12% restante con muestras o biopsias y en otro 12% de las investigaciones se logró contar con una data en número de pacientes y muestras extraídas lo cual, brindó una comparativa que permitió validar la tecnología utilizada en el proceso. Como parte de los aportes se destacan, que existen recursos que se conocen en el plano del diagnóstico y la radiología que

aún están vigentes y que se han actualizado las versiones en cuanto a la variedad de equipos que pueden ser utilizados y la capacidad de respuesta de los mismos, sin embargo, de forma particular se enfatiza en mayor cantidad de procedimientos realizados la utilización de la IA y distintas aplicaciones que tienen como sustento el aprendizaje automático, y en una menor proporción el aprendizaje profundo, lo cual orienta a la incorporación paulatina de la inteligencia artificial como recurso que dinamiza los procesos de detección, precisión y eficiencia del diagnóstico del CaP.

Tabla 3
Características relevantes de los estudios

Autor	Tamaño de la Muestra	Aporte
Ahdoot et al. (2020)	2103 pacien	La biopsia dirigida por resonancia magnética por sí sola detectó cánceres clínicamente significativos (grupo de grado ≥ 3) en 425 de 466 pacientes (91,2 %) en los que se detectó cáncer mediante una biopsia combinada. Sin embargo, la biopsia dirigida por resonancia magnética sola sin biopsia sistemática no habría llevado a la detección de cánceres de grado 2 o superior en 123 pacientes (5,8 %) y a la detección de cánceres de grado 3 o superior en 41 pacientes (1,9 %) (Fig. 2). De manera similar, la omisión de la biopsia sistemática no habría resultado en la reclasificación a enfermedad de mayor riesgo en 330 pacientes (15,7 %)
Barani et al. (2020)	1000 pacientes	Los enfoques de nanotecnología que actúan básicamente como sensores de biomarcadores de ácidos nucleicos, proteínas o metabolitos generales ofrecen un rendimiento de diagnóstico notable sin ningún método avanzado de procesamiento de muestras. En la actualidad, se han construido muchas nano plataformas (como nanopartículas magnéticas, puntos cuánticos, grafeno, diagnósticos
Cuocolo et al. (2019)	56 pacientes	Se demostró que una red bayesiana basada en radiomía logró una alta precisión (AUC 0,88) en la detección de la extensión extra prostática de la enfermedad en la RMN preoperatoria, utilizando la prostatectomía radical como estándar de referencia Este hallazgo es prometedor para un mayor desarrollo de la ML en la estadificación local del cáncer de próstata. Se han propuesto algunas aplicaciones novedosas de la ML en la RMN de próstata en el contexto de la planificación del tratamiento.
Descotes (2019)	45 estudios, 5681 pacientes	Se resumió una descripción general de las indicaciones de los exámenes radiológicos según su relevancia clínica y como podría ayudar al médico a organizar su prescripción.
Harder et al. (2024)	389 pacientes	El algoritmo de IA (basado en la estrategia GG acumulativa) predijo la puntuación de Gleason RP del tumor mejor que 2 de los 3 patólogos GU expertos. En este estudio, utilizando un enfoque original de biopsia de próstata virtual en la cohorte real de casos de pacientes, se encontró el enfoque óptimo para el procedimiento de biopsia
Harmon (2019)	50 pacientes	Las técnicas combinadas de aprendizaje automático y aprendizaje profundo para la predicción de la longevidad muestran una prueba de principio para combinar datos multidimensionales para la predicción de resultados. Los métodos basados en conjuntos de algoritmos de aprendizaje profundo en cascada se pueden utilizar fácilmente para evaluar la utilidad de la predicción combinada de predicción radiológica y patológica para el resultado del paciente o la predicción del riesgo de enfermedad, incluida la caracterización molecular.
Hesso et al. (2024)	7 muestras	El acceso a las pruebas de diagnóstico y el tratamiento en el sistema privado puede implicar costos más altos. En todas las naciones estudiadas, el sistema privado se considera con frecuencia como más eficaz en términos de acceso rápido a los servicios de diagnóstico y el inicio del tratamiento
Hybertsen Lysø et al (2024)	48 pacientes	Los roles humanos y de la IA en los procesos de toma de decisiones es importante para la confianza del paciente y podría incluirse en la información para la educación del paciente.
Kluckert et al. (2024)	52 pacientes	El software clasificó un 87 % de los casos como “aprobados” dejando un 13 % s como “no concluyentes” y recomendados para revisión.
Kohaar et al. (2019)	2243 pacientes	Los biomarcadores moleculares emergentes y más precisos del cáncer de próstata tienen un enorme potencial para mejorar la evaluación del riesgo, reducir el sobretratamiento y brindar un tratamiento más selectivo para pacientes con enfermedad de alto riesgo. Las pruebas phi, 4Kscore y PSA brindan información sobre qué pacientes deben ser derivados para biopsia. Los ensayos PSA, 4Kscore, phi, SelectMDx, PCA3 y Confirm MDx brindan información sobre pacientes con sospecha de cáncer de próstata que necesitan someterse a una biopsia inicial. Los ensayos, que incluyen PCA3, TMPRSS2-ERG, ExoDx Intelliscore, Select MDx y Confirm MDx, tienen potencial para pacientes que necesitan una nueva biopsia, en los que la biopsia inicial resultó negativa para el cáncer. Las pruebas de biomarcadores de pronóstico, Prolaris y Oncotype DX, brindan una estratificación del riesgo de cáncer de próstata, y permiten saber qué pacientes necesitan tratamiento después de una biopsia positiva para cáncer de próstata. Además, los marcadores de pronóstico también pueden brindar información sobre los pacientes que necesitan tratamiento después de la cirugía (Prolaris, Decipher).
Lami et al. (2024)	200 pacientes	Los algoritmos de IA mostraron una detección precisa del cáncer, con AUC de 0,969 para Galen Prostate. El algoritmo Galen Prostate fue capaz de detectar una puntuación de Gleason más alta en cuatro casos de adenocarcinoma y detectar un cáncer no informado anteriormente
Ozhan & Yagin (2022)	100 pacientes	Los métodos de ML se han utilizado con frecuencia para la detección y clasificación del cáncer en los últimos años. Los sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas desarrollados con base en ML pueden ayudar a los médicos en el prediagnóstico, seguimiento y tratamiento de enfermedades. Se mostró que el modelo RF podría predecir con éxito el cáncer de próstata. Además, en el estudio se examinó la importancia de las características clínicas examinadas para distinguir el cáncer de próstata. Se logró la identificación del área, el perímetro y la textura son las características más importantes para diferenciar el cáncer de próstata. Se encontró que la precisión de la tasa de clasificación obtenida con el modelo óptimo de este estudio fue de 0,80.

Autor	Tamaño de la Muestra	Aporte
Osses et al. (2019)	2488 pacientes	La Resonancia magnética (RM) como “biomarcador” clínico en el diagnóstico del cáncer de próstata. Con los avances tecnológicos de los últimos años y la creciente experiencia entre técnicos, radiólogos, urólogos y patólogos esta herramienta ha evolucionado de forma atractiva utilizada para diagnosticar. La RM ha demostrado ser la modalidad de imagen preferida para detectar áreas sospechosas de csPCa y permitir la guía para la biopsia dirigida (TBx),
Pantanowitz et al. (2020)	2501 pacientes	El examen de las discrepancias entre el algoritmo y el patólogo en el porcentaje de cáncer reveló que estas variaciones se deben en gran medida a protocolos de cálculo específicos, en lugar de imprecisiones algorítmicas, por ejemplo, la decisión de incluir pequeñas áreas benignas entre focos de cáncer en el cálculo. Al evaluar el rendimiento del algoritmo en la clasificación de Gleason, el AUC para distinguir entre ASAP o puntuación de Gleason 6 frente a puntuaciones de Gleason más altas fue de 0,941 (IC del 95 % 0,905–0,977) y 0,971 (0,943–0,998) para detectar cualquier patrón de Gleason 5 en un CNB
Perincheri et al. (2021)	1178 biopsias de 118 pacientes	Se identificaron áreas de mejora en el manejo de exploraciones de mala calidad por parte de Paige Prostate. lo que arroja un valor predictivo negativo revisado del 99,2 %. Dado que las biopsias de carcinoma discrepantes constituyen los errores clínicamente más significativos
Porzycki & Ciszkowicz (2020)	12 muestras	Presenta pruebas disponibles comercialmente y nuevos biomarcadores genéticos en la estratificación del riesgo, especialmente en pacientes que no han sido tratados previamente con biopsia.
Raciti et al. (2020)	304 pacientes	Con Paige Prostate Alpha, los patólogos tenían más probabilidades de reconocer correctamente. los pequeños focos metastásicos (micro metástasis). Se ganó eficiencia en el tiempo para revisar las diapositivas.
Sassi & You (2024)	20 pacientes	Las tecnologías basadas en la micro fluidica han surgido como herramientas poderosas para evaluar las células del cáncer de próstata, aislar las células tumorales circulantes y examinar su comportamiento utilizando modelos de tumor en un chip.
Santa-Rosario et al. (2024)	101 pacientes Y 1279 láminas	Se alcanzó control de calidad del 100 % de todos los casos, lo que alerta sobre cualquier error potencial en cada caso revisado. El sistema de segunda lectura de IA ayuda a los patólogos a mantener la precisión en el diagnóstico. Este estudio indica claramente que el desempeño puede variar significativamente entre patólogos. Sin embargo, el uso de la IA Galen™ Prostate proporcionó un efecto de compensación de tal manera que el desempeño de cada patólogo y del grupo mejoró
Sekhoacha et al. (2022)	1276 pacientes	Los biomarcadores tienen la ventaja de ser utilizados para procedimientos de diagnóstico, estadificación, evaluación de la agresividad de la enfermedad y evaluación del proceso terapéutico. Los marcadores biológicos modernos, como el índice de salud prostática (PHI), el gen de fusión TMPRSS2-ERG, las pruebas 4K y PCA3, demostraron aumentar la especificidad y sensibilidad del PSA, lo que hace que los pacientes eviten las biopsias y reduzcan el sobrediagnóstico.
Sun et al. (2023)	849 pacientes	La tecnología 3D P-Net basada en un video de ecografía transesofágica en escala de grises de próstata logró un desempeño satisfactorio en la identificación de csPCa y la reducción potencial de biopsias innecesarias. Se justifican más estudios para determinar cómo los modelos de IA se integran mejor en la práctica de rutina y ensayos controlados aleatorios para demostrar los valores de estos modelos en aplicaciones clínicas reales.
Tataru et al. (2021)	34 pacientes	Existe el potencial de que la IA proporcione una identificación y validación rápida y posiblemente más confiable de biomarcadores en el cáncer de próstata. La radioterapia y la IA se basan en la capacidad de los sistemas para proporcionar mejores imágenes de resonancia magnética y ecografía transcraneal con una segmentación y una configuración adecuadas de los límites de los órganos para proporcionar la dosis terapéutica para la próstata, tanto en radioterapia de haz externo como en braquiterapia. Hay estudios que utilizaron ML para desarrollar métodos para localizar mejor las semillas radiactivas, utilizando CNN para calcular la dosis correcta. Los métodos basados en DL podrán calcular la dosis radioterapéutica con precisión y eficiencia para reducir la toxicidad.
Wang & Jin (2023)	495 pacientes	El modelo LightGBM (Light Gradient-Boosting Machine), logró el mejor rendimiento de predicción entre los modelos de aprendizaje automático y el modelo de regresión tradicional
Wu et al. (2024)	1297 pacientes	ProCaLNMD demostró altas capacidades diagnósticas para identificar LNM en el cáncer de próstata, reduciendo la probabilidad de diagnósticos erróneos por parte de los patólogos y disminuyendo el tiempo de revisión de las láminas, lo que destaca su potencial para la aplicación clínica
Zhu et al. (2024)	10616 muestras	La IA puede abordar de manera eficaz varias tareas más allá del diagnóstico y la calificación. Por ejemplo, la medición automática de la longitud y el volumen del cáncer, cuantificación del porcentaje de GP, reconocimiento y cuantificación de la invasión perineural, 21,59 cuantificación de la tinción inmunohistoquímica (IHC) y detección y cuantificación del patrón cribiforme.

En cuanto, a los principales resultados provenientes de los estudios se refleja en la **Tabla 4**, el consolidado del abordaje en cada proceso de investigación, así como la identificación del tipo de tecnología que se aplicó con la finalidad de validar su efectividad, así mismo se demostró como algunas herramientas apoyan la rapidez para el diagnóstico, y la mejora en la precisión, localización y caracterización de tumores prostáticos, lo cual contribuye a la identificación y distinción de los tumores agresivos de los menos agresivos. El uso de biomarcadores

permite la identificación a la predisposición hacia el CaP creando una esperanza de vida para muchos pacientes. En este mismo sentido se evidenció como por medio de la combinación de las herramientas de IA con la experiencia de los patólogos se reducen la formulación de biopsias de manera innecesaria, y es a partir de la incorporación del aprendizaje automático y profundo, que se alcanzan tasas de detección y verificación de resultados más efectivos y la propensión más baja de falsos positivos.

Tabla 4
Características principales de resumen de los estudios

Nº	Autor	Resumen	Tipo de tecnología	Resultados
1	Ahdoot et al. (2020)	Un total de 2103 hombres se sometieron a ambos métodos de biopsia; se diagnosticó cáncer en 1312 (62,4%) mediante una combinación de los dos métodos (biopsia combinada) y 404 (19,2%) se sometieron a prostatectomía radical.	Las biopsias realizadas con imágenes por resonancia magnética (IRM)	Entre los pacientes con lesiones visibles por MRI, la biopsia combinada condujo a una mayor detección de todos los cánceres de próstata. Sin embargo, la biopsia dirigida por MRI por sí sola subestimó el grado histológico de algunos tumores. Después de la prostatectomía radical, las mejoras al grupo de grado 3 o superior en el análisis histopatológico fueron sustancialmente menores después de la biopsia combinada.
2	Barani et al. (2020)	La nanotecnología encuentra una forma de resolver uno de los problemas más antiguos y más importantes como es la detección del cáncer para ello utiliza nanopartículas para el diagnóstico de biomarcadores del cáncer de próstata.	Nanotecnología (sensores y biomarcadores)	Se utilizaron biosensores para la detección de biomoléculas y biomarcadores de miniaturización del PSA. Se espera que la creciente nanotecnología tenga un efecto significativo en el futuro inmediato en la investigación científica y la atención médica
3	Cuocolo et al. (2019)	Se proporciona una sinopsis de las aplicaciones recientemente propuestas de aprendizaje automático (ML) en radiología, centrándonos en la resonancia magnética de próstata (MRI). Después de definir la diferencia entre ML y algoritmos clásicos basados en reglas y la distinción entre aprendizaje supervisado, no supervisado y de refuerzo, se explicó las características del aprendizaje profundo (DL), un nuevo tipo particular de ML, incluida su estructura que imita las redes neuronales humanas y su naturaleza de caja negra.	Aprendizaje automático (ML) Resonancia Magnética de Próstata (MRI) Aprendizaje profundo (DL)	Se destacan las diferencias en el proceso de aplicación de ML y DL a la MRI de próstata. Se logró una comparativa y descripción de las aplicaciones clínicas en diferentes entornos, muchas de ellas basadas solo en secuencias no mejoradas de MRI: segmentación de glándulas; evaluación de la agresividad de la lesión para distinguir entre cánceres clínicamente significativos e indolentes, lo que permite una vigilancia activa; detección/diagnóstico y localización del cáncer (zona de transición versus periférica, uso del sistema de datos e informes de imágenes de próstata (PI-RADS) versión 2), reproducibilidad de lectura, diferenciación de cánceres de hiperplasia benigna de prostatitis; estadificación local y evaluación previa al tratamiento (detección de extensión de la enfermedad extra prostática, planificación de la radioterapia); y predicción de la recurrencia bioquímica
4	Descotes (2019)	Los avances recientes en mpMRI conducen a una interpretación estandarizada y a un aumento de la prescripción por parte de los médicos con el fin de mejorar la detección del CaP clínicamente significativo y seleccionar pacientes que requieren biopsias dirigidas. Sin embargo, su indicación sigue siendo controvertida en pacientes sin biopsia previa	Medicina nuclear Resonancia magnética multiparamétrica mpMRI	La medicina nuclear también está en continua evolución y la utilización de nuevos agentes radio farmacéuticos como colina o 68galio con tomografía computarizada o resonancia magnética ha llevado a la mejora en la detección de ganglios linfáticos, metástasis a distancia y recurrencia de próstata
5	Harder et al. (2024)	Se desarrolló un algoritmo de inteligencia artificial (IA) de diagnóstico de segmentación píxel por píxel preciso para la detección de tumores y GG, así como un algoritmo para la biopsia de próstata virtual que se utilizan en conjunto para investigar sistemáticamente y encontrar un enfoque óptimo para la TBx dirigida. tumorales en imágenes de portaobjetos completos con parámetros predefinidos.	Segmentación de píxeles Algoritmos de biopsias virtuales	La estrategia GG acumulativa es superior a utilizar la puntuación de Gleason máxima para núcleos individuales, controlar la distancia mínima entre núcleos no mejora la precisión predictiva para la puntuación de Gleason RP, el uso del principio del patrón de Gleason terciario (para la herramienta de IA) en la estrategia GG acumulativa podría permitir mejores predicciones de la puntuación de Gleason RP final

6	Harmon (2019)	<p>La resonancia magnética multiparamétrica (mpMRI) se ha convertido en una herramienta clínica bien establecida para detectar y localizar el cáncer de próstata. Sin embargo, tanto la evaluación patológica como la radiológica adolecen de una reproducibilidad deficiente entre los lectores. Los métodos de inteligencia artificial (IA) son prometedores para ayudar en la detección y evaluación de tareas basadas en imágenes, que dependen de la selección de conjuntos de entrenamiento de alta calidad.</p>	<p>La resonancia magnética multiparamétrica (mpMRI) Aprendizaje automático (ML)</p>	<p>Los avances recientes en IA aplicada a la mpMRI y la patología digital en el cáncer de próstata permiten una caracterización avanzada de la enfermedad a través de una evaluación combinada de radiología y patología</p>
7	Hesso et al. (2024)	<p>El cáncer plantea desafíos importantes para los profesionales de la salud en toda la vía de la enfermedad, incluida la imagen del cáncer. El estudio presentó las diferencias de atención y uso de recursos tecnológicos por país en la Unión Europea (Grecia, Chipre, España, Italia, Finlandia, Reino Unido (RU) y Serbia).</p>	<p>Aprendizaje automático (ML) Resonancia Magnética de Próstata (MRI) Aprendizaje profundo (DL)</p>	<p>Se destacan las diferencias en el proceso de aplicación de ML y DL a la MRI de próstata. Se logró una comparativa y descripción de las aplicaciones clínicas en diferentes entornos, muchas de ellas basadas solo en secuencias no mejoradas de MRI: segmentación de glándulas; evaluación de la agresividad de la lesión para distinguir entre cánceres clínicamente significativos e indolentes, lo que permite una vigilancia activa; detección/diagnóstico y localización del cáncer (zona de transición versus periférica, uso del sistema de datos e informes de imágenes de próstata (PI-RADS) versión 2), reproducibilidad de lectura, diferenciación de cánceres de hiperplasia benigna de prostatitis; estadificación local y evaluación previa al tratamiento (detección de extensión de la enfermedad extra prostática, planificación de la radioterapia); y predicción de la recurrencia bioquímica</p>
8	Hybertsen Lysø et al (2024)	<p>Los cánceres más frecuentes que afectan a los hombres en todo el mundo, pero los enfoques de diagnóstico actuales tienen limitaciones en términos de especificidad y sensibilidad. El uso de IA para interpretar imágenes de RM en el diagnóstico del cáncer de próstata muestra resultados prometedores, pero plantea preguntas sobre la implementación, la aceptación del usuario, la confianza y la comunicación médico-paciente.</p>	<p>Algoritmos de IA Aprendizaje automático (ML)</p>	<p>El análisis realizado sugiere que las expectativas de los hombres con respecto a la IA para el diagnóstico del cáncer de próstata provienen de dos perspectivas: expectativas centradas en la tecnología que se basan en sus concepciones de la forma y la agencia de la IA, y expectativas centradas en el ser humano que se basan en sus percepciones de las relaciones entre pacientes y profesionales y los procesos de toma de decisiones.</p>
9	Kluckert et al. (2024)	<p>Se desarrolló una aplicación móvil para integrar el análisis de calidad de imagen basado en IA en el flujo de trabajo clínico. Un radiólogo experto por el 80% y una especificidad del 100% en la selección de pacientes para la resonancia magnética multiparamétrica. En el 2% de los pacientes, la aplicación decidió erróneamente omitir la DCE. Con un técnico que alcanza una sensibilidad del 29% y una especificidad del 98%, y radiólogos residentes que alcanzan una sensibilidad del 29% y una especificidad del 93%, el uso de la aplicación permitió un aumento significativo de la sensibilidad.</p>	<p>Aplicación móvil donde se integró el análisis de IA para determinar la sensibilidad y especificidad como parámetros de diagnóstico</p>	<p>La aplicación de IA presentada decide con precisión un protocolo de resonancia magnética específico para el paciente en función del análisis de la calidad de la imagen, lo que potencialmente permite la omisión de DCE en el estudio diagnóstico de pacientes con sospecha de cáncer de próstata. Esto podría agilizar el flujo de trabajo y optimizar el uso del tiempo de los profesionales de la salud.</p>
10	Kohaar et al. (2019)	<p>Se ha producido un progreso notable en el descubrimiento de biomarcadores del cáncer de próstata, en gran medida gracias a los avances en las tecnologías genómicas. Ha surgido una amplia gama de pruebas de diagnóstico y pronóstico del cáncer de próstata para suero (4K, phi), orina (ProgenSA, T2-ERG, ExoDx, SelectMDx) y tejido tumoral (ConfirmMDx, Prolaris, OncoType DX, Decipher). Si bien abren oportunidades interesantes, estos avances también plantean desafíos únicos en términos de selección e incorporación de estos ensayos en el proceso continuo de atención al paciente con cáncer de próstata.</p>	<p>Biomarcadores y tecnología genómica, pruebas de diagnóstico (4K, phi), (ProgenSA, T2-ERG, ExoDx, SelectMDx) y tejido tumoral (ConfirmMDx, Prolaris, OncoType DX, Decipher)</p>	<p>El desarrollo de estos ensayos ha creado nuevas oportunidades para mejorar el diagnóstico, el pronóstico y las decisiones de tratamiento del cáncer de próstata</p>

11	Lami et al. (2024)	<p>Las tasas de incidencia de cáncer de próstata han ido aumentando en Japón, lo que pone de relieve la necesidad de un diagnóstico histopatológico preciso para determinar el pronóstico del paciente y orientar las decisiones de tratamiento. Sin embargo, los métodos de diagnóstico existentes enfrentan numerosos desafíos y son susceptibles a inconsistencias entre observadores. Para abordar estos problemas, se han desarrollado algoritmos de inteligencia artificial (IA) para ayudar en el diagnóstico de cáncer de próstata y de mama. La investigación consistió en un examen retrospectivo de 100 casos consecutivos de biopsia de próstata obtenidos de una institución japonesa. El algoritmo identificó con éxito características patológicas relevantes, como invasiones perineurales.</p>	Galen Prostate, en una cohorte japonesa, con un enfoque particular en la precisión de la clasificación y la capacidad de diferenciar entre tumores invasivos y no invasivos.	Nuestros hallazgos demostraron que los algoritmos de IA mostraron una detección precisa del cáncer, con AUC de 0,969 para Galen Prostate. El algoritmo Galen Prostate fue capaz de detectar una puntuación de Gleason más alta en cuatro casos de adenocarcinoma y detectar un cáncer no informado anteriormente.
12	Ozhan & Yagin (2022)	<p>En este estudio, se clasificó el cáncer basándose en el aprendizaje automático (ML) y determinar los factores de riesgo más importantes mediante el uso de factores de riesgo para pacientes con cáncer de próstata. Se utilizaron datos clínicos de 100 pacientes con cáncer de próstata. Se creó un modelo de predicción con el algoritmo de bosque aleatorio (RF) para clasificar el cáncer de próstata. El rendimiento del modelo se obtuvo mediante validación cruzada de Monte Carlo (MCCV) utilizando submuestreo equilibrado. En cada MCCV, se utilizaron dos tercios (2/3) de las muestras para evaluar la importancia de la característica.</p>	Aprendizaje automático (ML)	El algoritmo RF puede predecir con éxito el cáncer de próstata. Los factores de riesgo importantes determinados por el modelo RF pueden contribuir a las investigaciones de diagnóstico, seguimiento y tratamiento en pacientes con cáncer de próstata.
13	Osses et al. (2019)	<p>Se estudió las herramientas de estratificación de riesgo disponibles actualmente en la detección del cáncer de próstata clínicamente significativo (csPCa) y evalúa las estrategias de diagnóstico que combinan estas herramientas. Los nuevos modelos de riesgo incluyen marcadores (genéticos) novedosos como SelectMDx y el modelo Stockholm-3 (S3M).</p>	<p>Los nuevos biomarcadores sanguíneos, como el índice de Salud Prostática (PHI) y 4Kscore. El antígeno 3 del cáncer de próstata (PCA3) Marcador TMPRSS2-ERG Calculadoras de riesgo y Resonancia Magnética</p>	La combinación de biomarcadores, CR y RM da como resultado un rendimiento superior al de su uso como pruebas independientes. En la era actual de la RM de próstata, el camino a seguir parece ser la evaluación de riesgos multivariable basada en parámetros sanguíneos y clínicos, potencialmente ampliada con información de muestras de orina, como prueba de triaje para la selección de candidatos para la RM y la biopsia.
14	Pantanowitz et al. (2020)	<p>Se desarrolló un estudio de validación clínica ciega y la implementación de un algoritmo basado en inteligencia artificial (IA) en un laboratorio de patología para uso clínico de rutina para ayudar al diagnóstico de próstata. El algoritmo proporcionó puntuaciones a nivel de portaobjetos para la probabilidad de cáncer, puntuación de Gleason 7-10 (frente a puntuación de Gleason 6 o proliferación acinar pequeña atípica [ASAP]), patrón de Gleason 5, e invasión perineural y cálculo del porcentaje de cáncer presente en el material del CNB. El algoritmo fue posteriormente validado en un conjunto de datos externo de 100 casos consecutivos (1627 portaobjetos teñidos con H&E) digitalizados en un escáner Aperio AT2. Además, la herramienta de IA se implementó en un laboratorio de patología dentro del flujo de trabajo clínico de rutina como un segundo sistema de lectura para revisar todos los CNB de próstata.</p>	Se desarrolló un algoritmo basado en IA utilizando portaobjetos teñidos con hematoxilina y eosina (H&E) de biopsias con aguja gruesa de próstata digitalizadas con un escáner Philips, que se dividieron en conjuntos de datos de entrenamiento (1 357 480 parches de imagen de 549 portaobjetos teñidos con H&E) y de prueba interna (2501 portaobjetos teñidos con H&E)	El porcentaje de cáncer calculado por los patólogos y el algoritmo mostró una buena concordancia ($r=0,882$, IC del 95 % 0,834 a 0,915; $p<0,0001$) con un sesgo medio de $-4,14\%$ ($-6,36$ a $-1,91$). El algoritmo logró un AUC de 0,957 (0,930 a 0,985) para la invasión perineural. En la práctica habitual, el algoritmo se utilizó para evaluar 11 429 portaobjetos teñidos con H&E correspondientes a 941 casos que dieron lugar a 90 alertas con una puntuación de Gleason de 7 a 10 y 560 alertas de cáncer. Este estudio informa sobre el desarrollo exitoso, la validación clínica externa y la implementación en la práctica clínica de un algoritmo basado en IA para detectar, calificar y evaluar con precisión los hallazgos clínicamente relevantes en portadas digitalizadas de biopsias de próstata con aguja gruesa.

15	Perincheri et al. (2021)	Se utilizó Paige Prostate para revisar 1876 imágenes de portaobjetos completos de biopsia de próstata (WSI) de nuestra práctica en Yale Medicine. Las categorizaciones de Paige Prostate se compararon con el diagnóstico patológico originalmente presentado en los portaobjetos de vidrio para cada biopsia de portaobjetos. Las discrepancias entre el diagnóstico presentado y la categorización de Paige Prostate fueron revisadas manualmente por patólogos con experiencia especializada en patología genitourinaria.	El diagnóstico digital basado en inteligencia artificial Paige Prostate	Paige Prostate mostró una sensibilidad del 97,7 % y un valor predictivo positivo del 97,9 %, y una especificidad del 99,3 % y un valor predictivo negativo del 99,2 % en la identificación de biopsias de portaobjetos con cáncer en un conjunto de datos derivado de una institución independiente. Se identificaron áreas de mejora en el manejo de exploraciones de mala calidad por parte de Paige Prostate. En general, estos resultados demuestran la viabilidad de trasladar un algoritmo de aprendizaje automático a una institución alejada de su conjunto de entrenamiento y resaltan el potencial de dichos algoritmos como una poderosa herramienta de flujo de trabajo para la evaluación de biopsias centrales de próstata en prácticas de patología quirúrgica.
16	Porzycki & Ciszkowicz (2020)	La limitada especificidad de la prueba del antígeno prostático específico (PSA) genera la necesidad de desarrollar nuevas y mejores herramientas de diagnóstico. En los últimos años, se han introducido nuevos enfoques para proporcionar biomarcadores significativamente mejores, una alternativa al PSA. Los biomarcadores modernos muestran mejoras en su uso no solo como procedimiento de diagnóstico, sino también para estadificar, evaluar la agresividad y manejar el proceso terapéutico. Describimos los métodos recomendados en el diagnóstico del CaP y las nuevas tecnologías de diagnóstico molecular del CaP.	Biomarcadores	Los biomarcadores individuales se utilizan en varias etapas del proceso de diagnóstico del CaP, que se presentó en el diagrama de flujo de diagnóstico desarrollado que describe el papel de los biomarcadores en el manejo del cáncer de próstata.
17	Raciti et al. (2020)	Se han desarrollado algoritmos de aprendizaje automático para detectar PrCa en imágenes de portaobjetos completos (WSI) con alta precisión de prueba. Tres patólogos certificados por la junta de AP evaluaron 304 WSI de biopsias de próstata con aguja gruesa anonimizadas en 8 horas. Los patólogos clasificaron cada WSI como benigna o cancerosa. Después de aproximadamente 4 semanas, los patólogos tuvieron la tarea de volver a revisar cada WSI con la ayuda de Paige Prostate Alpha. Para cada WSI, se utilizó Paige Prostate Alpha para realizar la detección de cáncer y, para los WSI en los que se detectó cáncer, el sistema marcó el área donde se detectó cáncer con la mayor probabilidad. El diagnóstico original para cada diapositiva fue realizado por patólogos genitourinarios e incorporó todos los estudios auxiliares solicitados durante la evaluación diagnóstica original.	Paige Prostate Alpha, como sistema de detección de PrCa de última generación, en WSI de biopsias de próstata con aguja gruesa teñidas con hematoxilina y eosina.	Se midieron los patólogos y Paige Prostate Alpha. Sin Paige Prostate Alpha, los patólogos tuvieron una sensibilidad promedio del 74% y una especificidad promedio del 97%. Con Paige Prostate Alpha, la sensibilidad promedio de los patólogos aumentó significativamente al 90% sin cambios estadísticamente significativos en la especificidad. Con Paige Prostate Alpha, los patólogos clasificaron con mayor frecuencia los tumores más pequeños y de menor grado y dedicaron menos tiempo a analizar cada WSI
18	Sassi & You (2024)	La tecnología micro fluidica continúa evolucionando rápidamente, y los avances están impulsados por los descubrimientos en la ciencia de los materiales, la nanotecnología y la ingeniería biomédica. El descubrimiento de biomarcadores adicionales a través de enfoques trans criptómicos y proteómicos introduce vías adicionales para una captura de CTC más eficaz.	Modelos micro fluidicos Modelos de tumores en un chip	Los dispositivos micro fluidicos se han utilizado para analizar las propiedades biofisicas intrinsecas de las líneas celulares de cáncer de próstata, así como para abordar algunas de las limitaciones de las herramientas existentes para el aislamiento de las CTC. En el contexto de los modelos de tumor en un chip, la micro fluidica permite la creación de microambientes fisiológicamente relevantes para estudiar los comportamientos del cáncer de próstata y las respuestas a los estímulos. Estos modelos también ofrecen la capacidad de estudiar las respuestas a los fármacos y las interacciones entre las células tumorales y el microambiente circundante, arrojando luz sobre los mecanismos subyacentes a la resistencia a la castración y la progresión tumoral.

19	Santa-Rosario et al. (2024)	Este estudio investigó la capacidad de la inteligencia artificial (IA) para mejorar la precisión diagnóstica. La posterior integración de la IA en el uso clínico rutinario examinó los diagnósticos de cáncer de próstata en >122 000 portaobjetos y 9200 casos durante 3 años y tuvo un factor de impacto de IA general del 1,8 %.	El algoritmo Galen™ Prostate AI	El algoritmo Galen™ Prostate AI mostró una especificidad del 96,7 % (IC del 95 %: 95,6-97,8) y una sensibilidad del 96,6 % (IC del 95 %: 93,3-98,8) para la detección del cáncer de próstata, y una especificidad del 82,1 % (IC del 95 %: 73,9-88,5) y una sensibilidad del 81,1 % (IC del 95 %: 73,7-87,2) para la distinción del grupo de grado 1 de Gleason del grupo de grado 2+. Se destaca el potencial de la IA para ser una herramienta de diagnóstico poderosa, confiable y eficaz para los patólogos, mientras que el AI Impact™ en un entorno del mundo real demuestra la capacidad de la IA para estandarizar el diagnóstico del cáncer de próstata a un alto nivel de rendimiento entre los patólogos.
20	Sekhoacha et al. (2022)	Se han identificado diversos enfoques de tratamiento, como el uso de la medicina tradicional, la aplicación de nanotecnologías y la terapia génica para combatir el cáncer de próstata, la resistencia a los medicamentos y reducir los efectos adversos que acompañan a las opciones de tratamiento actuales.	Nanotecnologías y la terapia génica	Las mutaciones en ciertos genes están relacionadas con la aparición, la progresión y la metástasis del cáncer. El tratamiento para el cáncer de próstata localizado abarca vigilancia activa, radioterapia ablativa y prostatectomía radical. Los hombres que recaen o presentan cáncer de próstata metastásico reciben terapia de privación de andrógenos (ADT), radioterapia de rescate y quimioterapia.
21	Sun et al. (2023)	Los avances recientes en mpMRI conducen a una interpretación estandarizada y a un aumento de la prescripción por parte de los médicos con el fin de mejorar la detección del CaP clínicamente significativo y seleccionar pacientes que requieren biopsias dirigidas. Sin embargo, su indicación sigue siendo controvertida en pacientes sin biopsia previa.	La medicina nuclear	Se midieron los patólogos y Paige Prostate Alpha. Sin Paige Prostate Alpha, los patólogos tuvieron una sensibilidad promedio del 74% y una especificidad promedio del 97%. Con Paige Prostate Alpha, la sensibilidad promedio de los patólogos aumentó significativamente al 90% sin cambios estadísticamente significativos en la especificidad. Con Paige Prostate Alpha, los patólogos clasificaron con mayor frecuencia los tumores más pequeños y de menor grado y dedicaron menos tiempo a analizar cada WSI
22	Tataru et al. (2021)	Cuando se aplica al diagnóstico por imágenes, la IA ha demostrado una excelente precisión en la detección de lesiones de próstata, así como en la predicción de los resultados del paciente en términos de supervivencia y respuesta al tratamiento. La enorme cantidad de datos que provienen del genoma del tumor de próstata requiere una potencia informática rápida, confiable y precisa proporcionada por algoritmos de aprendizaje automático.	Aprendizaje automático (ML), Aprendizaje profundo (DL)	La radioterapia es una parte esencial del tratamiento del cáncer de próstata y a menudo es difícil predecir su toxicidad para los pacientes. La inteligencia artificial podría tener un papel potencial futuro en la predicción de cómo reaccionará un paciente a los efectos secundarios de la terapia. Estas tecnologías podrían proporcionar a los médicos una mejor perspectiva sobre cómo planificar el tratamiento de radioterapia. La ampliación de las capacidades de los robots quirúrgicos para tareas más autónomas les permitirá utilizar información del campo quirúrgico, reconocer problemas e implementar las acciones adecuadas sin necesidad de intervención humana.
23	Wang & Jin (2023)	Se estableció un modelo de predicción del cáncer de próstata basado en el aprendizaje automático para ayudar a los médicos a identificar con precisión a los pacientes de alto riesgo. Se realizó un análisis retrospectivo utilizando datos de pacientes con cáncer de próstata de la base de datos MIMIC-IV. El modelo de aprendizaje automático LightGBM superó a los otros modelos en la distinción de pacientes con cáncer de próstata [LightGBM vs. CatBoost vs. XGBoost vs. DNN vs. SVM vs. LR; área bajo la curva (AUC): 0,93 vs. 0,91 vs. 0,89 vs. 0,86 vs. 0,70 vs. 0,68, respectivamente]. El modelo LightGBM tuvo una sensibilidad del 86%, una especificidad del 85% en el mejor valor de corte.	Modelos de predicción con algoritmos de aprendizaje automático (incluida la regresión logística, la máquina de vectores de soporte, las redes neuronales profundas, XGBoost, LightGBM y CatBoost)	El modelo fue capaz de predecir si un paciente tiene cáncer de próstata en función de sus características clínicas (incluidas la edad, las pruebas de laboratorio, etc.) y tuvo un alto nivel de precisión y estabilidad. El modelo de predicción de cáncer de próstata basado en el aprendizaje automático establecido en este estudio tiene cierto valor de aplicación clínica y puede ayudar a los médicos a identificar con precisión a los pacientes de alto riesgo, proporcionando planes de prevención y tratamiento más precisos para los pacientes.
24	Wu et al. (2024)	En este estudio diagnóstico retrospectivo multicéntrico, se incluyeron pacientes consecutivos con PCa que se sometieron a prostatectomía radical y disección de ganglios linfáticos pélvicos en cinco centros en un periodo de 10 años ProCaLNMD se entrenó en un conjunto de datos de un solo centro (el Hospital Sun Yat-sen) y se validó externamente en los otros cuatro centros. En el estudio de comparación y colaboración entre humanos e IA, la sensibilidad de ProCaLNMD (0,983 [0,908-1,000]) superó la de dos patólogos jóvenes	Detector de LNM de PCa basado en inteligencia artificial (ProCaLNMD)	ProCaLNMD aumentó significativamente la sensibilidad diagnóstica de dos patólogos jóvenes (ambos P = 0,041) al nivel de los patólogos expertos (ambos P > 0,99), y redujo sustancialmente el tiempo de revisión de las láminas de los cuatro patólogos (-31 %, P < 0,0001; -34 %, P < 0,0001; -29 %, P < 0,0001; y -27 %, P = 0,00031).

		(0,862 [0,746–0,939], P = 0,023; 0,879 [0,767–0,950], P = 0,041) en un 10–12 % y no mostró ninguna diferencia con respecto a la de dos patólogos experimentados (ambos 0,983 [0,908–1,000], ambos P > 0,99).		
25	Zhu et al. (2024)	La patología digital y la obtención de imágenes de portaobjetos completos permiten la aplicación de inteligencia artificial (IA) en patología.	Desarrollo de modelos patológicos de IA para el PCa	El éxito de la IA en la detección y clasificación del PCa, la predicción de los resultados de los pacientes y la identificación de subtipos moleculares. Los métodos basados en IA podrían colaborar con los patólogos para reducir la carga de trabajo y ayudar a los médicos a formular recomendaciones de tratamiento.

Discusión

Hablar de innovaciones tecnológicas en el campo médico, asociados directamente con el diagnóstico de enfermedades implica describir un largo camino en la incorporación de técnicas, la adquisición de equipos y la experimentación con procedimientos en el campo de la urología, radiología e imagenología médica, patología, medicina nuclear ^{21,22} oncología, laboratorio entre otro, es por medio de la tecnología que se brinda nuevas opciones no solo en el área del diagnóstico médico, sino en la parte clínica y terapéutica de tal forma que el paciente y su familia encuentre un mecanismo seguro para comprender su padecimiento. Sin embargo, la puesta en marcha de algunos procesos orienta a su vez la necesidad de mayor inversión en equipos, formación profesional e investigación que valide la efectividad de dichos procedimientos y expongan de manera responsable los beneficios y limitaciones que cada uno de estos presentan. De esta forma y en esta revisión se comparten algunas herramientas que se han utilizado a lo largo de estos últimos 6 años (2019-2024 en curso) y los hallazgos de su implementación, así como algunos vacíos que se asocian con la necesidad de seguir desarrollando experiencias que validen y perfeccionen su uso, sobre todo aquellas vinculadas a la aplicación de herramientas de IA y la variedad de algoritmos que se han desarrollado aportando soluciones.

Tipo de tecnología y herramientas utilizadas para el diagnóstico de CaP

Entre las tecnologías que han alcanzado mayor interés en la comunidad médica y cuyos resultados, resultan interesantes y se han validado, se encuentra el uso de algoritmos a través de la aplicación Galen Prostate, la efectividad de la misma se demostró en escenarios distintos y atendiendo relaciones

genómicas diferentes, desde Estados Unidos, Japón y atención con pacientes puertorriqueños, lo cual orienta el valioso apoyo que significa para los médicos tratantes en cuanto a la clasificación de los tipos de tumores identificados así como diferenciar entre los de tipo invasivos y aquellos que tienen una menor propensión y considerando los indicadores de riesgos ya asociados con la enfermedad tales como edad, antecedentes familiares, aspectos genéticos, alimentación, sedentarismo, tabaquismo y alcoholismo, dichos estudios fueron desarrollados por Lami K,²³ Santa-Rosario JC²⁴ y Zhu L.²⁵

En esta misma tónica puede referirse que la tecnología ha proporcionado una variedad de herramientas que se han incorporado a lo largo de los últimos cinco años, entre las que se encuentran el uso de nanotecnología para el uso de biomarcadores y sensores, ^{26,27} se presentó una interesante combinatoria donde la medicina nuclear se asocia a la resonancia magnética multiparamétrica mpMRI. A esto se suma el uso de algoritmos de inteligencia artificial para ampliar la resolución a través de resonancia magnéticas,²⁸ y de igual forma se ha aplicado los algoritmos de IA los cuales contribuyen a la segmentación de píxeles.²⁹ A esto se suma la utilización de algoritmos de aprendizaje automático.^{30,31} Una de las nuevas opciones que se incorporaron fue la puesta en marcha de aplicaciones móviles para llevar a cabo el monitoreo de los parámetros de diagnóstico, tales como la sensibilidad y la especificidad.³² Según la experiencia desarrollada en función del uso de biomarcadores las nuevas tendencias comparten el uso de algoritmos de IA para contar con mayor cantidad de datos y lograr hacer pruebas apoyados en tecnología genómica, situación que es de especial interés como base en la detección del CaP y brinda

algunas luces para el inicio de los tratamientos de forma celera.^{33,34} Otra de las opciones que se ha comprobado con aportes valiosos es el uso de algoritmos de IA asociados directamente para incrementar la velocidad y precisión con la que se realizan las lecturas en el área de radiología.^{35,36} Otra de las nuevas opciones que está considerada como novedosa se vincula a los modelos de predicción aplicando una combinatoria de algoritmos de IA (aprendizaje automático)³⁷⁻³⁹ en conjunción con redes neuronales, lo cual aporta a contar con imágenes precisas, estos se ubican dentro de la categoría de aplicaciones de machine learning (ML).^{40,41}

Forma parte de las bondades de la incorporación de tecnología como herramienta para el diagnóstico de CaP, el ProCaLNMD,⁴²⁻⁴⁴ siendo este un detector que orienta a la comunidad médica en el desarrollo de tratamientos haciendo una combinación de cirugía, radioterapia y tratamientos sistémicos, así como la terapia hormonal o la quimioterapia, según sea el estado del paciente tratante.⁴⁵

Al contar con la presencia de aplicaciones que tiene como base los algoritmos de IA se abre una serie de oportunidades para los médicos y pacientes, una de ellas son las tecnologías ubicadas en la clasificación de modelos gradient boosting, dado que estas brindan la opción de trabajar con grandes volúmenes de datos y el nivel de escalabilidad del sistema se adapta, así mismo previa obtención de diagnósticos a partir de los datos ingresados, permiten la adición de nuevas variables exógenas, así como las autorreflexivas, de esta forma el médico logra tener un panorama más concreto en relación a la dinámica de la enfermedad.

Conclusión

A partir de la incorporación de la tecnología como herramienta para la diagnóstico y detección del CaP, puede referirse una serie de ventajas entre las cuales se encuentra; al utilizar tecnologías de imagen más precisas, lo cual orienta al personal médico a trazar una ruta para el abordaje de la enfermedad, situación que significa el evitar biopsias innecesarias en pacientes con lesiones no sospechosas, reduciendo complicaciones y costos asociados al corto y mediano plazo. La tecnología y de forma concreta la presencia de los algoritmos de IA apoyando

directamente la calidad de resolución de imágenes contribuye abiertamente a la obtención de niveles de precisión, se minimizan los sesgos en aquellas resonancias u exámenes donde el especialista requiere mayor dedicación de tiempo, lo cual puede llegar a caer en opiniones subjetivas, en este sentido, el uso de modelos patológicos de IA para el PCa y Algoritmos de biopsias virtuales entre otras, apoyan a la obtención de diagnósticos donde se cuenta la estratificación del riesgo así como la identificación de tumores clínicamente más específicos, lo cual se convierte en un camino más sencillo para la atención celera.

El uso de imágenes apoya a los cirujanos y oncólogos en la planificación de tratamientos de tal manera que se maximice la efectividad mientras se disminuyen los efectos secundarios, a esto se une el hecho que es por medio de la tecnología y algunas pruebas como phi, 4Kscore, PSA, ConfirmMDx, Prolaris, Oncoytype DX, Decipher entre otras, que se logra hacer un seguimiento más cercano y detallado de cómo responde el paciente al tratamiento o terapia aplicada. Es al utilizar la tecnología en el proceso de diagnóstico, que se logra conocer información que sustenta el evitar el sobre tratamiento en pacientes, situación que ha sido cuestionada seriamente. Así mismo se ha extendido poco a poco el uso de biomarcadores basados en el perfil genético, Calculadoras de riesgo, así como biosensores para la detección de biomoléculas y biomarcadores de miniaturización del PSA.

En cuanto a los avances que indica el ingreso de la tecnología y concretamente los algoritmos de inteligencia artificial, esto aporta significativamente en la realización de monitoreo de recurrencia, dado que estas permiten una vigilancia precisa de los pacientes postratamiento y permite re escribir nuevos caminos al aprender de la enfermedad y su comportamiento en función de los indicadores genómicos del paciente, en esta misma medida, se aporta a su calidad de vida, puesto que al contar con herramientas como mpMRI y las biopsias guiadas por imagen, las cuales son menos invasivas que las técnicas tradicionales, por otro lado, la presencia del aprendizaje automático brinda asistencia para la toma de decisiones en relación a la propuesta de tratamientos, dado que esta herramienta permite la integración de datos proveniente de múltiples

fuentes (biomarcadores, historial médico, imágenes) lo cual permite contar con información sustentada para la atención al paciente ya sea utilizando terapia hormonal o radioterapia, así como ajustar los procedimientos en función de las características individuales del tumor.

La automatización de los diagnósticos, conlleva a una nueva era en la detección del CaP, razón por la cual al contarse con algoritmos de IA se reduce la inversión de tiempo y costos, recursos valiosos al momento de dar una respuesta de tratamiento al paciente, otra de las variables que suma a la adhesión de tecnología como una práctica positiva es que, al hacer uso de modelos de predicción, se cuenta con insumos para el monitoreo el estado de salud de la persona y la progresión de la enfermedad. El uso de Paige Prostate se considera una herramienta robusta que apoya los procesos de evaluación de biopsias centrales de próstata en prácticas de patología quirúrgica.

Financiamiento

El estudio no contó con financiamiento.

Conflictos de interés

Ninguno declarado por el autor.

Correspondencia:

José Siles Luna
Avenida Guardia Civil 421.
San Borja, Lima - Perú.

E-mail: jose.siles@medicos.ci.pe

Bibliografía

- Society AC. Acerca del Cáncer de Próstata. [Online]; 2024. Disponible en: <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-prostata/acerca/estadisticas-clave.html>.
- MINSA. Boletín epidemiológico del Perú 2023. Boletín. Lima: Ministerio de Salud. https://www.dge.gob.pe/epublic/uploads/boletin/boletin_20238_23_092046.pdf
- Loayza HNA. Cáncer de Próstata: La primera causa de mortalidad en la población masculina. 29 de noviembre de 2022. <https://www.gob.pe/institucion/hospitalloayza/noticias/675052-cancer-de-prostata-la-primera-causa-de-mortalidad-en-la-poblacion-masculina>
- Cáncer INd. Se detecta con precisión la diseminación del cáncer de próstata mediante la TEP-TC del PSMA. 16 de julio de 2020.
- Turkbey B, Rosenkrantz A, Haider M, Padhani A, Villeirs G, Macura K, et al. Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2.1. *European Urology*. 2019; 76(3): p. 340-351. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eururo.2019.02.033>
- Valdez-Vargas A, Sánchez-López H, Badillo-Santoyo M, Maldonado-Valadez R, Manzo-Pérez B, Pérez-Abarca V, et al. Tasa de recurrencia del cáncer de próstata localizado después de la prostatectomía radical según la clasificación de riesgo de D'amico, en un hospital terciario de referencia: estudio de asociación. *Cirugía y cirujanos*. 2021; 89(4): p. 520-527. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24875/CIRU.200007601>
- Bhinder B GCMNEO. Artificial Intelligence in Cancer Research and Precision Medicine. *Cancer Discov*. 2021; 11(4): p. 900-915. <https://doi.org/10.1158/2159-8290.CD-21-0090>
- Loaiza-Bonilla A. La inteligencia artificial en oncología: contexto actual y una visión hacia la próxima década. *Revista Medicina*. 2021; 43(4): p. 527-534.
- Kuiava V, Kuiava E, Chielle E, Syllos R. Desenvolvimento de sistema estruturado com inteligência artificial para apoio no diagnóstico de patologias oftalmológicas mais relevantes. *Clinical & Biomedical Research*. 2021; 41(1). <https://seer.ufrgs.br/index.php/hcpa/article/view/109565>
- Raraz-Vidal J, Raraz-Vidal O. Aplicaciones de la inteligencia artificial en la medicina. *Revista Perú Investigación Salud*. 2022; 6(2): p. 131-133. <https://doi.org/https://doi.org/10.35839/repis.6.3.1559>
- Bhinder B, Gilvary C, Madhukar N, Elemento O. Elemento O. Artificial Intelligence in Cancer Research and Precision Medicine. *Cancer Discovery*. 2021; 11(4): p. 900-915. <https://doi.org/https://doi.org/10.1158/2159-8290.cd-21-0090>
- Bhalla S LA. Artificial Intelligence for Precision Oncology. *Adv Exp Med Biol*. 2022; 1361: p. 249-268. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91836-1_14
- Zhang C, Xu J, Tang R, Yang J, Wang W, Yu X, et al. Novel research and future prospects of artificial intelligence in cancer diagnosis and treatment. *J Hematol Oncol*. 2023; 16(1). <https://doi.org/doi:10.1186/s13045-023-01514-5>
- Vrudhula A, Kwan A, Ouyang D, Cheng S. Machine Learning and Bias in Medical Imaging: Opportunities and Challenges. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2024; 17(2): p. e015495. <https://doi.org/doi:10.1161/CIRCIMAGING.123.015495>
- Huang R, Hong Y, Du H, Ke W, Lin B, Li Y. A machine learning framework develops a DNA replication stress model for predicting clinical outcomes and therapeutic vulnerability in primary prostate cancer. *J Transl Med*. 2023; 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12967-023-03872-7>
- Huang S, Yang JFSZQ. Artificial intelligence in cancer diagnosis and prognosis. *Cancer Lett*. 2020; 471: p. 61-71. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2019.12.007>
- Shimizu H, Nakayama K. Artificial intelligence in oncology. *Cancer Science*. 2020; 111(5): p. 1452-1456. <https://doi.org/10.1111/cas.14377>
- Oldan J, Almaguel F, Voter A, Duran A, Gafita A, Pomper M, et al. PSMA-Targeted Radiopharmaceuticals for Prostate Cancer Diagnosis and Therapy. *Cancer J*. 2024; 30(3): p. 176-184. <https://doi.org/10.1097/PPO.0000000000000718>
- Roest C, Kwee T, Saha A, Fütterer J, Yakar D, Huisman H. AI-assisted biparametric MRI surveillance of prostate cancer: feasibility study. *Eur Radiol*. 2023; 33(1): p. 89-96. <https://doi.org/doi:10.1007/s00330-022-09032-7>
- Kong F, Wang X, Xiang J, Yang S, Wang X, Yue M, et al. Federated attention consistent learning models for prostate cancer diagnosis and Gleason grading. *Comput Struct Biotechnol J*. 2024; 5(23): p. 1439-1449. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3390/ijms20081813>
- Descotes JL. Diagnosis of prostate cancer. *Asian Journal of Urology*. 2019; 6: p. 129-136. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ajur.2018.11.007>
- Sun YK, Zhou BY, Miao Y, Shi YL, Xu SH, Wu DM, et al. Three-dimensional convolutional neural network model to identify clinically significant prostate cancer in transrectal ultrasound videos: a prospective, multi-institutional diagnostic study. *Clinical Medicine*. 2023; 60: p. 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2023.102027>
- Lami K, Yoon HS, Parwani Av, Ngoc Pham HH, Tachibana Y, Linhart C, et al. Validation of prostate and breast cancer detection artificial intelligence algorithms for accurate histopathological diagnosis and grading: a retrospective study with a Japanese cohort. *Pathology*. 2024; 56(5): p. 633-642. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pathol.2024.02.009>
- Santa-Rosario JC, Gustafson E, Sanabria Bellassai D, Gustafson PE, Socarras Md. Validation and three years of clinical experience in using an artificial intelligence algorithm as a second read system for prostate cancer diagnosis—real-world experience. *Journal of Pathology Informatics*. 2024; 15: p. 1-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpi.2024.100378>
- Zhu L, Pan J, Mou W, Deng L, Zhu Y, Wang Y, et al. Harnessing artificial intelligence for prostate cancer management. *Cell Reports Medicine*. 2024; 5(4): p. 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2024.101506>

26. Barani M, Sabir F, Rahdar A, Arshad R, Kyzas G. Nanotreatment and Nanodiagnosis of Prostate Cancer: Recent Updates. *Nanomaterials*. 2020; 10: p. 1-24. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3390/nano10091696>
27. Sekhoacha M, Riet K, Motloung P, Gumenku L, Adegoke A, Mashele S. Prostate Cancer Review: Genetics, Diagnosis, Treatment. *Molecules*. 2022; 27: p. 1-30. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3390/nano10091696>
28. Ahdoot M, Wilbur R, Reese AH, Lebastchi S, Mehravivand P, Gomella J, et al. MRI-Targeted, Systematic, and Combined Biopsy for Prostate Cancer Diagnosis. *The new england journal of medicine*. 2020; 10: p. 917-928. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1910038>
29. Harder C, Pryalukhin A, Quaas A, Eich ME, Tretiakova M, Klein S, et al. Enhancing Prostate Cancer Diagnosis: Artificial Intelligence-Driven Virtual Biopsy for Optimal Magnetic Resonance Imaging-Targeted Biopsy Approach and Gleason Grading Strategy. *Modern Pathology*. 2024; 37: p. 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.modpat.2024.100564>
30. Hybertsen Lysø E, Bårdsen Hesjedal M, Skolbekken JA, Solbjør M. Men's sociotechnical imaginaries of artificial intelligence for prostate cancer diagnostics - A focus group study. *Social Science & Medicine*. 2024; 347: p. 1-7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2024.116771>
31. Ozhan O, Yagin FH. Machine Learning Approach for Classification of Prostate Cancer Based on Clinical Biomarkers, *Journal Cognitive Systems*. 2022; 7(2): p. 18-20
32. Kluckert J, Hotker AMMDKE, Donati O. AI-based automated evaluation of image quality and protocol tailoring in patients undergoing MRI for suspected prostate cancer. *European Journal of Radiology*. 2024; 177: p. 1-7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2024.111581>
33. Porzycki P, Ciszkowicz E. Modern biomarkers in prostate cancer diagnosis. *Cent European J Urol*. 2020; 70: p. 300-306. <https://doi.org/doi:10.5173/ceju.2020.0067R>
34. Osses DF, Roobol MJ, Schoots IG. Prediction Medicine: Biomarkers, Risk Calculators and Magnetic Resonance Imaging as Risk Stratification Tools in Prostate Cancer Diagnosis. *Internacional Conference of Molecular Science*. 2019; 20: p. 1-19. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3390/ijms20071637>
35. Kohaar I, Petrovics G, Srivastava S. A Rich Array of Prostate Cancer Molecular Biomarkers: Opportunities and Challenges. *Internacional Conference of Molecular Science*. 2019, 20: p. 1-20. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3390/ijms20081813>
36. Perincheri SLA, Celli R, Gershkovich P, Rimm D, Stanley M, Rothrock B, et al. An independent assessment of an artificial intelligence system for prostate cancer detection shows strong diagnostic accuracy. *Modern Pathology*. 2021; 34: p. 1588-1595. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41379-021-00794-x>
37. Raciti P, Sue J, Ceballos R, Godrich R, Kunz J, Kapur S, et al. Novel artificial intelligence system increases the detection of prostate cancer in whole slide images of core needle biopsies. *Modern Pathology*. 2020; 33: p. 2058-2066. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41379-020-0551-y>
38. Tataru OS, Vartolomei MD, Rassweiler JJ, Virgil O, Lucarelli G, Porpiglia F, et al. Artificial Intelligence and Machine Learning in Prostate Cancer Patient Management—Current Trends and Future Perspectives. *Diagnostics*. 2021; 11: p. 1-20. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/diagnostics11020354>
39. Wang W, Jin X. Prostate cancer prediction model: A retrospective analysis based on machine learning using the MIMIC-IV database. *Intelligent Pharmacy*. 2023; 1: p. 268-273. <https://doi.org/https://doi.org/10.52876/jcs.911xx>
40. Harmon SA. Artificial intelligence at the intersection of pathology and radiology in prostate cancer. *Diagn Interv Radiol*. 2019; 25: p. 183-188. <https://doi.org/DOI.10.5152/dir.2019.19125>
41. Cuocolo R, Cipullo MB, Stanzione A, Ugga L, Romeo V, Radice L, et al. Machine learning applications in prostate cancer magnetic resonance imaging. *Cuocolo et al. European Radiology Experimental*. 2019; 3(35): p. 1-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41747-019-0109-2>
42. Wu S, Wang Y, Hong G, Luo Y, Lin Z, Shen R, et al. An artificial intelligence model for detecting pathological lymph node metastasis in prostate cancer using whole slide images: a retrospective, multicentre, diagnostic study. *Clinica Medic*. 2024; 71: p. 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2024.102580>
43. Hesso I, Kayyali R, Zacharias L, Charalambous A, Lavdaniti M, Stalika E, et al. Cancer care pathways across seven countries in Europe: ¿What are the current obstacles? And how can artificial intelligence help? *Journal of Cancer Policy*. 2024; 39: p. 1-12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcpo.2023.100457>
44. Sassi A, You L. Microfluidics-Based Technologies for the Assessment of Castration Resistant Prostate Cancer. *Cells*. 2024; 13(7): p. 575-597. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/cells13070575>
45. Pantanowitz L, Quiroga-Garza G, Bien L, Heled R, Laifenfeld D, Linhart C, et al. An artificial intelligence algorithm for prostate cancer diagnosis in whole slide images of core needle biopsies: a blinded clinical validation and deployment study. *Lancet Digital Health*. 2020; 2(8): p. 407-416. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(20\)30159-X](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30159-X)