

Correlación entre inteligencia artificial, ADC y hallazgos histopatológicos en la predicción del cáncer de próstata clínicamente significativo en RM

Xabier José Coscojuela Ojeda¹, Jorge El Khatib Nuñez¹, Ricardo Corredor-Jerez², María Vivas Arias², María Rodríguez Monsalve¹, Javier Bueno Balboa¹, Adrián Redondo Martín¹, Miguel Angel Pastrana Ledesma¹.

¹Hospital Universitario Puerta de Hierro, Majadahonda; ²Siemens Healthineers - Spain

1. Objetivo

Evaluar el uso de inteligencia artificial (IA) para detección y clasificación de lesiones en RM (basado en secuencias 2D axiales T2w y difusión) en la predicción de cáncer de próstata clínicamente significativo (csPCa). Definiendo al csPCa como aquellos cánceres con un Grade Group ≥ 2 (puntuación de Gleason $\geq 3 + 4$).

2. Materiales y métodos

- Tipo de estudio:

Observacional analítico retrospectivo con enfoque de precisión diagnóstica.

- Población de estudio:

66 pacientes con sospecha clínica/analítica de cáncer de próstata remitidos para estudio mediante RM y posterior biopsia por fusión dirigida.

2. Materiales y métodos

Variables Registradas

Demográficas

- Edad

Analíticas

- Nivel sérico de PSA

Cuantitativas

- Valor de ADC (medida en ROI)

IA

- Probabilidad malignidad
- PIRADS-IA

Radiológicas

- PI-RADS radiólogo

Concordancia

- Topográfica IA vs RX

Histopatológico

- Resultado de la biopsia fusión (Gold Standard)

2. Materiales y métodos

- Se realizó RM multiparamétrica de próstata con equipo de 3T de todos los pacientes incluidos en el estudio siguiendo el protocolo especificado (Tabla 1).
 - Se empleó un software de post-procesamiento de imágenes médicas para la visualización, análisis y cuantificación de los estudios realizados.
 - Lectura por parte de un radiólogo experto del estudio y clasificación de la lesión según la clasificación PIRADS. (Figura 1 y Figura 3).
 - Valor cuantitativo del valor ADC medido mediante ROI centrado en la lesión y ocupando en lo posible la mayor parte de la misma.
-

2. Materiales y métodos

- La IA del software de post-procesamiento realiza la segmentación de la próstata, la identificación de lesiones sospechosas determinando su clasificación según PIRADS y determina un grado de sospecha (probabilidad de malignidad). (Figura 2 y Figura 4).
 - La concordancia en la clasificación de PIRADS entre la IA y radiólogo fue evaluada mediante el coeficiente Kappa ponderado de Cohen, considerando la naturaleza ordinal de la escala PI-RADS.
 - Los pacientes con lesiones sospechosas y que cumplieran criterios para biopsia fueron sometidos a biopsia guiada por fusión realizada por el servicio de urología con el diagnóstico definitivo por anatomía patológica.
-

2. Materiales y métodos

Tabla 1. Protocolo RM multiparamétrico de próstata (3T).

Secuencia	Plano	Tipo de ponderación	Objetivo clínico
T1	Axial	Potenciada en T1	Anatomía general, presencia de hemorragia.
T2	Axial, sagital y coronal	Potenciada en T2	Anatomía zonal prostática, detectar anomalías y valorar la extensión tumoral.
Difusión (DWI)	Axial	Difusión con alto valor b (b = 2000)	Detección de lesiones con restricción a la difusión (sospecha de cáncer).
Mapa ADC	Axial	Derivado de DWI	Cuantificación de la difusión.
Dinámico (DCE)	Axial	T1 dinámico tras contraste (Resolución temporal: 7 s; duración ≥ 2 min)	Evaluación de vascularización tumoral y realce precoz.

2. Materiales y métodos

Figura 1. RM prostática identificando lesión en próstata periférica segmento posterolateral apical derecho. Hipointensa en T2 y con restricción a la difusión.

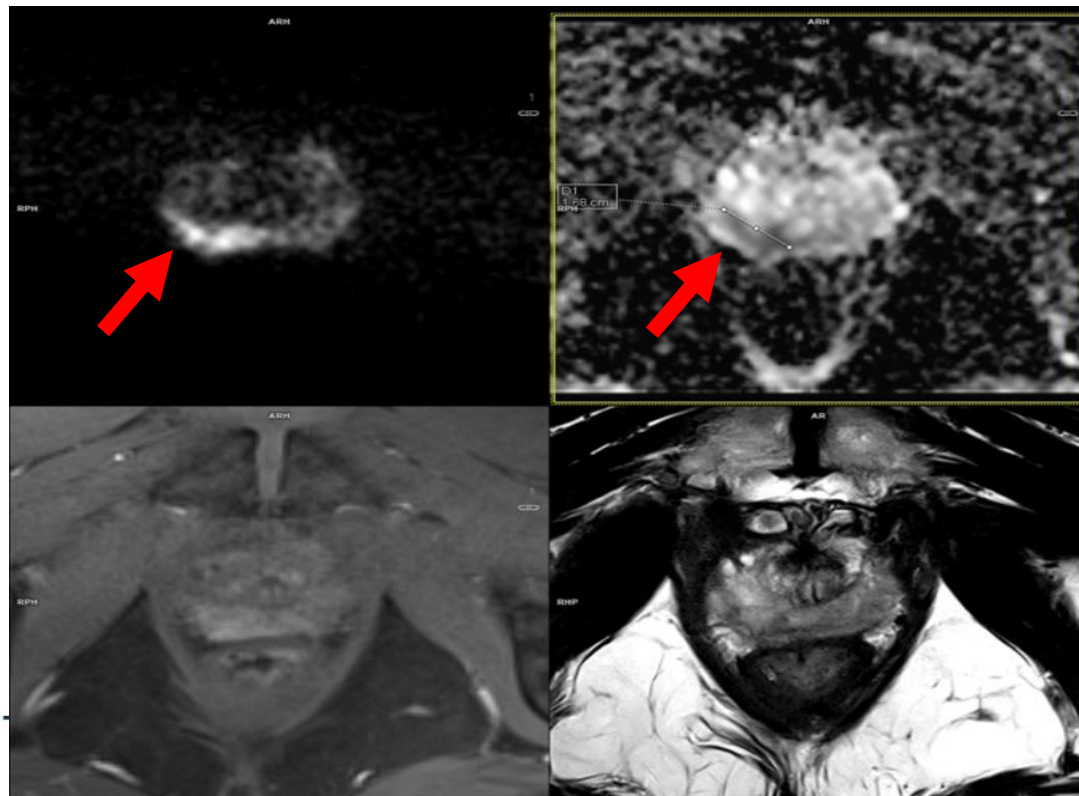
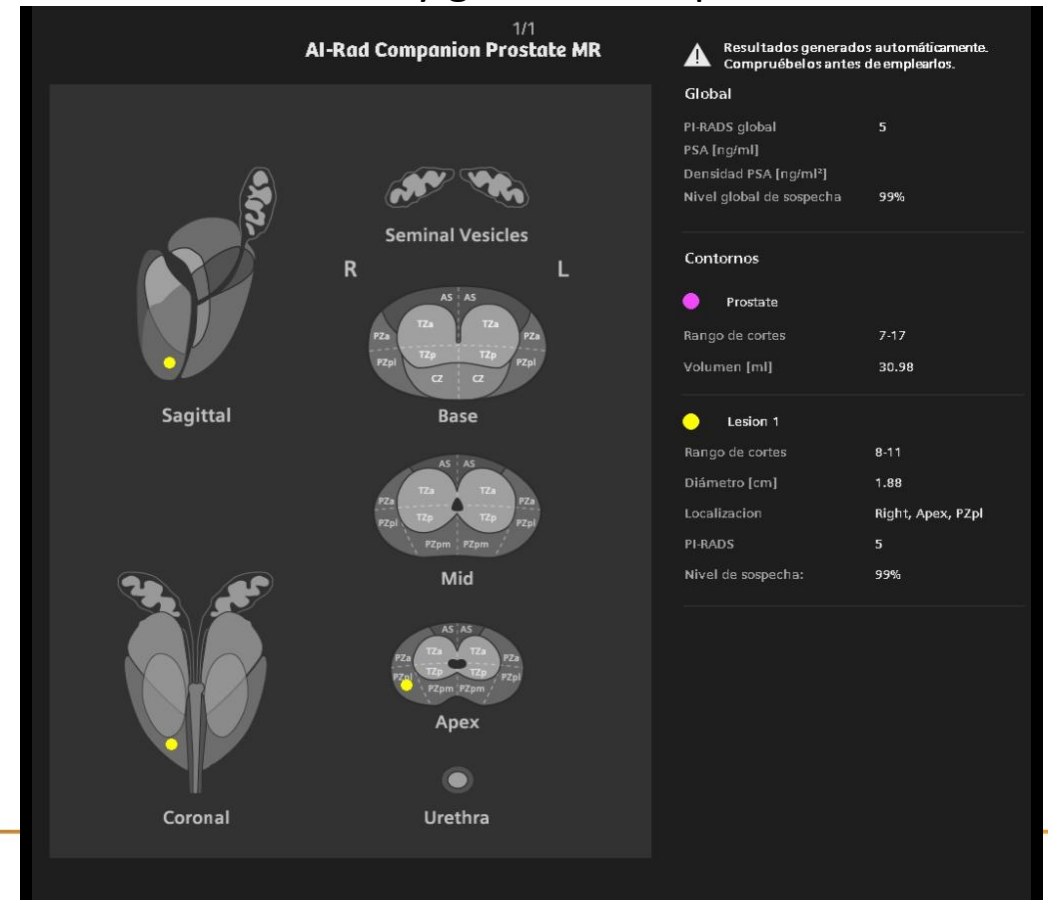


Figura 2. Reporte de la IA identificando la lesión, clasificación PIRADS y grado de sospecha.



2. Materiales y métodos

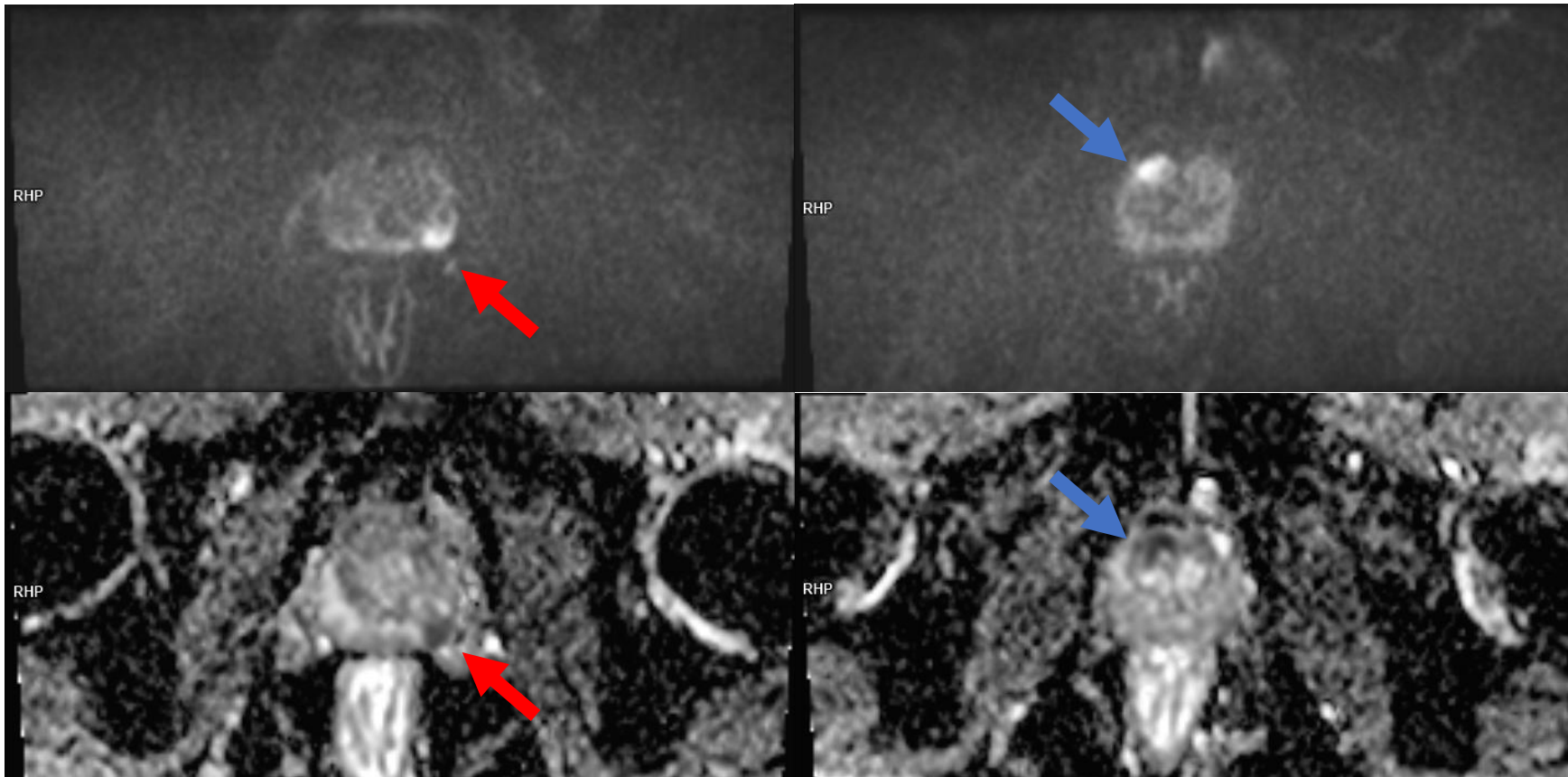
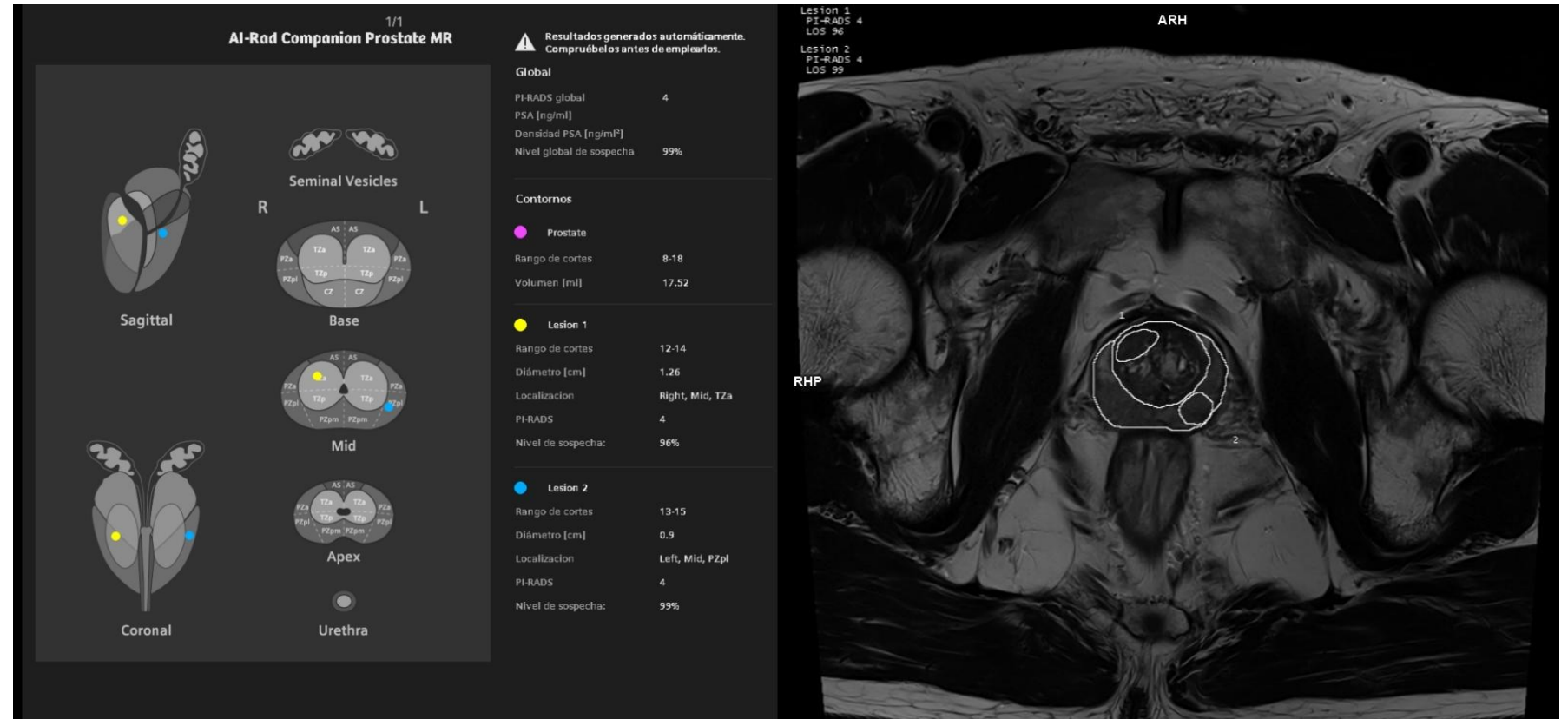


Figura 3. RM prostática identificando dos lesiones con restricción a la difusión, una en próstata periférica segmento posterolateral medio izquierdo (flecha roja) y otra en segmento anterior medio transicional derecho (flecha azul).

2. Materiales y métodos

Figura 4. Reporte de la IA de las lesiones identificadas en la figura 3 con el resultado de la segmentación automática de las lesiones descritas.



2. Materiales y métodos

Análisis estadístico:

- Se compararon las variables cáncer clínicamente significativo (si/no) con las variables ADC, PSA y probabilidad de malignidad dada por IA mediante pruebas T de Welch y Mann-Whitney.
 - Para evaluar la capacidad diagnóstica de la probabilidad de malignidad por IA, PIRADS dado por IA y PI-RADS dado por radiólogo se utilizaron curvas ROC y cálculo del área bajo la curva. Estas se hicieron restringiendo a los pacientes donde hubo concordancia topográfica.
 - La concordancia entre las clasificación PI-RADS entre IA y radiólogo se realizó mediante coeficiente Kappa.
 - Los valores p (p-value) se consideran significativos respecto al umbral $\alpha = 0.05$
-

2. Materiales y métodos

Análisis estadístico:

- Debido a que la biopsia por fusión se realizó sobre las lesiones identificadas por el radiólogo, el análisis de las variables dependientes de la lesión (ADC, PI-RADS y probabilidad de malignidad generada por la IA) se restringió a los casos con concordancia topográfica. Esta restricción metodológica se aplicó para garantizar que las comparaciones se realizaran sobre la misma lesión.
-

3. Resultados



Población Total

66

Pacientes incluidos



33

csPCa confirmado

50%



33

Sin csPCa

50%

Tabla 2. Edad (media con desviación estándar) PSA y ADC (mediana IQR).

Variable	Sin csPCa (n = 33)	csPCa (n = 33)	p-value
Edad (años)	65.5 ± 8.4	69.2 ± 7.5	0.059
PSA (ng/mL)	6.85 (4.38–7.80)	7.00 (5.27–9.50)	0.27

3. Resultados

- Se evaluó la concordancia topográfica entre las lesiones identificadas por la inteligencia artificial y el radiólogo, observándose concordancia en 42 de los 66 pacientes (63.6%).
 - Los valores de ADC fueron significativamente menores en los pacientes con csPCa en comparación con aquellos sin cáncer clínicamente significativo (mediana 540 vs 714 $\times 10^{-3}$ mm²/s, respectivamente; p = 0.008).
-

3. Resultados

Tabla 3. Rendimiento diagnóstico de las variables de imagen para la detección de cáncer de próstata clínicamente significativo.

Variable	AUC	IC 95%	p-value
Probabilidad de malignidad IA	0.761	0.605 – 0.894	0.003
PI-RADS IA	0.746	0.605 – 0.869	0.004
PI-RADS radiólogo	0.71	0.571 – 0.834	0.007

- El análisis mediante curvas ROC mostró una capacidad discriminativa moderada para la detección de csPCa en todas las variables evaluadas.
- La comparación entre curvas ROC mediante test de DeLong no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los modelos individuales (todos los valores de $p > 0,05$).

3. Resultados

Figura 5. Curva ROC entre la probabilidad de malignidad dada por IA y la presencia de csPCa.

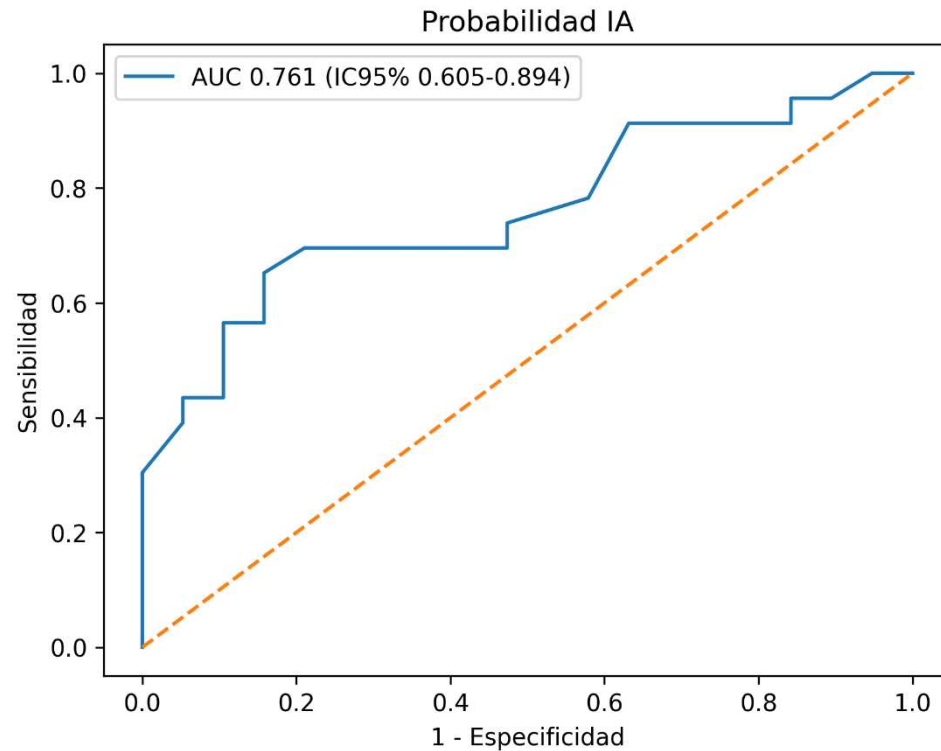
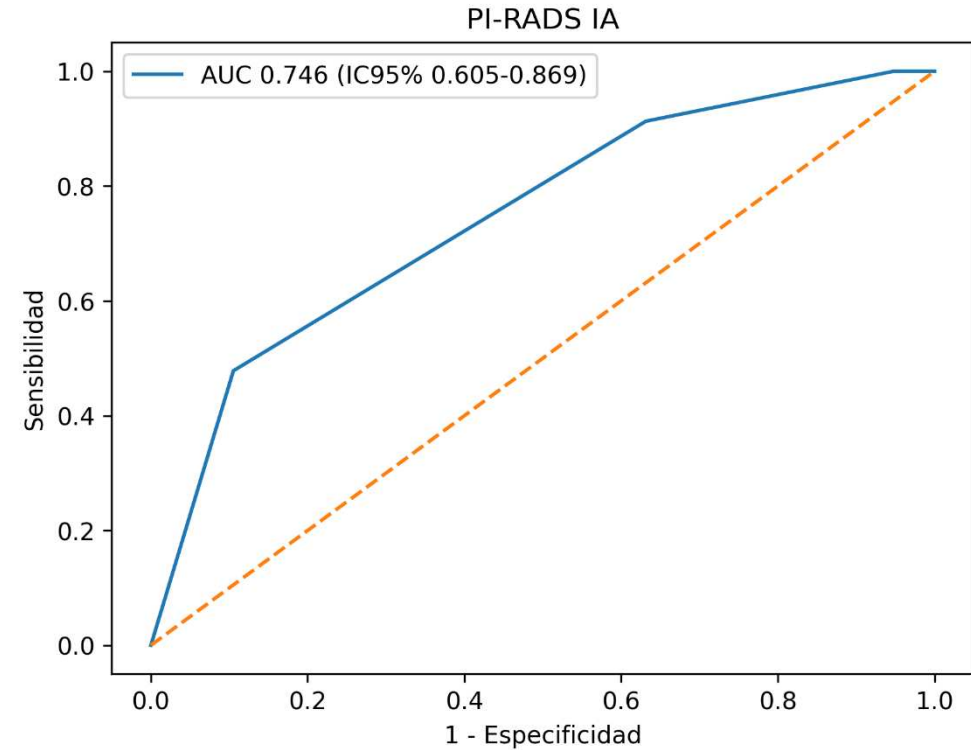


Figura 6. Curva ROC entre el PIRADS por IA y la presencia de csPCa.



3. Resultados

Figura 7. Curva ROC entre el PI-RADS por radiólogo y la presencia de csPCa.

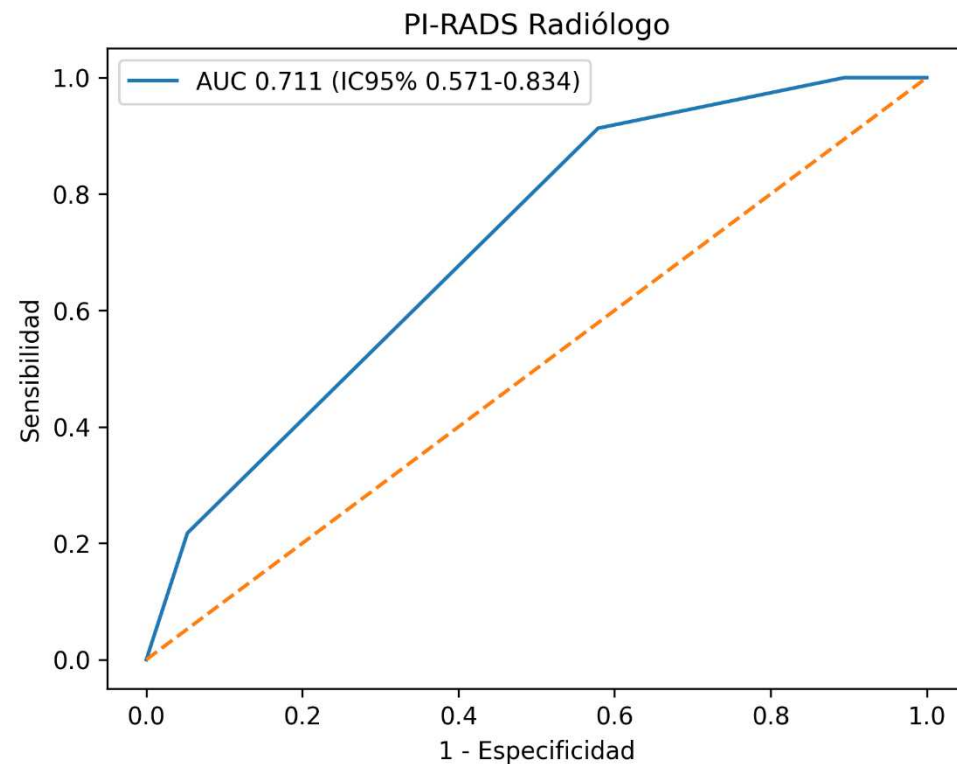
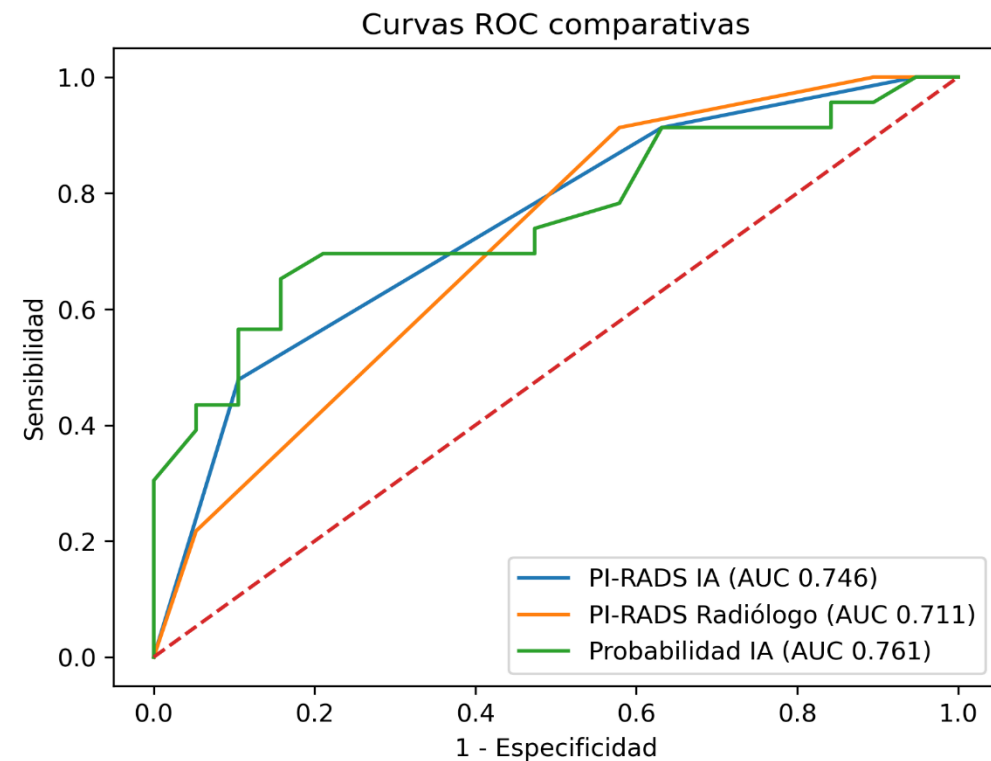


Figura 8. Curvas ROC superpuestas de las variables estudiadas.



3. Resultados

Para valorar el rendimiento diagnóstico se utilizó un punto de corte de PI-RADS ≥ 4 y una probabilidad de malignidad de ≥ 0.89 . (Tabla 4)

Tabla 4. Tabla de rendimiento diagnóstico entre las variables PIRADS de la IA, radiólogo y probabilidad de malignidad dada por IA.

Modelo	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
PI-RADS IA ≥ 4	0.913	0.421	0.636	0.778
PI-RADS Radiólogo ≥ 4	0.913	0.474	0.656	0.800
Probabilidad malignidad IA ≥ 0.89 (Youden)	0.652	0.842	0.833	0.667

3. Resultados

- La concordancia entre la clasificación del PIRADS dada por IA y la dada por el radiólogo fue del 45,5 %. Cuando se consideró concordancia dentro del rango ± 1 de categoría PI-RADS, el porcentaje de acuerdo aumentó al 74,2 %, lo que indica que la mayoría de las discrepancias correspondieron a diferencias de una sola categoría.
 - El análisis mostró una concordancia baja entre ambos métodos (κ ponderado = 0,30) según la clasificación de Landis y Koch.
-

4. Discusión

- Los pacientes con csPCa presentaron valores de ADC significativamente menores, esto es consistente con la literatura y refleja la mayor celularidad tumoral y restricción de difusión en lesiones malignas.
 - Aunque la IA mostró una tendencia a mayor AUC, las diferencias entre modelos no alcanzaron significación estadística.
 - El rendimiento diagnóstico de la probabilidad de malignidad basada en IA fue ligeramente superior al del PI-RADS, lo que sugiere que este modelo podría mejorar la discriminación del riesgo respecto a las clasificaciones categóricas tradicionales.
-

4. Discusión

- La concordancia entre PI-RADS IA y PI-RADS radiólogo fue baja-moderada, lo que coincide con estudios previos que describen variabilidad interobservador en la interpretación de RM prostática.
 - La elevada concordancia dentro de ± 1 categoría PI-RADS (74%) sugiere que muchas discrepancias corresponden a diferencias diagnósticas menores.
 - Una de las limitaciones del trabajo radica en el tamaño muestral siendo este limitado, lo que podría disminuir la potencia estadística y la generalización de los resultados.
 - Otra de las limitaciones a considerar es que la IA se basa exclusivamente en protocolos biparamétricos y en imágenes en plano axial, lo que no refleja completamente la práctica clínica habitual. En la evaluación real, se integra la información clínica del paciente junto con secuencias adicionales de resonancia magnética.
-

5. Conclusiones

- El ADC demostró diferencias significativas entre pacientes con y sin csPCa, lo que refuerza su papel para identificar lesiones de mayor agresividad.
 - Aunque los modelos basados en inteligencia artificial mostraron una tendencia hacia una mayor capacidad discriminativa, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en las AUC entre los métodos evaluados.
 - Estos resultados sugieren que la IA debe considerarse como una herramienta complementaria a la interpretación radiológica con potencial para mejorar la consistencia diagnóstica y la toma de decisiones clínicas.
-

Referencias bibliográficas

1. Tamada T, Huang C, Ream JM, Taffel M, Taneja SS, Rosenkrantz AB. Apparent diffusion coefficient values of prostate cancer: comparison of 2D and 3D ROIs. *AJR Am J Roentgenol*. 2018;210(1):113-117. doi:10.2214/AJR.17.18495.
 2. Saha A, Bosma JS, Twilt JJ, van Ginneken B, Bjartell A, Padhani AR, et al. Artificial intelligence and radiologists in prostate cancer detection on MRI (PI-CAI): an international, paired, non-inferiority, confirmatory study. *Lancet Oncol*. 2024;25(7):879-887. doi:10.1016/S1470-2045(24)00220-1.
 3. Kang Y, Wang Z, Hu S. Artificial intelligence in prostate cancer detection and PI-RADS scoring. In: *Proceedings of the 6th International Symposium on Artificial Intelligence for Medical Sciences (ISAIMS 2025)*; 2025 Oct 24-26; Wuhan, China. New York: ACM; 2025. p.1-5. doi:10.1145/3777577.3777602.
 4. Castellana R, Marzi S, Russo A, Ferriero MC, Terrenato I, Papaleo E, et al. Artificial intelligence in prostate MRI: comparison of an AI-based software and an experienced radiologist for detecting clinically significant prostate cancer. *Curr Oncol*. 2026;33:151. doi:10.3390/curroncol33030151.
 5. Ramirez Chávez C, Bazualdo Fiorini E, Bueno Ordoñez S. The impact of artificial intelligence on prostate cancer diagnosis through magnetic resonance imaging. *EthAlca*. 2024;3:144. doi:10.56294/ai2024144.
 6. Winkel DJ, Tong A, Lou B, Kamen A, Comaniciu D, et al. A Novel Deep Learning Based Computer-Aided Diagnosis System Improves the Accuracy and Efficiency of Radiologists in Reading Biparametric Magnetic Resonance Images of the Prostate: Results of a Multireader, Multicase Study. *Invest Radiol*. 56(10), 605-613, 2021; doi: 10.1097/RLI.0000000000000780.
 7. S. Youn, M. H. Choi et al., Detection and PI-RADS Classification of Focal Lesions in Prostate MRI: Performance Comparison Between a Deep Learning-based Algorithm (DLA) and Radiologists with Various Levels of Experience. *European Journal of Radiology*142:109894, 2021;https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.109894.
 8. B Oerther et al., Prediction of upgrade to clinically significant prostate cancer in patients under active surveillance: Performance of a fully automated AI-algorithm for lesion detection and classification. *Prostate* 83, 871-878, 2023; doi: https://doi.org/10.1002/pros.24528.
-