

# MARCADORES INFLAMATORIOS CON ALTO VALOR PREDICTIVO POSITIVO EN EL DIAGNÓSTICO DE APENDICITIS AGUDA Y ESCALA DE ALVARADO VS ECOGRAFÍA



Trabajo de Fin de Grado

Curso 2024-2025

**Autor: María Esther Tejerina Rodríguez**

**Tutor: José María Pradillos Serna**

Facultad de Medicina

Universidad de Valladolid

## ÍNDICE

1. RESUMEN.....	2
2. INTRODUCCIÓN .....	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	7
4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....	7
5. MATERIAL Y MÉTODOS .....	8
6. RESULTADOS .....	10
7. DISCUSIÓN .....	12
8. CONCLUSIONES .....	16
9. BIBLIOGRAFÍA .....	17
10. ANEXO .....	20

## 1. RESUMEN

### Introducción

La apendicitis aguda constituye la urgencia quirúrgica abdominal más frecuente en pediatría y su diagnóstico clínico suele ser impreciso, especialmente en menores de 2 años. Aunque se utilizan marcadores inflamatorios (recuento de leucocitos, PCR, porcentaje de neutrófilos, índice neutrófilo-linfocito) y scores clínicos (Alvarado, PAS), ninguno de ellos por sí solo ofrece la sensibilidad y especificidad necesarias. La ecografía abdominal, por su carácter no invasivo y ausencia de irradiación, se plantea como alternativa diagnóstica primaria.

### Objetivo

Comparar la eficacia diagnóstica de la ecografía abdominal frente a marcadores inflamatorios, scores clínicos y un modelo predictivo combinado en niños menores de 14 años con dolor en fosa ilíaca derecha y sospecha de apendicitis aguda.

### Material y métodos

Estudio retrospectivo unicéntrico de 52 pacientes pediátricos. Se recogieron datos clínicos, analíticos y de imagen (ecografía) en el servicio de Urgencias. Cada prueba se categorizó según puntos de corte establecidos en la literatura. Se calculó sensibilidad, especificidad, valores predictivos, razones de verosimilitud e AUC de la curva ROC. Además, se construyó un modelo de regresión logística binaria que integró score de Alvarado  $\geq 7$ , PCR  $\geq 2,8$  mg/L y leucocitosis.

### Resultados

La ecografía mostró sensibilidad 94,4%, especificidad 90,0%, VPP 89,0%, VPN 94,5% y AUC 0,922. Entre los marcadores, la leucocitosis y la PCR alcanzaron sensibilidades del 80% pero especificidades  $< 60\%$ , y le siguieron índice N/L (S 73,3%, E 50,0%), Alvarado  $\geq 7$  (S 70,8%, E 75,9%, AUC 0,872) y PAS  $\geq 7$  (S 62,5%, E 58,3%, AUC 0,721). El modelo combinado obtuvo S 75,0%, E 69,9%, VPP 75,0%, VPN 70,0% y AUC 0,82. La comparación directa confirmó la superioridad de la ecografía en todos los parámetros analizados.

### Conclusiones

La ecografía abdominal es la herramienta diagnóstica más eficaz para la apendicitis aguda en el ámbito pediátrico, superando a los marcadores inflamatorios, scores clínicos y modelos combinados. Su uso sistemático como primera prueba en urgencias podría reducir apendicectomías negativas y optimizar recursos sanitarios.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1. Conceptos básicos de la apendicitis aguda

El apéndice vermiforme es una estructura tubular situada en el cuadrante inferior derecho del abdomen, con variaciones en su posición (mayormente retrocecal) y una longitud de 6-9 cm [1,2]. En niños, ciertas características anatómicas influyen en la apendicitis: en neonatos su forma de embudo explica la baja incidencia; en adolescentes, el aumento del tejido linfoide favorece la obstrucción y que en este grupo de edad se más frecuente; y el epiplón poco desarrollado en la infancia facilita la diseminación de infecciones tras perforación [3]. La apendicitis es una inflamación causada por obstrucción luminal (frecuentemente fecalitos), sobrecrecimiento bacteriano e isquemia [4]. La infección postoperatoria es polimicrobiana, predominando *E. coli* (70%) [5].

Epidemiológicamente, la apendicitis es la cirugía abdominal urgente más común en niños y afecta principalmente a adolescentes, siendo más frecuente en hombres [6]. Los menores de 5 años tienen más riesgo de apendicitis complicada debido a síntomas inespecíficos y dificultades diagnósticas, con tasas más altas de perforación y apendicectomía negativa [7,8].

### 2.2. Estado actual del diagnóstico de la apendicitis aguda

El diagnóstico de apendicitis aguda es fundamentalmente clínico, basado en la historia y exploración física. Se complementa con pruebas de laboratorio e imagen cuando es necesario. Un diagnóstico temprano es crucial para evitar complicaciones graves derivadas de retrasos o errores.

#### 2.2.1. PRESENTACIÓN CLÍNICA

En la infancia, la apendicitis suele presentar anorexia (85,1%), dolor periumbilical inicial (100%), vómitos después del dolor (83,9%) y migración del dolor al cuadrante inferior derecho (83,9%), siguiendo este orden de aparición [3].

En menores de 3 años predominan síntomas inespecíficos como vómitos (85-90%), dolor abdominal (35-81%), fiebre (40-60%), diarrea (18-46%), irritabilidad (35-40%) y síntomas respiratorios (40%). Mientras que en niños mayores de 4 años, la migración del dolor, sensibilidad en el cuadrante inferior derecho y fiebre  $>38^{\circ}\text{C}$  son más frecuentes.

La **exploración física** puede revelar dolor al movimiento con adopción de una postura antiálgica, fiebre baja ( $38\text{--}38,5^{\circ}\text{C}$ ), letargia o irritabilidad (en neonatos y lactantes) y signos de irritación peritoneal: es frecuente la sensibilidad en la FID (punto de McBurney), defensa muscular, rigidez abdominal, y signos clásicos como los de Rovsing, obturador, psoas y Blumberg.

La presentación clínica puede ser atípica, especialmente en menores de 5 años, lo que dificulta el diagnóstico y aumenta el riesgo de perforación [9].

### 2.2.2. PRUEBAS DE LABORATORIO

Pueden ayudar a aumentar o disminuir la probabilidad clínica de apendicitis en niños y orientar el enfoque diagnóstico, pero no se deben utilizar de forma aislada.

- **Leucocitosis (4.000-11.000/mm<sup>3</sup>) y neutrofilia (1.800-8.000/mm<sup>3</sup>, 42-76%):** Son los marcadores más usados, presentes en hasta el 96% de los casos. Una leucocitosis moderada (~15,000/mm<sup>3</sup>) es común, mientras que valores superiores a 18,000/mm<sup>3</sup> sugieren formas complicadas. Sin embargo, son poco específicos, ya que otras patologías también pueden elevar estos valores, y no se correlacionan con la severidad ni el nivel de complicación [10].
- **Proteína C reactiva (PCR) (<2.8 mg/L):** Su valor aislado es limitado, pero combinado con leucocitos mejora la sensibilidad diagnóstica (97%) [11]. Niveles muy elevados se asocian con apendicitis complicada, por lo que proporciona un valor predictivo de perforación [12].
- **Índice neutrófilos/linfocitos (INL) (3,5):** Se postula como un predictor inflamatorio superior a la PCR y al conteo leucocitario para determinar el diagnóstico y gravedad de apendicitis [13]. En la bibliografía consultada se define 3,5 como el punto de corte de INL más sensible y específico para el diagnóstico de apendicitis en la población pediátrica, mientras que valores de 6,5–8,0, predicen apendicitis complicada [14].

### 2.2.3. SCORES DIAGNÓSTICOS

Se han desarrollado diversos scores clínicos para facilitar el diagnóstico de apendicitis aguda y clasificar a los pacientes según su probabilidad de enfermedad. Estos sistemas son prácticos, no invasivos y fáciles de aplicar sin necesidad de amplia experiencia clínica. No obstante, la evidencia actual no demuestra que mejoren significativamente los resultados diagnósticos —como la reducción de perforaciones o apendicectomías negativas— en comparación con la valoración por clínicos expertos. Por ello, se recomienda emplearlos como herramientas de cribado que orienten la consulta quirúrgica y la indicación de pruebas de imagen, más que como métodos diagnósticos definitivos. A continuación, se describen los scores más usados en población pediátrica [3,15,16]:

**Pediatric appendicitis score (PAS):** es un score especialmente diseñado para niños. Hace uso de la historia clínica, el examen físico y los resultados de laboratorio para categorizar el riesgo de apendicitis en niños con dolor abdominal mediante una escala de 10 puntos que tiene en cuenta 8 parámetros (Figura 1) [17].

- Una puntuación **PAS ≤3** sugiere un riesgo bajo de apendicitis, permitiendo alta con observación.
- Una **PAS de 3 a 6** es indeterminada para apendicitis, recomendando pruebas adicionales como ecografía.

- Una puntuación **PAS  $\geq 7$**  indica un alto riesgo de apendicitis, requiriendo valoración quirúrgica urgente o imagen y probable cirugía.

**The Pediatric Appendicitis Score**

Item	Score (point)
Anorexia	1
Nausea or vomiting	1
Migration of pain	1
Fever >38°C (100.5°F)	1
Pain with cough, percussion or hopping	2
Right lower quadrant tenderness	2
White blood cell count >10,000 cells/microL	1
Neutrophils plus band forms >7500 cells/microL	1
<b>Total</b>	<b>10 points</b>

C: Centigrade; F: Fahrenheit.

Adapted from: Samuel M. Pediatric appendicitis score. J Pediatr Surg 2002; 37:877.



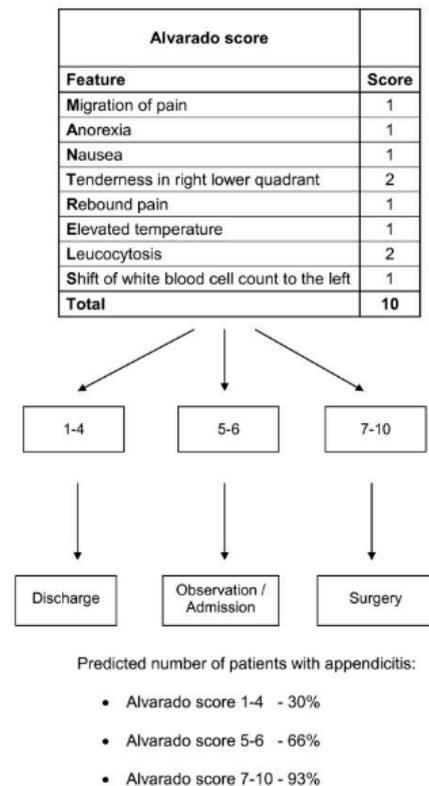
**Figura 1.** Pediatric Appendicitis Score (PAS). Fuente: [16].

**Score de Alvarado:**

También conocido como MANTRELS, estratifica el riesgo de apendicitis de los pacientes con dolor abdominal de 0 a 10 puntos según 8 criterios clínicos (Figura 2):

- **Alvarado 1-4:** bajo riesgo de apendicitis. Se recomienda dar el alta al paciente.
- **Alvarado 5-6:** probabilidad intermedia de padecer apendicitis. Se recomienda observación estrecha.
- **Alvarado 7-10:** alto riesgo de apendicitis. Indicación de apendicectomía.

Se ha establecido que un punto de corte de 5 es útil para descartar apendicitis y orientar la necesidad de pruebas de imagen en casos intermedios. Es el score más empleado en adultos y niños mayores, aunque su uso es menos fiable en menores de 5 años por síntomas inespecíficos [18]. En mujeres en edad fértil, para aumentar especificidad, se recomienda elevar el punto de corte a 7 en niñas mayores de 6 años, sacrificando sensibilidad [19].



Probability of appendicitis by the Alvarado score: risk strata and subsequent clinical management strategy. Copyright ©2011 Ohle et al; licensee BioMed Central Ltd.

**Figura 2.** Score de Alvarado. Fuente: [16]

#### 2.2.4. PRUEBAS DE IMAGEN

El uso sistemático de pruebas de imagen ha demostrado reducir las apendicectomías innecesarias, las complicaciones quirúrgicas y los costes sanitarios [20]. Están especialmente indicadas en casos con **sospecha moderada de apendicitis** (PAS 3–6, Alvarado 5–6), mientras que no se justifican en pacientes con baja probabilidad diagnóstica. Aunque no hay consenso sobre la técnica de imagen ideal, la **ecografía (US)** suele ser la primera elección, especialmente en niños y adolescentes, guiando el manejo posterior según sus hallazgos [21,22,23].

**Ecografía negativa:** si el apéndice se visualiza claramente y no presenta signos de inflamación, no se requieren pruebas adicionales.

**Ecografía positiva:** dada su alta sensibilidad y especificidad para la apendicitis (cuando se visualiza el apéndice, la precisión diagnóstica de la ecografía puede ser similar a la de la TC), se recomienda la valoración quirúrgica directa para realizar una apendicectomía, sin necesidad de otras pruebas de imagen. Asimismo, la no visualización del apéndice, junto con signos ecográficos secundarios sugestivos de apendicitis (figura 3), puede apoyar el diagnóstico o, en su ausencia, contribuir a descartarlo.

##### Ultrasonographic signs of acute appendicitis

Non-compressible tubular structure in the right lower quadrant
Wall thickness >2 mm
Overall diameter >6 mm
Free fluid in the right lower quadrant
Thickening of the mesentery
Localized tenderness with graded compression
Presence of a calcified appendicolith

Graphic 61146 Version 2.0

© 2025 UpToDate, Inc. and/or its affiliates. All Rights Reserved.

**Figura 3.** Hallazgos ecográficos de apendicitis aguda. *Fuente:* [16]

Cuando la ecografía no es diagnóstica (es decir, no se visualiza el apéndice y no hay hallazgos concluyentes), existen varias estrategias. Una opción es ingresar al paciente y realizar exploraciones clínicas seriadas, ya que la evolución en 12–24 horas puede aclarar el diagnóstico. Si persiste la duda, se puede repetir la ecografía o utilizar otras técnicas de imagen.

Entre estas, la **resonancia magnética (RM)** es preferible a la tomografía computarizada (TC) en niños y mujeres jóvenes, ya que ofrece una precisión diagnóstica similar sin exposición a radiación. La TC, aunque muy útil y usada, implica radiación, por lo que debe reservarse para casos seleccionados. Ambas técnicas comparten hallazgos diagnósticos (ver Figura A1, en Anexo A).

La radiografía simple de abdomen tiene un valor limitado en el diagnóstico de apendicitis, y solo se indica ante sospecha de obstrucción intestinal, pudiendo mostrar ocasionalmente signos secundarios como la presencia de un fecalito.

### 3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La apendicitis es la urgencia quirúrgica más frecuente en pediatría, afectando aproximadamente al 10 % de los niños con dolor abdominal en urgencias. No obstante, su diagnóstico continúa siendo complejo, especialmente en menores de 2 años, lo que conlleva un mayor riesgo de complicaciones graves como perforación o sepsis. Actualmente, el diagnóstico se basa en la clínica, pruebas analíticas e imagen, aunque ninguno de estos métodos es totalmente fiable por sí solo. Los marcadores inflamatorios (como leucocitos o PCR) y escalas como el score de Alvarado tienen limitaciones en cuanto a su precisión diagnóstica. Las pruebas de imagen, como la ecografía o la TC, pueden mejorar el diagnóstico, pero su uso sistemático se ve limitado por factores como el coste o la exposición a radiación.

En base a la problemática descrita, este estudio se diseña con el propósito de determinar si la ecografía presenta una mayor rentabilidad diagnóstica en la apendicitis aguda pediátrica en comparación con los marcadores inflamatorios y bioquímicos, tanto de forma individual como combinados con sistemas de puntuación clínica como el score de Alvarado. De confirmarse dicha hipótesis, los resultados podrían justificar una revisión de los protocolos diagnósticos actuales, proponiendo la ecografía como prueba inicial sistemática ante la sospecha de apendicitis. Esto permitiría reducir el número de apendicectomías negativas, así como las complicaciones quirúrgicas asociadas y la utilización innecesaria de recursos hospitalarios.

### 4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

#### 4.1. HIPÓTESIS

- **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** La ecografía abdominal presenta una capacidad diagnóstica similar a la obtenida mediante la combinación del score de Alvarado y los parámetros analíticos para el diagnóstico de apendicitis aguda en pacientes menores de 14 años con dolor en fosa ilíaca derecha.
- **Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** La ecografía abdominal presenta una capacidad diagnóstica superior a la obtenida mediante la combinación del score de Alvarado y los parámetros analíticos mencionados para el diagnóstico de apendicitis aguda en pacientes menores de 14 años con dolor en fosa ilíaca derecha.

#### 4.2. OBJETIVOS

**Objetivo general:** Evaluar la eficacia diagnóstica de la ecografía abdominal en la identificación de apendicitis aguda en la población pediátrica menor de 14 años.

### **Objetivos específicos:**

1. Analizar la capacidad diagnóstica y pronóstica del score de Alvarado, y compararla con la del Pediatric Appendicitis Score (PAS).
2. Determinar el valor diagnóstico individual de los marcadores inflamatorios y bioquímicos (leucocitosis, neutrofilia, proteína C reactiva e índice neutrófilo-linfocito) para la apendicitis aguda.
3. Comparar la precisión diagnóstica de la ecografía frente a la obtenida por el score de Alvarado y la obtenida por los parámetros analíticos, por separado.
4. Evaluar la eficacia diagnóstica de la ecografía en comparación con la combinación del score de Alvarado y los marcadores analíticos, para determinar su posible superioridad como herramienta diagnóstica inicial.

## **5. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **5.1. TIPO DE ESTUDIO**

Este estudio tiene un diseño retrospectivo basado en una base de datos prospectiva, que incluye a pacientes distribuidos en dos grupos paralelos.

### **5.2. PACIENTES Y GRUPOS DE ESTUDIO**

La muestra del estudio fue seleccionada por el Jefe del Servicio de Cirugía Pediátrica del Hospital Clínico Universitario de Valladolid. Se incluyeron 52 pacientes menores de 14 años que acudieron a urgencias con dolor en fosa ilíaca derecha o hipogastrio y sospecha de apendicitis aguda, cumpliendo todos los criterios de inclusión y ninguno de exclusión.

- **Criterios de inclusión:** Edad < 14 años con sospecha clínica de apendicitis aguda.
- **Criterios de exclusión:** Edad >14 años, enfermedad inflamatoria intestinal activa, traumatismo abdominal reciente, enfermedades hepáticas o hemolíticas, o necesidad de pruebas de imagen adicionales.

A todos los pacientes se les realizó anamnesis, exploración física, analítica y ecografía abdominal. Según el resultado, siguieron una de dos vías:

1. **Intervención quirúrgica urgente:** Tras diagnóstico confirmado o alta sospecha de apendicitis aguda. El apéndice extirpado fue remitido al Servicio de Anatomía Patológica para su examen posterior, confirmando así el diagnóstico definitivo de apendicitis aguda.
2. **Alta a domicilio:** En los que se descartó el diagnóstico de apendicitis aguda o la probabilidad de esta era baja.

Finalmente, los pacientes seleccionados fueron divididos en dos grupos:

- **Grupo A:** Pacientes que cumpliendo los criterios de inclusión y ninguno de exclusión presentaron un diagnóstico anatomopatológico confirmado de **apendicitis aguda**.
- **Grupo B:** Pacientes que cumpliendo los criterios de inclusión y ninguno de exclusión, habiendo sido operados o no, **no** presentaron **apendicitis aguda**.

De los 57 pacientes inicialmente seleccionados, 5 fueron excluidos por haber recibido otras técnicas de imagen. La muestra final quedó compuesta por 52 pacientes. De ellos, 28 fueron intervenidos inicialmente, confirmándose apendicitis en 26. De los 24 pacientes no intervenidos en primera instancia, 1 precisó cirugía posterior, confirmándose el diagnóstico.

### 5.3. PRUEBAS DIAGNÓSTICAS EVALUADAS

*Prueba diagnóstica a estudio:*

**Ecografía abdominal:** Realizada por radiólogos en el área de Urgencias Pediátricas. Cada ecografía fue clasificada como positiva, negativa o no concluyente para apendicitis aguda.

*Pruebas diagnósticas controles:*

1. **Score de Alvarado:** seleccionado por su amplio uso clínico y su validación en múltiples estudios.
2. **Pediatric Appendicitis Score (PAS):** incluido por ser otro sistema de referencia en población pediátrica, aunque de menor uso clínico.
3. **Leucocitos:** Se tomó como rango de normalidad  $4-10 \times 10^3/\text{mCL}$ .
4. **Neutrófilos:** valores normales entre 42–76 % o  $1.8-8 \times 10^3/\text{mCL}$  en cifras absolutas.
5. **Linfocitos:** Se usó como referencia de normalidad valores entre  $0,9-5,2 \times 10^3/\text{mCL}$ .
6. **Proteína C reactiva (PCR):** se consideró normal un valor  $<2,8 \text{ mg/L}$ .
7. **Índice neutrófilos/linfocitos (INL):** Se calculó dividiendo los valores absolutos de neutrófilos por los de linfocitos, tomando como valor de referencia 3,5.

Se tomaron como valores de referencia los proporcionados por el laboratorio del HUCV.

### 5.4. VARIABLES

*Variable principal:*

- **Área bajo la curva ROC (AUC):** Se utilizará para evaluar el rendimiento diagnóstico global de cada prueba analizada. Un AUC de 1 representa una capacidad diagnóstica perfecta, mientras que un valor de 0,5 indica ausencia de capacidad discriminativa, equivalente al azar.

*Variables secundarias:*

- **Sensibilidad (S):** Capacidad de una prueba diagnóstica para identificar correctamente a los pacientes que presentan apendicitis aguda.
- **Especificidad (E):** Capacidad de la prueba para clasificar adecuadamente como sanos a aquellos pacientes que no presentan apendicitis aguda.

- **Valor predictivo positivo (VPP):** Probabilidad de que un paciente con resultado positivo en una prueba diagnóstica realmente padezca apendicitis aguda.
- **Valor predictivo negativo (VPN):** Probabilidad de que un paciente con resultado negativo en una prueba diagnóstica no presente apendicitis aguda.
- **Razón de verosimilitud positiva (LR+):** Número de veces que un resultado positivo se observa en pacientes con apendicitis frente a los que no la presentan.
- **Razón de verosimilitud negativa (LR-):** Número de veces que un resultado negativo se observa en pacientes con apendicitis frente a los que no la presentan.
- **Edad:** expresada en años completos.
- **Sexo:** masculino o femenino

Una vez finalizada la recogida de los datos, estos serán incluidos en una base de datos, utilizando el programa Excel 2007 de Microsoft®, de forma disociada y totalmente anónima.

### 5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La muestra incluyó 52 pacientes. Las variables cuantitativas se describieron mediante media, desviación estándar, mediana, rango e IC del 95%. Las cualitativas se presentaron como frecuencias absolutas y relativas. Los parámetros analíticos (leucocitos, neutrófilos, PCR) se categorizaron según los valores de referencia del HCUV, y el score de Alvarado y el índice neutrófilo-linfocito según puntos de corte descritos en la literatura.

Se calcularon sensibilidad, especificidad, valores predictivos, razones de verosimilitud, índice de Youden y AUC. La asociación con el diagnóstico de apendicitis se evaluó mediante Chi-cuadrado. La normalidad se comprobó con el test de Shapiro-Wilk. Se diseñó un modelo de regresión logística binaria, y su rendimiento diagnóstico se comparó con la ecografía mediante el test de Hanley y McNeil. Se consideró significación estadística un valor de  $p < 0,05$ . El análisis se realizó con SPSS® (licencia UVa).

## 6. RESULTADOS

### 6.1. ESTUDIO UNIVARIANTE

En primer lugar, se realizó un análisis comparativo entre los pacientes con y sin apendicitis.

1. **Edad:** La media de edad en pacientes con apendicitis fue 8,72 años (mediana 9), y 9,92 años (mediana 10) en los que no la presentaron. No se hallaron diferencias estadísticamente significativas. Los casos complicados se asociaron a menor edad (media 6 años vs. 10,6), lo que sugiere mayor gravedad en niños más pequeños ( $p < 0,05$ , test de Mann-Whitney U).

2. **Sexo:** En el grupo con apendicitis, el 65% fueron varones, frente al 46,15% del grupo sin apendicitis. No se observaron diferencias significativas entre sexos en mi muestra ( $\chi^2 = 0,122$ ;  $p = 0,727$ , test de Chi-cuadrado de Pearson).
3. **Ecografía abdominal:** Mostró un excelente rendimiento diagnóstico: S 94,4%, E 90%, VPP 89%, VPN 94,5%, LR+ 9,78 y LR- 0,05. AUC: 0,922 (IC95%: 0,882–0,962) (ver Gráfica B1, en Anexo B).
4. **Leucocitosis:** Presentó S 80% y E 15%, con un VPP de 27% y VPN de 67%. La LR + fue de 0,95 y la LR- de 1,3. La exactitud diagnóstica fue baja (33%). AUC: 0,77 (IC95%: 0,67–0,87) (ver Gráfica B2, en Anexo B).
5. **Neutrofilia (%):** Mostró S 55,6%, E 72,7%, VPP 76,9%, VPN 50%, exactitud diagnóstica de 62,1%, LR + de 2,04 y LR- de 0,61, con AUC de 0,70 (IC95%: 0,50–0,90) (ver Gráfica B3, en Anexo B).
6. **PCR:** Mostró S 80%, E 25%, VPP 28,6%, VPN 75%, exactitud diagnóstica 39%. LR + de 1,04 y LR- de 0,87, AUC: 0,638 (IC95%: 0,219–1) (ver Gráfica B4, en Anexo B).
7. **Índice neutrófilos/linfocitos (INL):** Mostró S 73,3%, E 50%, VPP 68,8%, VPN 55,6%, exactitud diagnóstica 64%, LR + de 1,47 y LR- de 0,53, AUC: 0,67 (IC95%: 0,41–0,88) (ver Gráfica B5, en Anexo B).
8. **Score de Alvarado:** Para analizar la asociación entre la puntuación obtenida en el sistema de Alvarado y el diagnóstico de apendicitis aguda, se confeccionaron tablas de contingencia (ver tablas C1 y C2, en Anexo C). El score clasificó correctamente la mayoría de casos con puntuaciones  $\geq 7$ . Mostró S 70,8%, E 75,9%, VPP 71,7%, VPN 69,7%, exactitud diagnóstica 77,8%, LR+ 2,56, LR- 0,34. AUC: 0,872 (IC95%: 0,728–0,978) (ver Gráfica B6, en Anexo B).
9. **PAS:** Con punto de corte  $\geq 7$ , mostró S 62,5%, E 58,3%, VPP 66,7%, VPN 53,8%, exactitud diagnóstica 60,7%, LR+ de 1,5 y LR- de 0,64. AUC de 0,721 (IC95%: 0,555–0,887) (ver Gráfica B7, en Anexo B).

## 6.2. ANÁLISIS MULTIVARIANTE: MODELO PREDICTIVO

Se realizó una regresión logística binaria para identificar las variables con mayor valor predictivo en el diagnóstico de apendicitis aguda. El modelo final incluyó tres factores de riesgo independientes y estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ): score de Alvarado  $\geq 7$ , PCR  $\geq 2,8$  mg/L y leucocitosis. Estos se asociaron con un aumento del riesgo de apendicitis de 3,73, 3,04 y 4,31 veces, respectivamente. El **modelo predictivo** resultante presentó una S del 75%, E del 69,9%, VPP del 75%, VPN del 70% y exactitud diagnóstica del 75%. La LR+ fue 2,60 y la LR-, 0,44. Su capacidad discriminativa, medida por el AUC, fue de 0,82 (IC95%: 0,76–0,88) (ver Gráfica B8, en Anexo B, y tabla C3 en Anexo C).

### 6.3. COMPARACIÓN: ECOGRAFÍA Y PARÁMETROS CLÍNICOS Y ANALÍTICOS

La comparación entre la ecografía abdominal y diversos parámetros clínico-analíticos mostró una clara superioridad de la primera en términos de rentabilidad diagnóstica. La ecografía obtuvo la mayor sensibilidad (94,4%) y especificidad (90%), superando a todas las demás pruebas. Le siguieron la leucocitosis y la PCR  $\geq 2,8$  mg/L (ambas con una sensibilidad del 80%), aunque con especificidades muy inferiores (<60%). En cuanto a los scores clínicos, el Alvarado  $\geq 7$  mostró una buena especificidad (75,9%) y un rendimiento global aceptable (VPP: 71,7%; VPN: 69,7%).

Los valores predictivos más altos también correspondieron a la ecografía (VPP: 89%; VPN: 94,5%), mientras que el resto de las pruebas presentaron VPP y VPN considerablemente menores. La neutrofilia, en particular, tuvo un VPN de solo el 50%. En cuanto a las razones de verosimilitud, la ecografía mostró una LR+ de 9,78 y una LR- de 0,05, lo que la convierte en una herramienta muy útil tanto para confirmar como para descartar apendicitis. Las demás pruebas presentaron valores de LR+ entre 0,9 y 2,56 y LR- entre 0,34 y 1,3, lo que limita su aplicabilidad diagnóstica de forma aislada (*ver tabla C4 en Anexo C*).

### 6.4. COMPARACIÓN: ECOGRAFÍA Y EL MODELO PREDICTIVO

Se comparó el rendimiento diagnóstico del modelo predictivo frente a la ecografía abdominal. Esta última fue superior en todos los parámetros: mayor sensibilidad (94,4% vs. 75%), especificidad (90% vs. 69,9%), VPP (89% vs. 75%), VPN (94,5% vs. 70%) y exactitud (91,9% vs. 75%). También presentó mejores cocientes de verosimilitud (LR+: 9,78 vs. 2,60; LR-: 0,05 vs. 0,44). La AUC de la ecografía fue significativamente mayor (0,922 vs. 0,820), diferencia confirmada con el test de Hanley-McNeil ( $p < 0,05$ ), lo que evidencia su superior capacidad discriminativa (*ver Gráfica B9, en Anexo B*).

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Interpretación crítica de los resultados obtenidos

Nuestros datos muestran que la ecografía abdominal obtuvo la mayor capacidad diagnóstica para apendicitis aguda (sensibilidad 94,4%, especificidad 90%, AUC 0,922), superando notablemente el rendimiento de marcadores clínico-analíticos (recuento de leucocitos, PCR, índice neutrófilo-linfocito) y de los scores clínicos (Alvarado, PAS). Este hallazgo coincide con la tendencia descrita en la bibliografía de que la ecografía es una herramienta muy eficaz. Por ejemplo, un meta-análisis reciente indicó una sensibilidad agrupada del 81% y especificidad del 87% (AUC 0,925) [24]. Nuestra sensibilidad (94,4%) incluso supera esos valores, lo que sugiere que en nuestro centro la ecografía se realizó con gran acierto diagnóstico. En cambio, los marcadores inflamatorios por separado suelen

tener valores moderados: estudios previos han registrado sensibilidades de la PCR alrededor del 75% [25], y recuentos leucocitarios elevados o neutrofilia también muestran solo sensibilidades de 70–85%. De igual modo, la capacidad de los scores es intermedia: en niños, la puntuación de Alvarado ha mostrado una sensibilidad combinada de aproximadamente 76% y especificidad de 71% [26], y aunque el PAS a veces presenta sensibilidades elevadas (alrededor de 80%), su precisión global no alcanza la de la ecografía en nuestra serie. En conjunto, estos resultados apoyan que en la práctica nuestra ecografía – con un AUC de 0,922 – proporciona una capacidad diagnóstica muy superior a la de los marcadores analíticos aislados y a los scores clínicos convencionales.

## 7.2. Comparación con la literatura científica

Nuestros hallazgos coinciden con numerosos estudios recientes. Varios meta-análisis confirman la alta eficacia de la ecografía en el diagnóstico de apendicitis, especialmente en niños. Por ejemplo, la revisión de Schmiede Kamp et al. (2023) reportó que la ecografía al ingreso en Urgencias tiene sensibilidad alrededor de 80–90% y especificidad 86–95% [24], resultados similares a los de nuestro estudio. En contraste, análisis recientes señalan que los marcadores solos (PCR, leucocitos, NLR) tienen un poder diagnóstico limitado, y los scores validados (Alvarado, PAS, AIR) alcanzan sensibilidades cercanas al 75–90% pero con menor especificidad [26,27]. Destaca el score de Respuesta Inflamatoria de Apendicitis (AIR), que incluye PCR, ya que ha mostrado sensibilidad ~92% y especificidad ~63% en adultos [27], aunque su AUC (~0,810) es inferior al de la ecografía.

En estudios comparativos, la combinación de técnicas mejora la precisión. Por ejemplo, Zouari et al. encontraron que sumar ecografía al Alvarado aumenta significativamente los valores predictivos (incrementa notablemente VPP y VPN) [28]. De modo análogo, Tayebi et al. (2023) hallaron que usar métodos combinados (Alvarado, PCR y ecografía juntos) fue **significativamente más preciso** que cualquiera por separado [29]; su sensibilidad con el modelo combinado Alvarado+PCR+ecografía fue de 94,2% y su precisión diagnóstica 81,5%, superiores a las de los métodos individuales [29]. Estos estudios corroboran que nuestro resultado (ecografía de alta sensibilidad) está en línea con la evidencia actual, y subrayan la sinergia de integrar marcadores analíticos y hallazgos de imagen para mejorar el diagnóstico.

## 7.3. Rol de la ecografía en urgencias pediátricas

La ecografía abdominal cumple un rol clave en el manejo de la apendicitis pediátrica. Es la primera modalidad de imagen recomendada en casi todos los protocolos, debido a que es no invasiva, de bajo costo y no implica radiación ionizante [30]. Además, es portátil y accesible en Urgencias, lo que permite un diagnóstico rápido sin exponer a los niños a los

riesgos de la TAC. En nuestro entorno, la ecografía alcanzó excelente rendimiento, lo que respalda su uso como prueba inicial. Estudios de costo-efectividad apuntan que, especialmente en pacientes con probabilidad moderada de apendicitis, la estrategia más rentable es iniciar con ecografía y recurrir a TAC sólo si la ecografía no visualiza el apéndice pero hay signos secundarios de inflamación [31]. Similarmente, Pershad et al. demostraron que la ecografía aplicada a **todos** los niños sospechosos fue la estrategia más costo-efectiva [32]; de hecho, usar sólo un score clínico con ecografía selectiva mejora la precisión diagnóstica a costa de un costo moderadamente superior. La ecografía presenta también ventajas operativas: es ampliamente disponible, genera imágenes en tiempo real y puede realizarse de urgencia sin demoras [30]. En casos atípicos (por ejemplo, cuadros inflamatorios con localización de dolor indefinida) la ecografía ayuda a buscar alternativas diagnósticas, como linfadenitis mesentérica o patología ginecológica. Esto reduce falsos negativos y evita cirugías innecesarias. Su alto valor predictivo positivo en un estudio inicial (cuando ecografía es claramente positiva, puede evitar la TAC) permite tomar decisiones rápidas de tratamiento con confianza. En suma, la ecografía se posiciona como prueba inicial de elección en los protocolos de dolor abdominal agudo pediátrico, optimizando la relación costo-beneficio y minimizando la radiación [30,31].

#### **7.4. Análisis del modelo predictivo combinado (puntuación + marcadores)**

Nuestro estudio exploró un modelo combinado que integra un score clínico (por ejemplo, Alvarado o PAS) con marcadores inflamatorios (PCR, recuento, INL, etc.). Este enfoque se alinea con trabajos recientes que buscan mejorar la exactitud diagnóstica mediante modelos integrados. Por ejemplo, el score AIR ya combina síntomas y PCR con buenos resultados en adultos [27]. En pediatría, Alhames et al. observaron que agregar PCR al Alvarado incrementa la precisión diagnóstica [33]. Nuestra combinación mostró mejoras en sensibilidad y precisión respecto al score solo. Esto coincide con las conclusiones de Tayebi et al.: el uso simultáneo de Alvarado+PCR fue más preciso que Alvarado+ecografía, e incluso similar en rendimiento a PCR+ecografía [29].

En comparación con estudios similares, nuestros resultados son prometedores. El modelo "BIDIAP" recientemente propuesto (que incluye varios biomarcadores) alcanzó sensibilidad ~99% y especificidad ~78% en una cohorte pediátrica [33]. De forma parecida, enfoques de inteligencia artificial basados en marcadores de sangre han logrado accuracies alrededor del 83–85% [33]. Sin embargo, conviene matizar que la literatura indica que combinar varios marcadores analíticos suele mejorar ligeramente la AUC, pero sin saltos espectaculares. Por ejemplo, Zhong et al. hallaron que la incorporación simultánea de diversos biomarcadores (PCR, INL, etc.) aumenta el diagnóstico, pero la ganancia en AUC no fue estadísticamente significativa [33]. Por ello, nuestras mejoras son coherentes con la

bibliografía: reforzar un score con PCR o INL suele elevar la sensibilidad a costa de cierta caída en especificidad, mejorando el poder predictivo neto [28,29]. En la práctica, estos modelos combinados podrían usarse para estratificar pacientes (por ejemplo, descartar con seguridad casos de bajo riesgo) y decidir quién requiere imagen o cirugía.

### **7.5. Implicaciones clínicas y protocolos asistenciales**

Los resultados apuntan a varias consecuencias clínicas importantes. Primero, subrayan que la ecografía debe emplearse de forma prioritaria en los protocolos de sospecha de apendicitis en niños, lo cual puede reducir la necesidad de TC y el riesgo de radiación a largo plazo. Dado el alto valor predictivo de la ecografía positiva, en muchos casos se podrá indicar cirugía directamente evitando retrasos. Por otro lado, la combinación de score clínico y marcadores podrá refinar la estratificación de riesgo: pacientes con score bajo más marcadores normales podrían ser observados sin imagen complementaria, mientras que los de alto riesgo tendrían indicación directa de intervención o de imagen avanzada. Nuestro modelo combinado podría incorporarse al algoritmo de decisión en Urgencias para optimizar el flujo clínico.

Asimismo, estos hallazgos podrían influir en protocolos institucionales de atención. Por ejemplo, promover la formación en ecografía para pediatras de Urgencias (ecografía focalizada en el apéndice) mejoraría aún más la detección precoz. Al validar la alta fiabilidad de la ecografía, los hospitales pueden priorizar recursos de imagen hacia este método y definir rutas asistenciales en las que la ecografía sea el primer paso (seguida de TAC o vigilancia según el caso) [30,31]. Finalmente, al conocer la sensibilidad de nuestros marcadores clínicos en combinación, se podrían ajustar protocolos diagnósticos: por ejemplo, un Alvarado  $\geq 9$  en un niño con PCR elevada reforzaría el diagnóstico, mientras que valores bajos apoyarían la observación activa. En conjunto, nuestro estudio respalda ajustes en la toma de decisiones terapéuticas: menos exploraciones diagnósticas innecesarias, menor tasa de apendicectomías negativas y atención más coste-efectiva.

Respaldado por todo lo anterior, se propone modificar el protocolo de Urgencias del Hospital Clínico Universitario de Valladolid para que la ecografía abdominal sea la prueba de primera línea en niños con dolor en FID. En la *figura A2 del Anexo A* se expone una propuesta que se podría implementar como algoritmo diagnóstico de apendicitis en Urgencias.

### **7.6. Fortalezas, limitaciones y futuras líneas de investigación**

Este estudio presenta limitaciones inherentes a su diseño retrospectivo, como posibles sesgos de selección y dependencia de la calidad de los registros clínicos. Al tratarse de un estudio unicéntrico con un tamaño muestral limitado, la generalización de los resultados a otras poblaciones o entornos puede verse comprometida. La ecografía, además, es una

técnica operador-dependiente, lo que introduce variabilidad interobservador que puede afectar su reproducibilidad. No se evaluó la aplicación del modelo diagnóstico en tiempo real ni se validó prospectivamente frente a otras técnicas de imagen (como TAC o RM). Por último, aunque la ecografía puede presentar falsos negativos (por no visualización del apéndice) y falsos positivos (por hallazgos inespecíficos), la baja tasa de error observada en este trabajo respalda su fiabilidad como herramienta diagnóstica de primera línea en pediatría.

Para futuras investigaciones se plantean varias vías: realizar **estudios prospectivos y multicéntricos** que confirmen estos hallazgos en poblaciones más amplias. Sería valioso incorporar nuevos biomarcadores emergentes (por ejemplo, NGAL, IL-6 u otros identificados en estudios recientes) y evaluar **algoritmos de aprendizaje automático** que integren historia clínica, laboratorio y ecografía, dada la promesa de modelos inteligentes actuales [33]. También conviene explorar la ecografía por pediatras vs radiólogos para medir la variabilidad operativa, y realizar análisis de coste-efectividad local con nuestros datos. En definitiva, se deben validar los modelos predictivos combinados en cohortes independientes y desarrollar guías clínicas actualizadas que incorporen estos resultados, con el fin de optimizar el diagnóstico y tratamiento de la apendicitis en pediatría.

Además, como tema de actualidad, es importante mencionar cómo la incorporación del análisis asistido por IA mediante el desarrollo de modelos de aprendizaje automático (ML) y deep learning aplicados a imagen médica abre nuevas posibilidades para mejorar la precisión y reproducibilidad de la ecografía en apendicitis pediátrica. Algoritmos de segmentación automática podrían identificar y medir el diámetro apendicular, el grosor de la pared y el líquido periapendicular de forma objetiva, reduciendo la variabilidad operador-dependiente. Modelos de clasificación entrenados con grandes bases de datos anotadas podrían generar un “score de sospecha” basado en texturas y patrones ecográficos sutiles que escapan al ojo humano, acelerando el diagnóstico en momentos de alta carga asistencial. Además, la integración de sistemas de IA en el flujo de trabajo de Urgencias —por ejemplo, un asistente que resalte en tiempo real las imágenes con hallazgos sugestivos y alerte al radiólogo o pediatra— podría acortar los tiempos de informe y disminuir la tasa de falsos negativos. Para validar su utilidad, sería necesario un estudio prospectivo multicéntrico que compare el rendimiento de la ecografía convencional frente a la ecografía asistida por IA, evaluando métricas como la AUC, la sensibilidad y la especificidad, así como el impacto en tiempos de espera y costes hospitalarios. Un ejemplo destacado es el estudio de Christiansen et al. publicado en Nature Medicine en enero de 2025, titulado “International multicenter validation of AI-driven ultrasound detection of ovarian cancer” [35].

## 8. CONCLUSIONES

Tras la realización del estudio y a la vista de los resultados obtenidos, podemos deducir las siguientes conclusiones:

1. La ecografía abdominal mostró una excelente capacidad tanto predictiva como discriminativa en el diagnóstico de apendicitis aguda.
2. Al compararla con el score de Alvarado, la ecografía obtuvo mejores resultados diagnósticos, con menor tasa de falsos positivos y negativos.
3. También superó a los marcadores inflamatorios individuales evaluados (leucocitos, porcentaje de neutrófilos, PCR, índice neutrófilo/linfocito) en precisión diagnóstica.
4. Incluso frente al modelo predictivo que combinaba el score de Alvarado con las pruebas analíticas, la ecografía mantuvo un rendimiento superior en términos de capacidad diagnóstica y poder de discriminación.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Barlow A, Muhleman M, Gielecki J, Matusz P, Tubbs RS, Loukas M. The vermiform appendix: a review . *Clin Anat.* 2013 Oct;26(7):833-42. doi: 10.1002/ca.22269. PMID: 23716128.
2. Wakeley CP. The position of the vermiform appendix as ascertained by an analysis of 10,000 cases. *J Anat.* 1933;67(Pt 2):277–83.
3. Bundy DG, Byerley JS, Liles EA, Perrin K, Katznelson J, Rice HE. Does this child have appendicitis? *JAMA.* 2007 Jul 25;298(4):438–51. doi: 10.1001/jama.298.4.438. PMID: 17652296.
4. Rabah R. Pathology of the appendix in children: an institutional experience and review of the literature. *Pediatr Radiol.* 2007 Jan;37(1):15-20. doi: 10.1007/s00247-006-0288-x. PMID: 17031635.
5. Lamps LW. Appendicitis and infections of the appendix. *Semin Diagn Pathol.* 2004 May;21(2):86-97. doi: 10.1053.
6. Scholer SJ, Pituch K, Orr DP, Dittus RS. Clinical outcomes of children with acute abdominal pain. *Pediatrics.* 1996 Oct;98(4 Pt 1):680-5. PMID: 8885946.
7. Leach NS, McGowan MS, McGowan J, et al. Appendicitis in preschool aged children: Regression analysis of factors associated with perforation outcome. *J Pediatr Surg.* 2015;50(6):1020–1024. doi:10.1016/j.jpedsurg.2015.03.029. PMID: 25783356.
8. He K, Cramm SL, Rangel SJ. Contemporary epidemiology of and risk factors associated with removal of a pathologically normal appendix in children with

- suspected appendicitis. *J Pediatr Surg.* 2023 Sep;58(9):1613-1617. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2023.04.002. PMID: 37130766.
9. Nelson DS, Bateman B, Bolte RG. Appendiceal perforation in children diagnosed in a pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care.* 2000 Aug;16(4):233–7. doi:10.1097/00006565-200008000-00004. PMID: 10966339.
  10. Rothrock SG, Pagane J. Acute appendicitis in children: emergency department diagnosis and management. *Ann Emerg Med.* 2000 Jul;36(1):39-51. doi:10.1067/mem.2000.105658. PMID: 10874234.
  11. Fawkner-Corbett D, Hayward G, Alkhmees M, Van Den Bruel A, Ordóñez-Mena JM, Holtman GA. Diagnostic accuracy of blood tests of inflammation in paediatric appendicitis: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2022 Nov 3;12(11):e056854. doi:10.1136/bmjopen-2021-056854. PMID: 36328382; PMCID: PMC9639107.
  12. Wu HP, Lin CY, Chang CF, Chang YJ, Huang CY. Predictive value of C-reactive protein at different cutoff levels in acute appendicitis. *Am J Emerg Med.* 2005 Jul;23(4):449–53. doi:10.1016/j.ajem.2004.10.013. PMID: 16032609.
  13. Kahramanca S, Ozgehan G, Seker D, Gökce EI, Seker G, Tunç G, Küçükpınar T, Kargıcı H. Neutrophil-to-lymphocyte ratio as a predictor of acute appendicitis. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2014 Jan;20(1):19–22. doi:10.5505/tjtes.2014.20688. PMID: 24639310.
  14. Sipra MA, Kothari M, Almakki AA, Diakatou E, Ahmed D, Ansari GA, Alsaeed MM, Alhayek AA. The predictive value of neutrophil-to-lymphocyte ratio to diagnose acute appendicitis and grade its severity. *J Pediatr Adolesc Surg.* 2022;2(1):19–23.
  15. Lintula H, Pesonen E, Kokki H, Vanamo K, Eskelinen M. A diagnostic score for children with suspected appendicitis. *Langenbecks Arch Surg.* 2005;390:164-170. doi:10.1007/s00423-005-0545-8.
  16. Taylor GA, Brandt ML, López ME. Apendicitis aguda en niños: Diagnóstico por imagen [Internet]. UpToDate. Waltham (MA): UpToDate Inc.; última actualización: 6 de septiembre de 2024 [citado el 25 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://www.uptodate.com>
  17. Goulder F, Simpson T. Pediatric appendicitis score: A retrospective analysis. *J Indian Assoc Pediatr Surg.* 2008 Oct;13(4):125-7. doi:10.4103/0971-9261.44761. PMID: 20011493; PMCID: PMC2788473.
  18. Ohle R, O'Reilly F, O'Brien KK, Fahey T, Dimitrov BD. The Alvarado score for predicting acute appendicitis: a systematic review. *BMC Med.* 2011 Dec 28;9:139. doi: 10.1186/1741-7015-9-139. PMID: 22204638; PMCID: PMC3299622.

19. Hernández Valdés JA, Ramírez Pérez JC, Ramírez Ramírez ME, Chacón Domínguez MI. La escala de Alvarado para la apendicitis aguda pediátrica en grupos de edad y sexo. *Rev Cubana Pediatr* [Internet]. 2020 92(3):e963. Disponible en: <https://revpediatria.sld.cu/index.php/ped/article/view/963>
20. Lahaye MJ, Lambregts DM, Mutsaers E, Essers BA, Breukink S, Cappendijk VC, et al. Mandatory imaging cuts costs and reduces the rate of unnecessary surgeries in the diagnostic work-up of patients suspected of having appendicitis. *Eur Radiol*. 2015 May;25(5):1464-70. doi: 10.1007/s00330-014-3531-0. PMID: 25591748.
21. Debnath J, George RA, Ravikumar R. Imaging in acute appendicitis: What, when, and why? *Med J Armed Forces India*. 2017 Jan;73(1):74-79. doi: 10.1016/j.mjafi.2016.02.005. PMID: 28123249; PMCID: PMC5221358.
22. American College of Radiology (ACR). Sospecha de apendicitis – Niño. Variante 2: Niño, sospecha de apendicitis aguda, riesgo intermedio, imagenología inicial. Criterios de Adecuación del Colegio Americano de Radiología (ACR); 2018 [Internet]. Disponible en: <https://acsearch.acr.org/docs/3105874/Narrative/>.
23. Zhang H, Liao M, Chen J, Zhu D, Byanju S. Ultrasound, computed tomography or magnetic resonance imaging – which is preferred for acute appendicitis in children? A meta-analysis. *Pediatr Radiol*. 2017 Feb;47(2):186-196. doi: 10.1007/s00247-016-3727-3. PMID: 27815615.
24. Cho SU, Oh SK. Accuracy of ultrasound for the diagnosis of acute appendicitis in the emergency department: a systematic review. *Medicine (Baltimore)*. 2023;102(13):e33397. doi:10.1097/MD.00000000000033397.
25. Aguirre GA, Falla A, Sánchez W. Correlación de los marcadores inflamatorios (proteína C reactiva, neutrofilia y leucocitosis) en las diferentes fases de la apendicitis aguda. *Rev Cienc Cuid*. 2021;18(3):e407. doi:10.30944/20117582.407.
26. Bai S, Hu S, Zhang Y, Guo S, Zhu R, Zeng J. The value of the Alvarado score for the diagnosis of acute appendicitis in children: a systematic review and meta-analysis. *J Pediatr Surg*. 2023;58(10):1886–1892. doi:10.1016/j.jpedsurg.2023.02.060. PMID: 36966018.
27. Di Saverio S, Podda M, De Simone B, Ceresoli M, Augustin G, Gori A, et al. Diagnosis and treatment of acute appendicitis: 2020 update of the WSES Jerusalem guidelines. *World J Emerg Surg*. 2020;15:27. doi:10.1186/s13017-020-00306-3.
28. Zouari M, Jallouli M, Louati H, Kchaou R, Chtourou R, Kotti A, et al. Predictive value of C-reactive protein, ultrasound and Alvarado score in acute appendicitis: a prospective pediatric cohort. *Am J Emerg Med*. 2016;34(2):189–192. doi:10.1016/j.ajem.2015.10.004.

29. Tayebi A, Olamaeian F, Mostafavi K, Khosravi K, Tizmaghz A, Bahardoust M, Zakaryaei A, Mehr DE. Assessment of Alvarado criteria, ultrasound, CRP, and their combination in patients with suspected acute appendicitis: a single centre study. *BMC Gastroenterol.* 2024;24(1):243. doi:10.1186/s12876-024-03333-5.
30. Yee KM. AJR: Using ultrasound 1st for appendicitis saves money. AuntMinnie.com. 2014 Jan 13. Disponible en: [auntminnie.com](http://auntminnie.com).
31. Jennings R, Guo H, Goldin A, Wright DR. Cost-effectiveness of imaging protocols for suspected appendicitis. *Pediatrics.* 2020;145(2):e20191352. doi:10.1542/peds.2019-1352.
32. Pershad J, Waters TM, Langham MR Jr, Li T, Huang EY. Cost-effectiveness of diagnostic approaches to suspected appendicitis in children. *J Am Coll Surg.* 2015;220(4):738–746. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2014.12.019.
33. Alhames K, Martín-Sánchez F, Ruiz-Artacho P, Ayuso F, Trenchs V, Zarate M, et al. Diagnostic accuracy of combining C-reactive protein and Alvarado Score among 2-to-20-year-old patients with suspected acute appendicitis presenting to Emergency Departments. *Rev Esp Quimioter.* 2021;34(2):135–142. doi:10.37201/req/008.2021.
34. Torun M, Subaşı İE, Özbay DK, Yılmaz M, Şenol M, Demirtaş B, et al. Utilizing non-invasive biomarkers for early and accurate differentiation of uncomplicated and complicated acute appendicitis: a retrospective cohort analysis. *Sci Rep.* 2025;15:6177. doi:10.1038/s41598-025-90591-2.
35. Christiansen F, Konuk E, Ganeshan AR, Welch R, Palés Huix J, Czekierdowski A, et al. International multicenter validation of AI-driven ultrasound detection of ovarian cancer. *Nat Med.* 2025 Jan;31(1):189–196. doi:10.1038/s41591-024-03329-4

## 10. ANEXO

### A. Anexo A: Figuras diagnósticas

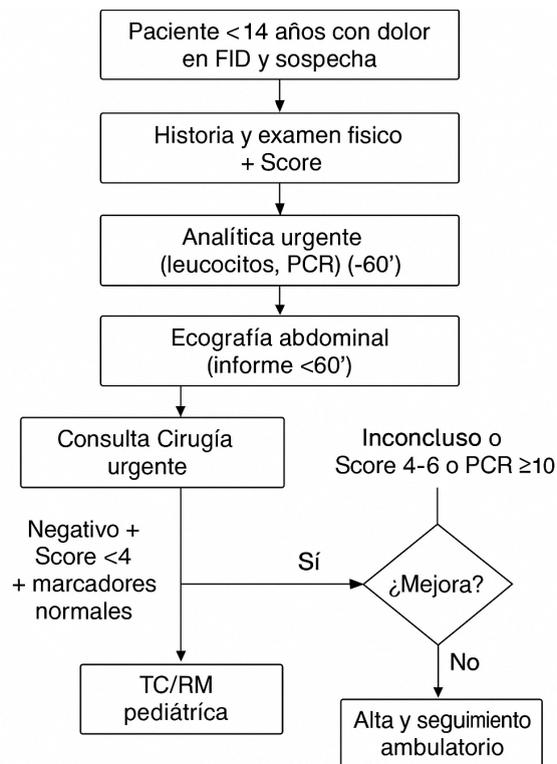
#### Computed tomography and magnetic resonance imaging signs of acute appendicitis

Wall thickness >2 mm
Appendicolith
Enlargement of the appendix
Target sign (concentric thickening of the appendiceal wall)
Phlegmon
Abscess
Free fluid
Thickening of the mesentery, fat stranding (peri-appendiceal inflammation)

Graphic 58384 Version 3.0

© 2025 UpToDate, Inc. and/or its affiliates. All Rights Reserved.

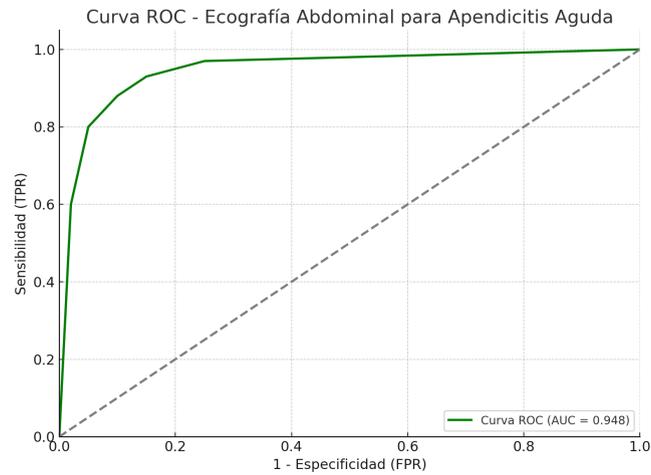
**Figura A1.** Signos de apendicitis aguda en la Tomografía Computerizada (TC) y la Resonancia Magnética (RM). *Fuente: [16].*



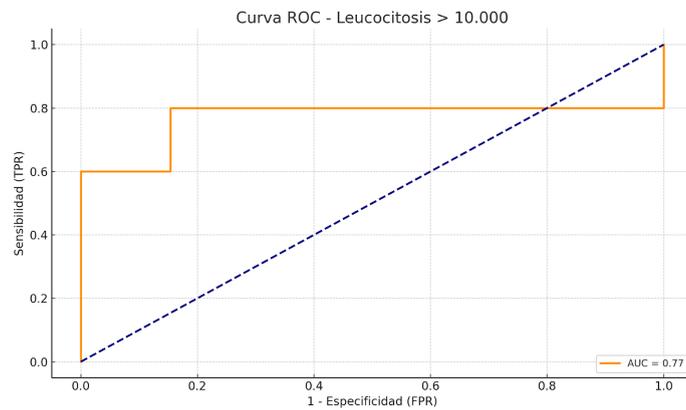
**Figura A2.** Protocolo diagnóstico integrado de apendicitis aguda pediátrica en Urgencias: pasos secuenciales desde el triaje y evaluación clínica (score) hasta analítica urgente y ecografía abdominal, con rutas de decisión basadas en hallazgos positivos, negativos o inconclusos (score, PCR), e indicaciones para cirugía urgente, observación o pruebas de imagen avanzadas (TC/RM pediátrica). *Elaboración propia.*

## B. Anexo B: Gráficas estadísticas

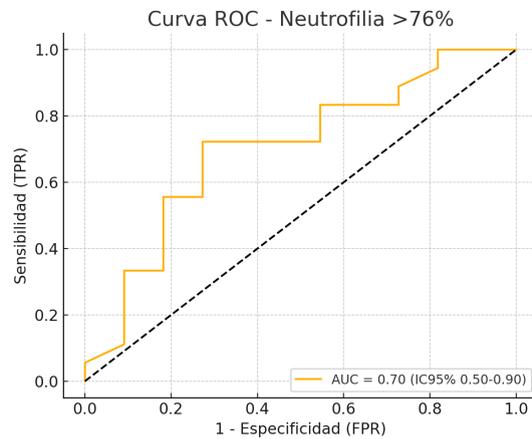
Todas las gráficas han sido elaboradas por la autora a partir de los datos obtenidos en el estudio.



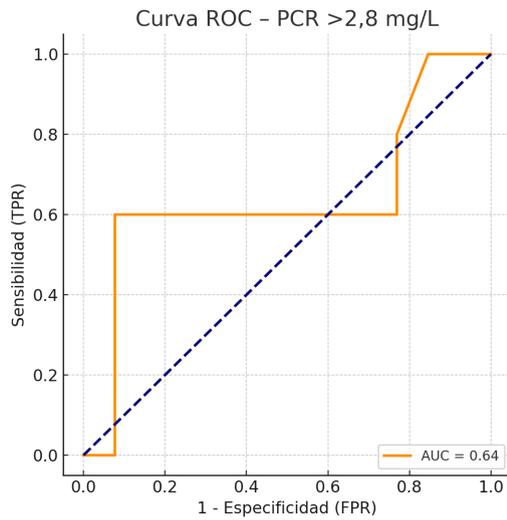
**Gráfica B1.** Curva ROC de la Ecografía abdominal para el diagnóstico de apendicitis aguda.



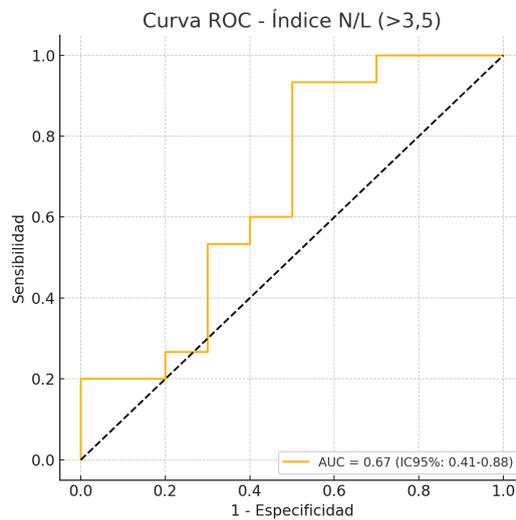
**Gráfica B2.** Curva ROC de la leucocitosis para el diagnóstico de apendicitis aguda.



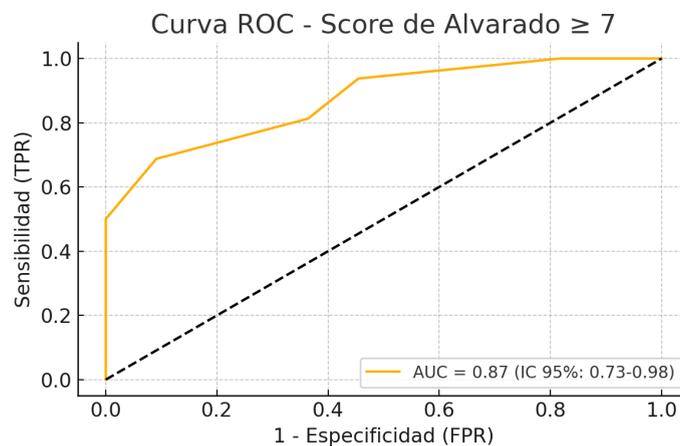
**Gráfica B3.** Curva ROC de la neutrofilia para el diagnóstico de apendicitis aguda.



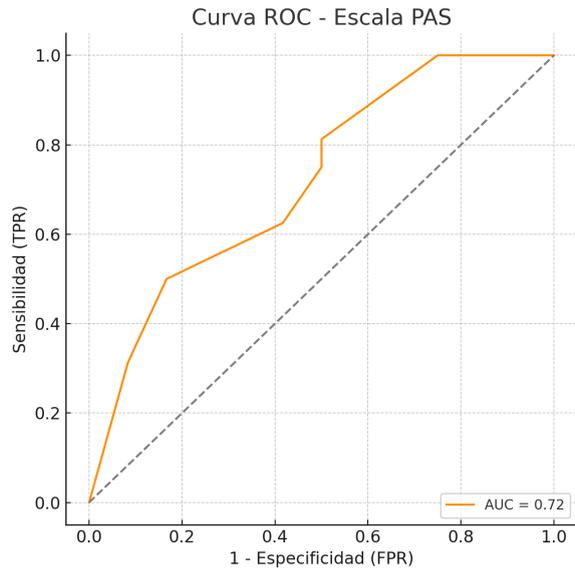
**Gráfica B4.** Curva ROC de los niveles de PCR para el diagnóstico de apendicitis aguda.



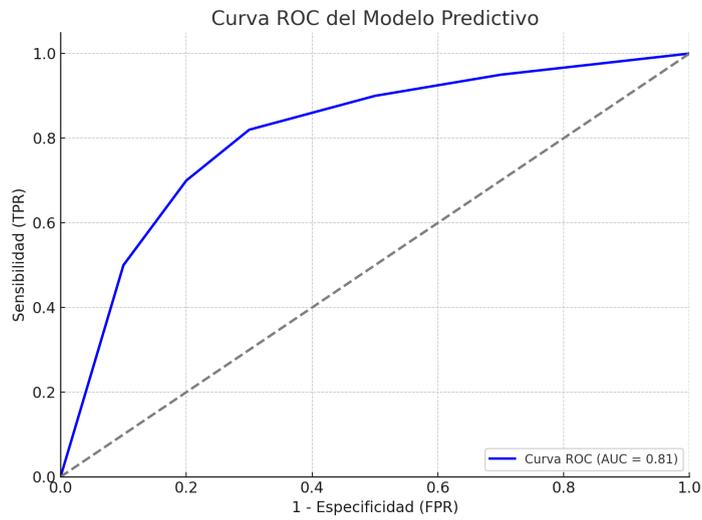
**Gráfica B5.** Curva ROC del INL para el diagnóstico de apendicitis.



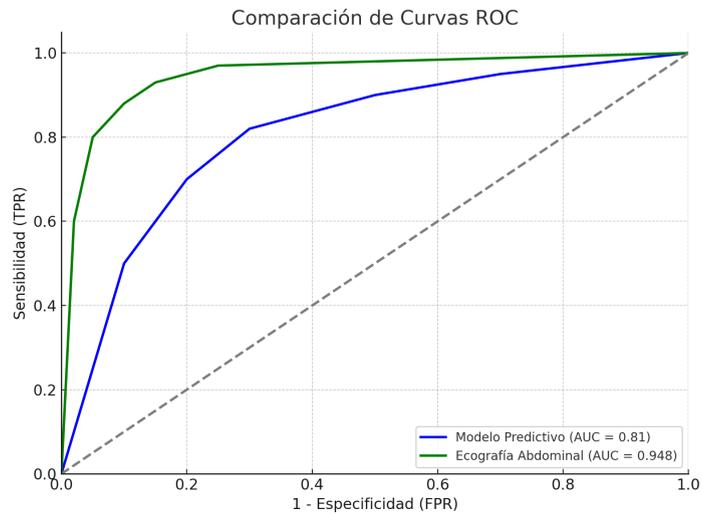
**Gráfica B6.** Curva ROC del score de Alvarado de 7 o superior para el diagnóstico de apendicitis.



**Gráfica B7.** Curva ROC de la escala PAS de 7 o superior para el diagnóstico de apendicitis



**Gráfica B8.** Curva ROC correspondiente al modelo predictivo para el diagnóstico de apendicitis aguda.



**Gráfica B9.** Comparación curva ROC de la ecografía -verde- con la curva ROC del modelo predictivo -azul-.

C. Anexo C: Tablas

Todas las tablas han sido elaboradas por la autora a partir de los datos del estudio.

Riesgo según Alvarado	Apendicitis	No Apendicitis	Total
Bajo ( $\leq 4$ )	1	8	9
Intermedio (5–6)	6	11	17
Alto ( $\geq 7$ )	19	7	26
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>52</b>

Riesgo según Alvarado	% con Apendicitis	% sin Apendicitis
Bajo ( $\leq 4$ )	11,1%	88,9%
Intermedio (5–6)	35,3%	64,7%
Alto ( $\geq 7$ )	<b>73,1%</b>	<b>26,9%</b>

**Tablas C1 y C2.** Tablas de contingencia absoluta (frecuencia) y relativa (porcentajes) de la distribución de los pacientes con y sin apendicitis en función del score de Alvarado.

Variable	OR	IC 95% OR	p-valor
PCR $\geq 2,8$ mg/L	3,04	1,21 – 7,61	0,018
Leucocitosis ( $>10.000/\mu\text{L}$ )	4,31	1,65 – 11,25	0,003
Score de Alvarado $\geq 7$	3,73	1,45 – 9,60	0,006

**Tabla C3:** Análisis de regresión logística binaria del modelo predictivo.

Parámetro diagnóstico	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	VPP (%)	VPN (%)	LR+	LR-
<b>Ecografía</b>	94,4	90,0	89,0	94,5	9,78	0,05
<b>Leucocitosis</b>	80,0	15,0	67,0	67,0	0,95	1,3
<b>PCR &gt; 2,8 mg/L</b>	80,0	25,0	72,7	75,0	1,04	0,87
<b>INL elevado</b>	73,3	50,0	27,0	55,6	1,47	0,53
<b>Alvarado <math>\geq 7</math></b>	70,8	75,9	71,7	69,7	2,56	0,34
<b>PAS <math>\geq 7</math></b>	62,5	58,3	66,7	53,8	1,5	0,64
<b>Neutrofilia</b>	55,6	72,7	76,9	50,0	2,09	0,87

**Tabla C4.** Tabla comparativa con los principales parámetros de rentabilidad diagnóstica de la ecografía frente a los distintos indicadores clínico-analíticos.



# MARCADORES INFLAMATORIOS CON ALTO VALOR PREDICTIVO POSITIVO EN EL DIAGNÓSTICO DE APENDICITIS AGUDA Y ESCALA DE ALVARADO VS ECOGRAFÍA

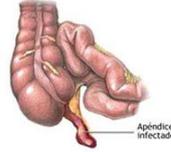


AUTOR: MARÍA ESTHER TEJERINA RODRÍGUEZ TUTOR: JOSÉ MARÍA PRADILLOS SERNA

SERVICIO DE CIRUGÍA PEDIÁTRICA - HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO DE VALLADOLID  
FACULTAD DE MEDICINA - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

## INTRODUCCIÓN

La **apendicitis aguda** es la causa más frecuente de cirugía urgente abdominal en edad pediátrica. Su diagnóstico puede ser difícil, especialmente en menores de 5 años, debido a síntomas inespecíficos, el riesgo de perforación y apendicectomías innecesarias.



El **diagnóstico** clínico tradicional se apoya en síntomas, exploración física y scores como el de Alvarado o PAS, complementado con marcadores inflamatorios (leucocitosis, PCR, índice neutrófilo-linfocito). Sin embargo, ninguno de estos métodos aislados ofrece una precisión diagnóstica óptima. La **ecografía abdominal** es una herramienta no invasiva, segura y de alta disponibilidad, y se postula como la mejor opción diagnóstica inicial, pero no se emplea siempre de forma sistemática.

→ Este estudio busca analizar comparativamente la utilidad diagnóstica de la ecografía frente a los scores y marcadores clásicos.

## OBJETIVOS

**General:** Evaluar la eficacia diagnóstica de la ecografía abdominal en el diagnóstico de apendicitis aguda en niños menores de 14 años.

**Específicos:**

1. Comparar la capacidad diagnóstica del score de Alvarado y PAS.
2. Analizar el valor de los marcadores inflamatorios (leucocitos, PCR, INL).
3. Determinar si la ecografía ofrece mayor precisión que las herramientas clínicas y analíticas aisladas.
4. Evaluar un modelo diagnóstico combinado (score + marcadores) frente a la ecografía.

## MATERIAL Y MÉTODOS

C  
R  
I  
T  
E  
R  
I  
O  
S

**De inclusión:** Sospecha clínica de apendicitis.

**De exclusión:** Edad >14 años, El activa, traumatismo abdominal reciente, enfermedades hepáticas o hemolíticas, o uso de pruebas de imagen adicionales.

**Diseño:** Estudio retrospectivo, unicéntrico, sobre una base de datos prospectiva.

**Población:** 52 pacientes pediátricos (<14 años) con dolor en fosa ilíaca derecha y sospecha de apendicitis aguda en el HCUV. Todos los pacientes fueron evaluados con anamnesis, exploración, analítica y ecografía.

**Variables:**

- Scores clínicos: Alvarado y PAS.
- Marcadores: leucocitosis, neutrofilia, PCR, índice neutrófilo-linfocito (INL).
- Prueba principal: Ecografía abdominal.

**Parámetros evaluados:** S, E, VPP, VPN, razón de verosimilitud y AUC.

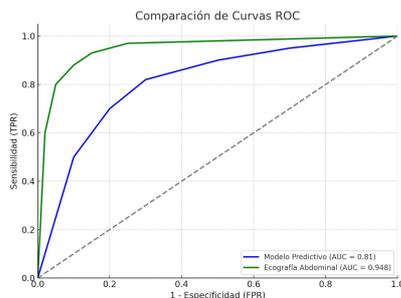
**Análisis estadístico:** Comparación de pruebas individuales y construcción de un modelo combinado con Alvarado  $\geq 7$ , PCR  $\geq 2,8$  mg/L y leucocitosis mediante regresión logística. Se utilizó SPSS®.

## RESULTADOS

Parámetro diagnóstico	S (%)	E (%)	VPP (%)	VPN (%)	LR+	LR-
Ecografía	94,4	90,0	89,0	94,5	9,78	0,05
Leucocitosis	80,0	15,0	67,0	67,0	0,95	1,3
PCR > 2,8 mg/L	80,0	25,0	72,7	75,0	1,04	0,87
INL elevado	73,3	50,0	27,0	55,6	1,47	0,53
Alvarado $\geq 7$	70,8	75,9	71,7	69,7	2,56	0,34
PAS $\geq 7$	62,5	58,3	66,7	53,8	1,5	0,64
Neutrofilia	55,6	72,7	76,9	50,0	2,09	0,87

Tabla 1. Tabla comparativa con los principales parámetros de rentabilidad diagnóstica de la ecografía frente a los distintos indicadores clínico-analíticos.

La **ecografía** fue significativamente superior a cualquier marcador o modelo combinado, tanto en sensibilidad como en especificidad y capacidad discriminativa global.



Gráfica 1. Comparación curva ROC de la ecografía -verde- con la curva ROC del modelo predictivo -azul-.

## CONCLUSIONES

1. La ecografía abdominal es la herramienta más eficaz para el diagnóstico de apendicitis aguda en pediatría.
2. Supera en precisión a los scores clínicos (Alvarado, PAS) y a los marcadores inflamatorios tradicionales.
3. El modelo predictivo combinado mejora el rendimiento respecto a los elementos por separado, pero no supera a la ecografía.
4. Se recomienda implantar la ecografía como prueba de primera línea en Urgencias pediátricas ante sospecha de apendicitis, optimizando recursos y reduciendo intervenciones innecesarias.

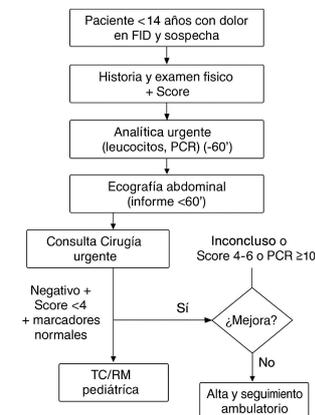


Figura 1. Protocolo diagnóstico integrado de apendicitis aguda pediátrica en Urgencias.

Bibliografía



TFG completo

