

**UTILIDAD DE LA RESONANCIA MAGNETICA EN EL DIAGNÓSTICO  
DE APENDICITIS AGUDA**

**Ridda Mariette Younes Becerra, María Carolina Pérez, Juan Manuel Pérez, Humberto  
Varón**

Fundación Cardioinfantil - Instituto de Cardiología

Universidad del Rosario

Facultad de Medicina

Departamento de Radiología e Imágenes Diagnósticas

Universidad del Rosario

Facultad de Medicina

Utilidad de la Resonancia Magnética en el Diagnóstico de Apendicitis Aguda

Investigación en Radiología

Fundación Cardioinfantil - Instituto de Cardiología

Trabajo de grado - Posgrado en Radiología

Investigador principal: Dra. Ridda Mariette Younes Becerra

Investigadores asociados: Dra. María Carolina Pérez Alvarado, Dr. Juan Manuel Pérez Hidalgo,  
Dr. Humberto Varón Acosta

Asesor metodológico: Dra. Susana Pacheco

Asesor estadístico: Dr. Johny Beltrán

“La Universidad del Rosario no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

## Tabla de contenido

<b>1. Introducción</b>	10
<b>2. Planteamiento del problema</b>	11
<b>3. Justificación</b>	12
3.1. <i>Pregunta de investigación</i>	
3.2. <i>Otras preguntas que responderá la investigación</i>	
<b>4. Marco teórico</b>	14
4.1. <i>Historia</i>	14
4.2. <i>Generalidades</i>	14
4.3. <i>Fisiopatología y aspectos clínicos de la apendicitis aguda</i>	15
4.4. <i>Diagnóstico por Imágenes</i>	15
4.4.1. <i>Radiografía de abdomen simple</i>	16
4.4.2. <i>Enema de bario</i>	16
4.4.3. <i>Ecografía</i>	16
4.4.4. <i>Escanografía</i>	17
4.4.5. <i>Resonancia Magnética</i>	18
4.4.6. <i>Medicina Nuclear</i>	20
4.5. <i>Tratamiento</i>	20

4.5.1. <i>Apendicectomía abierta</i> .....	20
4.5.2. <i>Apendicectomía laparoscópica</i> .....	21
4.6. <i>Estado del arte</i> .....	22
<b>5. Objetivos</b> .....	24
<b>6. Hipótesis</b> .....	25
<b>7. Metodología</b> .....	26
7.1. <i>Tipo y diseño de estudio</i> .....	26
7.2. <i>Población de estudio y diseño de la muestra</i> .....	26
7.3. <i>Tamaño de Muestra</i> .....	26
7.4. <i>Criterios de inclusión y Exclusión</i> .....	27
7.5. <i>Variables a Evaluar</i> .....	27
7.5.1. <i>Definición del evento – resultados</i> .....	28
7.6. <i>Diagrama de protocolo</i> .....	29
7.7. <i>Plan de análisis</i> .....	29
7.8. <i>Sesgos de información</i> .....	30
7.9. <i>Sesgos de selección</i> .....	30
7.10. <i>Consideraciones Éticas</i> .....	30
7.10.1. <i>Autonomía</i> .....	30
7.10.2. <i>Respeto por las personas</i> .....	30
7.10.3. <i>Justicia</i> .....	31
7.10.4. <i>Beneficiencia</i> .....	31
<b>8. Aspectos administrativos del proyecto</b> .....	32
<b>9. Resultados</b> .....	33
<b>10. Discusión de resultados</b> .....	37
10.1. <i>Principales hallazgos</i> .....	37
10.2. <i>Fortalezas</i> .....	37
10.3. <i>Debilidades</i> .....	37
10.4. <i>Implicaciones</i> .....	37
10.4.1. <i>Para la práctica</i> .....	38
10.4.2. <i>Para la investigación</i> .....	39
<b>11. Conclusión</b> .....	40
<b>12. Bibliografía</b> .....	41

### **Lista de tablas y graficas**

Figura 1. Resultados de la Ecografía .....	33
Figura 2: Nomograma de Fagan para la ecografía .....	34
Figura 3. Resultados de la Resonancia Magnética .....	35
Figura 4: Nomograma de Fagan para la Resonancia Magnética .....	35
Figura 5: Curva Operativa del Receptor .....	36

**Lista de anexos**

Tabla 1. Tabla de Escenarios de Tamaño de Muestra ..... 46

Tabla 3. Herramienta de Recolección de Datos ..... 46

**Introducción:** Comparar el resultado de la resonancia magnética en el diagnóstico de apendicitis aguda con el patrón de oro (estudio histopatológico o seguimiento clínico del paciente) con el fin de establecer la utilidad de ésta como prueba diagnóstica y poder incluirla dentro del algoritmo de estudio de esta patología cuando hay sospecha clínica y un resultado negativo o dudoso de la ecografía abdominal. **Materiales y métodos:** Se realizó resonancia magnética con protocolo de apéndice a los pacientes a los cuales se les solicitó ecografía abdominal total por sospecha de apendicitis aguda. El resultado de la resonancia magnética no alteró la conducta clínica. Los estudios fueron interpretados y posteriormente fueron comparados con el patrón de oro. **Resultados:** Se evaluaron 60 pacientes, 32 fueron casos de apendicitis aguda. La resonancia magnética fue positiva en 31 pacientes. Se presentaron 2 falsos positivos y 3 falsos negativos. La sensibilidad y la especificidad de la RM para el diagnóstico de apendicitis aguda fue de 90.6% y 92.6% respectivamente. El valor predictivo positivo de la prueba positiva fue de 93.5%, y el valor predictivo negativo de la prueba negativa fue de 89.6%. La razón de verosimilitud fue de 13 [IC 95% 3.32-48]. La precisión global de la prueba fue de 91.6%. **Conclusiones:** Consideramos que la resonancia magnética puede tener un rol en la confirmación del diagnóstico de apendicitis aguda en pacientes en los cuales la sospecha clínica de esta persiste a pesar de un resultado negativo de la ecografía abdominal.

Palabras clave: apendicitis, resonancia magnética, ecografía

**Introduction:** To compare the results of magnetic resonance imaging in the diagnosis of acute appendicitis with the gold standard (histopathology or clinical follow-up of the patient) in order to establish the usefulness of it as a diagnostic test and to include it in the study algorithm of this pathology when there is clinical suspicion and a negative or equivocal abdominal ultrasound. **Materials and methods:** magnetic resonance imaging with appendix protocol was performed on all patients to whom abdominal ultrasound was requested due to suspicion of acute appendicitis. The result of the magnetic resonance did not alter the clinical conduct, and all studies were interpreted without knowledge of outcome. Studies were interpreted and then were compared with the gold standard. **Results:** 60 patients were evaluated, 32 were cases of acute appendicitis. Magnetic resonance imaging was positive in 31 patients. 2 false positive and 3 false negatives were presented. The sensitivity and specificity of MRI for the diagnosis of acute appendicitis was 90.6% and 92.6% respectively. The positive predictive value of a positive test was 93.5%, and negative predictive value of a negative test was 89.6%. The likelihood ratio was 13 [95% CI 3.32-48]. The overall accuracy of the test was 91.6%. **Conclusion:** We consider that MRI may have a role in confirming the diagnosis of acute appendicitis in patients in whom the clinical suspicion persists despite a negative abdominal ultrasound.

MeSH: appendicitis, magnetic resonance, ultrasound

## Introducción

La primera descripción de apendicitis aguda como causa de dolor abdominal en el cuadrante inferior derecho data de 1711 y la primera apendicectomía descrita fue realizada en el año de 1735; sin embargo no fue hasta 1886 que se publicó un artículo llamado “Perforating Inflammation of the Vermiform Appendix: With Special Reference to Its Early Diagnosis and Treatment.” (Inflamación Perforada del Apéndice Vermiforme: Con Referencia Especial a su Diagnóstico y Tratamiento Tempranos) el cual causó un interés general que permitió una mejor apreciación de esta patología<sup>1</sup>. Posterior a esta se han realizado innumerables estudios y publicaciones tanto en revistas como en capítulos de libros y es una patología del día a día.

Actualmente la apendicitis aguda es la causa más frecuente de abdomen agudo y por lo tanto la primera causa de cirugía abdominal no traumática. Su diagnóstico se realiza mediante un adecuado examen clínico y paraclínico y su confirmación se realiza mediante imágenes diagnósticas, las cuales no siempre son necesarias pero se ha demostrado que su uso ha venido aumentando especialmente en los casos de duda diagnóstica<sup>1</sup>.

La apendicitis aguda se estudia mediante ultrasonido, sin embargo es la escanografía el patrón de oro imagenológico para su diagnóstico. Lo que pretendemos con esta investigación es determinar las características operativas de la resonancia magnética en el diagnóstico de esta patología con el fin de poder incluirla en el algoritmo de manejo de estos pacientes para que su diagnóstico y tratamiento sean más oportunos.

### **Planteamiento del problema**

La apendicitis aguda es la causa más frecuente de abdomen agudo y por lo tanto la primera causa de cirugía abdominal no traumática; el diagnóstico de esta es clínico, sin embargo no siempre es posible y es en este momento cuando los estudios de imágenes juegan un papel fundamental para poder establecer un diagnóstico definitivo y así evitar laparotomías innecesarias. Este proyecto de investigación pretende establecer un nuevo algoritmo dentro del diagnóstico imagenológico en aquellos pacientes con diagnóstico clínico de apendicitis en los cuales la ecografía sea negativa o dudosa y requieren de una confirmación para definir una conducta de manejo. Esta confirmación se realiza mediante escanografía sin embargo se pretende demostrar que las características operativas de la resonancia magnética son válidas para tal fin y que mediante la utilización de esta se evita el uso de radiación ionizante y al no emplear medio de contraste oral ni endovenoso, la realización del mismo será más rápida.

Se considera que la apendicitis aguda es la causa más común de abdomen agudo<sup>2</sup> de los pacientes que consultan a nuestros servicios de urgencias, siendo un diagnóstico clínico y paraclínico inicial, que se complementa con estudios imagenológicos en una importante cantidad de casos. Actualmente la ecografía es el estudio inicial, sin embargo en un número importante de pacientes esta es negativa o simplemente no conclusiva por múltiples factores tales como la obesidad, interposición gaseosa o la posición anatómica del apéndice como variante (ej. fosa iliaca izquierda).

En la actualidad el estudio establecido como patrón de oro es la tomografía axial computadorizada (T.A.C) con muy buenos resultados dada su excelente resolución espacial y temporal, sin embargo esta técnica emplea radiación ionizante, requiere de medio de contraste oral lo cual implica un tiempo de preparación de aproximadamente 2 horas, medio de contraste endovenoso por lo tanto la función renal debe estar preservada, no deben existir antecedentes de alergia al yodo y requiere de ayuno.

Este proyecto de investigación, pretende demostrar las características operativas de la resonancia magnética en el diagnóstico de apendicitis aguda para así establecer un nuevo algoritmo dentro del diagnóstico imagenológico en aquellos pacientes con diagnóstico clínico en los cuales la ecografía sea negativa o dudosa para su diagnóstico.

Con este estudio, no se pretende reemplazar a la ecografía en el estudio inicial de la apendicitis aguda sino evaluar las características operativas de la resonancia magnética y su desempeño en el diagnóstico de esta.

### **Justificación**

Los estudios de resonancia magnética en el diagnóstico de apendicitis aguda se han realizado en poblaciones diferentes a la latinoamericana y la gran mayoría de ellos incluye pacientes embarazadas en quienes la anatomía y fisiología corporal es diferente a la de la población normal<sup>3-6</sup>, por esto, es pertinente realizar un estudio en nuestros habitantes para que los datos obtenidos sean válidos y extrapolables.

Es conveniente realizar este estudio ya que aun no contamos con datos de las características operativas de la resonancia magnética en nuestra población y es importante obtenerlos para poder incluir este método diagnóstico en la evaluación de los pacientes con sospecha de apendicitis aguda pues es un estudio seguro, que no requiere ayuno ni preparación con material de contraste tanto oral como endovenoso y no utiliza radiación ionizante; este último punto es muy importante ya que a nuestra institución acuden pacientes de población pediátrica como adultos, tanto de sexo femenino como masculino y se ha demostrado que la edad de prevalencia de esta patología está entre la segunda y tercera décadas<sup>1</sup>, momento en el cual es muy importante proteger los tejidos susceptibles a la radiación ionizante (sistema nervioso central, gónadas y glándulas mamarias).

Con la resonancia magnética, a diferencia de la escanografía, como el paciente no requiere preparación con medio de contraste oral ni endovenoso, no hay necesidad de esperar al menos, las dos horas y media que esta preparación requiere, porque esta no se inicia hasta no tener los resultados de la función renal (creatinina y BUN) necesarios para poder realizar dicho estudio, por lo cual puede tardarse más tiempo que el mencionado. Sumado a esto, al no utilizar material de contraste endovenoso se está evitando la potencial nefrotoxicidad y las reacciones adversas que puede generar el material yodado que se utiliza al realizar la escanografía para el diagnóstico de apendicitis aguda, por lo tanto los pacientes con alergia conocida al yodo y los pacientes con alteración de la función renal se beneficiarán de la resonancia magnética al no tener que someterse a la administración de éste fármaco que además requiere un ayuno no menor a seis horas retrasando aún más la realización del estudio.

La resonancia magnética tiene disponibilidad casi inmediata en nuestra institución dependiendo de la programación que es similar a la de tomógrafo por lo tanto su realización sería más rápida en aras de los puntos anteriormente expuestos.

Por lo tanto, ¿por qué no implementar un estudio seguro, rápido, sensible y específico para diagnosticar una patología tan frecuente en nuestro medio en caso de duda que nos permita brindarle una mejor atención a nuestros pacientes?

### *3.1 Pregunta de investigación:*

¿Cuáles son las características operativas de la resonancia magnética en el diagnóstico de apendicitis aguda en pacientes en quienes persiste la duda después de la evaluación clínica y requieren de imágenes diagnósticas para su confirmación?

Cuando se comparan las características operativas de la resonancia magnética y la ecografía para el diagnóstico de apendicitis aguda, ¿cuál exhibe mejores características contra el patrón de oro que es seguimiento e histopatología?

Este estudio se realizará en pacientes que acudan al servicio de urgencias de la Fundación Cardio Infantil de Bogotá con dolor abdominal sugestivo de apendicitis aguda pero que posterior a su evaluación clínica persiste la duda diagnóstica.

### *3.2 Otras preguntas que responderá la Investigación*

¿Cuál es la sensibilidad de la resonancia magnética para diagnóstico de apendicitis aguda comparada con el patrón de oro (histopatología y evolución clínica)?

¿Cuál es la especificidad de la resonancia magnética para diagnóstico de apendicitis aguda comparada con el patrón de oro (histopatología y evolución clínica)?

¿Cuál es el valor predictivo negativo de la resonancia magnética para diagnóstico de apendicitis aguda comparada con el patrón de oro (histopatología y evolución clínica)?

¿Cuál es el valor predictivo positivo de la resonancia magnética para diagnóstico de apendicitis aguda comparada con el patrón de oro (histopatología y evolución clínica)?

Con las respuestas obtenidas a las preguntas de investigación se pretende ofrecer a los encargados de la atención de salud información válida y oportuna sobre la utilidad de la resonancia magnética en el diagnóstico de apendicitis aguda

## Marco teórico

### 4.1 Historia

Leonardo Da Vinci hizo los primeros dibujos en los que aparecía el apéndice vermiforme alrededor del año 1492, en este momento llamó a esta estructura que se originaba del ciego *oreccio*<sup>7</sup>; sin embargo estas no fueron publicados hasta el siglo XVIII por lo que la primera descripción del apéndice data de 1521, hecha por Berengario DaCarpi y posteriormente por Andreas Vesalius en 1543<sup>7</sup>. El primer reporte de apendicitis fue escrito por el anatomista y cirujano de origen alemán Lorenz Heister en 1711, al haber encontrado un absceso adyacente a un apéndice gangrenoso, durante la autopsia de un preso<sup>1</sup>.

El primer cirujano que propuso la apendicectomía como tratamiento a la inflamación del apéndice cecal fue el francés Francois Melier en 1827, sin embargo ésta ya había sido descrita como procedimiento quirúrgico y había sido realizada en 1735 por el francés Claudius Amyand, en un paciente de 11 años al cual le habían diagnosticado hernia inguinal encarcelada. Durante la herniorrafia le encontraron el apéndice perforado en el saco herniario, por lo que hubo necesidad de realizar la apendicectomía<sup>1</sup>.

Sin embargo pasaron más de 150 años para que hubiese mayor consideración de esta patología y su tratamiento, y se debe a Reginald Fitz la difusión y el entendimiento de la apendicitis como causa de dolor abdominal<sup>8</sup>. En 1886 publicó el artículo "*Perforating Inflammation of the Vermiform Appendix: With Special Reference to Its Early Diagnosis and Treatment.*" (Inflamación Perforada del Apéndice Vermiforme: Con Referencia Especial a su Diagnóstico y Tratamiento Tempranos), donde proponía la apendicitis como primera causa de dolor en fosa iliaca derecha. Fue en este artículo en el que se acuñó por primera vez el término apendicitis<sup>1</sup>.

### 4.2 Generalidades

La apendicitis aguda es la causa más frecuente de cirugía abdominal de urgencias. Su prevalencia oscila entre un 8% y 12%<sup>9</sup>. El diagnóstico se establece por el cuadro clínico del paciente, con una precisión diagnóstica que oscila entre el 65 y 82%. Con el objetivo de aumentar la precisión diagnóstica, los estudios de imagenología, principalmente el ultrasonido (US) y la tomografía axial computadorizada (T.A.C) juegan un papel muy importante para establecer diagnóstico definitivo y evitar así laparotomías en pacientes con apéndice normal<sup>10</sup>.

#### *4.3 Fisiopatología y aspectos clínicos de la apendicitis aguda:*

La apendicitis aguda es la inflamación del apéndice cecal que en la mayoría de los casos se debe a una obstrucción de su luz, en la mayoría de las veces por materia fecal (fecalito) o por una hiperplasia del tejido linfoide, menos comúnmente por neoplasias, cuerpos extraños o parásitos. Una vez obstruida la luz del apéndice, este comienza a distenderse, se incrementan la presión intraluminal con daño de la mucosa y posterior translocación bacteriana. Si este incremento en la presión intraluminal persiste, hay obstrucción al drenaje venoso el cual conduce a isquemia que puede progresar a gangrena y ocasionalmente, perforación.

Generalmente se presenta en adolescentes y adultos jóvenes, con mayor incidencia entre la segunda y tercera décadas de la vida; afectando más a los hombres que a las mujeres con una proporción de 1,3:1. Esta relación se pierde en edades diferentes a las mencionadas anteriormente<sup>1</sup>.

El cuadro clínico típico inicia con dolor abdominal periumbilical vago, que posteriormente migra hacia la fosa iliaca derecha y produce irritación peritoneal; adicional se pueden asociar otros síntomas como náuseas, anorexia y fiebre. Sin embargo, en ocasiones, la presentación del cuadro es atípica debido a localizaciones poco usuales del apéndice cecal (retrocecal o en fosa iliaca izquierda), a condiciones asociadas como embarazo, enfermedad de Crohn, uso de antibióticos, analgésicos o corticoides o cuando el paciente se encuentra en recuperación de alguna otra cirugía<sup>1</sup>.

A lo largo de la historia, el diagnóstico de apendicitis se ha basado en los hallazgos del examen físico que se complementa con exámenes de laboratorio de rutina que se realizan a los pacientes con este cuadro clínico, usualmente cuadro hemático<sup>1</sup> y proteína C reactiva<sup>7</sup>. En el primero se identifica desviación de la curva de leucocitos hacia la izquierda con una neutrofilia mayor o igual al 75%<sup>11</sup>, sin embargo esto se observa en menos del 15% de los pacientes con edad avanzada y aquellos con inmunodeficiencia. La proteína C reactiva se encuentra elevada (valores normales < 8 mg/dl) cuando el dolor lleva más de 12 horas. Por lo tanto se ha dicho que la combinación de estos tres hallazgos paraclínicos incrementa la sensibilidad en un 97% a 100% para el diagnóstico de esta patología<sup>7,11</sup>.

#### *4.4 Diagnóstico por imágenes*

Adicional a los resultados clínicos y paraclínicos las imágenes diagnósticas juegan un papel muy importante en la confirmación del diagnóstico ya que disminuyen el número de apendicectomías negativas, que según Nitta *et al*<sup>12</sup>, en un estudio publicado en el 2005, está entre 6% y 16% en

hombres y puede alcanzar hasta 45% en la mujeres reduciendo así la morbi-mortalidad de intervenciones quirúrgicas innecesarias, que alcanzan porcentajes tan altos de hasta el 4% al 15%<sup>2</sup>.

#### *4.4.1 Radiografía de abdomen simple*

La radiografía de abdomen simple ha demostrado tener muy baja sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de esta patología y en la actualidad se utiliza para evaluar otras causas de dolor abdominal tales como cálculos renales o volvolus. Antiguamente se utilizaba con el fin de identificar un fecalito el cual solo se aprecia en el 8% de los pacientes<sup>7</sup> y para evaluar algunos signos indirectos como lo son: gas en el apéndice, distensión del ileon terminal, ciego o colon ascendente con o sin niveles hidroaéreos (signos de íleo paralítico localizado), pérdida de la sombra del ciego, borramiento u obliteración de la sombra del músculo psoas derecho, curva de desviación de la columna lumbar hacia la derecha, densidad mal definida sobre la articulación sacroiliaca derecha y gas o líquido libre intraperitoneal<sup>1,7</sup>.

#### *4.4.2 Enema de bario*

Actualmente no se menciona en los estudios imagenológicos utilizados para el diagnóstico de apendicitis aguda, sin embargo tiene un interés histórico ya que era el método de diagnóstico disponible antes de la era de la escanografía. En la antigüedad mencionaban una sensibilidad y especificidad entre el 90% y el 100% y sus hallazgos incluían: llenado incompleto o ausente del apéndice cecal, irregularidades en la superficie intraluminal y compresión extrínseca del ciego o del ileon terminal. La ausencia de visualización de éste era considerado el criterio más importante. No obstante, el apéndice no se visualizaba en el 10% de la población normal y éste también podía visualizarse en casos de inflamación aguda que, en casos de perforación, permitía el paso del bario hacia la cavidad abdominal. Adicionalmente no proveía de información adicional a lo visualizado en la luz del colon<sup>11</sup>.

#### *4.4.3 Ecografía:*

En la evaluación imagenológica inicial del paciente con sospecha clínica de apendicitis aguda, la ecografía juega un papel importante ya que por su amplia disponibilidad, por no emplear radiación ionizante ni requerir medio de contraste endovenoso la hace el estudio más adecuado, sin embargo tiene algunas limitaciones técnicas tales como la pobre resolución en pacientes obesos o en los cuales hay marcada distensión gaseosa en la fosa iliaca derecha; así mismo, ya que es un estudio operador-dependiente la experiencia del operador juega un papel fundamental para el diagnóstico adecuado<sup>1,2,13</sup>. La ecografía ha sido ampliamente utilizada en la población pediátrica y en las

pacientes embarazadas siendo esta la única imagen diagnóstica realizada en este tipo de pacientes pues al no emplear radiación ionizante la hace muy segura tanto para el paciente menor como para el feto en desarrollo.

Los criterios diagnósticos por ecografía de apendicitis aguda han sido claramente establecidos cuando se visualiza una estructura tubular ciega, aperistáltica, no compresible y con un lumen distendido, anecoico, rodeado de una mucosa ecogénica y una pared hipoeoica, engrosada junto al ciego, que en su diámetro transversal mida más de 6 mm y se asocie a alteración de la grasa adyacente dada por aumento de la ecogenicidad de la misma<sup>1,14,15</sup>.

Diferentes estudios se han realizado para evaluar la eficacia de la ecografía en el diagnóstico de apendicitis aguda, con reportes de sensibilidades que oscilan entre el 20% y el 88% mientras que la especificidad de esta se encuentra entre el 88% - 100%<sup>3,4,13,14</sup>. Un meta-análisis realizado en el 2006 por Doria *et al*<sup>2</sup>, en donde compara el ultrasonido versus la escanografía en población pediátrica y población adulta, demostró que aunque la sensibilidad y la especificidad de la escanografía es mucho mayor para la detección de apendicitis aguda en ambas poblaciones, la ecografía tiene un perfil de rendimiento y seguridad suficientemente válido para utilizarlo como diagnóstico en pediatría confrontando el riesgo de desarrollar cáncer a futuro versus el riesgo de pasar un caso positivo como negativo<sup>13</sup>.

#### 4.4.4 Escanografía:

Actualmente la T.A.C es considerada como la mejor modalidad de imagen diagnóstica para la evaluación de la apendicitis aguda en paciente adulto, ya que tiene una mayor precisión diagnóstica en comparación con la ecografía y una mejor resolución, además es operador independiente.

En la mayoría de los casos puede identificarse el apéndice cecal; la apariencia normal del apéndice en escanografía es variable, puede tener una longitud que varía de unos pocos cm hasta 20 cm de longitud, generalmente localizado en la fosa iliaca derecha, 3 cm por debajo de la válvula ileocecal con un diámetro mayor de 10 mm (media de 6 mm) y una pared de entre 1 y 3 mm, ocasionalmente su luz puede estar opacificada con medio de contraste, sin embargo en ocasiones por la disposición anatómica esto no ocurre sin que tenga significado patológico.

Los criterios de apendicitis por escanografía consisten en la dilatación del apéndice mayor a 10 mm con o sin apendicolito, alteración de la grasa periapendicular, realce de la mucosa y engrosamiento de la pared por encima de 3 mm. No es infrecuente encontrar asociado a esto la presencia de líquido libre o engrosamiento de la fascia lateroconal<sup>1,15-17</sup>.

La sensibilidad de la escanografía para el diagnóstico de apendicitis se encuentra entre 76% a 100%, la especificidad entre el 83% y 100%, con una precisión diagnóstica que oscila entre 93% y 99%, de acuerdo a diferentes estudios realizados por diversos centros<sup>1,13,15,16,18</sup>.

#### *4.4.5 Resonancia Magnética:*

Desde hace poco más de diez años se ha venido utilizando la resonancia magnética como diagnóstico de apendicitis aguda. La mayoría de estudios se han realizado en niños y mujeres embarazadas, aunque también se han realizado algunos estudios en poblaciones adultas sanas tanto para la determinación del cuadro agudo como para la visualización del apéndice normal.

En el estudio de la apendicitis aguda por resonancia magnética no es necesario el empleo de medio de contraste oral ni endovenoso, no emplea radiación ionizante y dada la evolución tecnológica en los diferentes software tales como la adquisición de imágenes en paralelo así como en las antenas multicanales, es posible valorar órganos intraabdominales estáticos como dinámicos con tiempos de adquisición muy cortos, con mejor resolución de contraste que la obtenida por otras modalidades.

Las secuencias empleadas con mayor frecuencia son aquellas en las cuales se resalta el edema de los tejidos secundario a procesos inflamatorios, estas secuencias son T2 alta resolución, T2 con supresión grasa (DRIVE), bFFE (balance fast field eco). Dentro de las desventajas de la resonancia se menciona que no es el estudio ideal para pacientes claustrofóbicos o aquellos que tengan marcapasos o elementos ferromagnéticos que puedan generar artefacto dentro del campo de visión, esto último poco frecuente en los estudios intraabdominales. Otra de las desventajas es que solo se puede evaluar la pelvis por lo tanto pacientes con patologías en abdomen superior no podrán ser adecuadamente evaluadas.

La visualización del apéndice cecal en resonancia magnética es muy similar al encontrado en escanografía. Es una estructura tubular, con un diámetro menor o igual a 6 mm, con grosor de la pared menor a 2 mm, tiene señal intermedia en T1 y T2 comparado con el músculo esquelético y puede aparecer hipointenso en T1 y T2 si está lleno de gas, de contraste negativo o de materia fecal<sup>5,10,15,19</sup>. Es importante determinar la ausencia de líquido intraluminal para confirmar su normalidad. La grasa periapendicular es isointensa en relación a la grasa observada en otros sitios del abdomen y debe tener intensidad de señal baja en las secuencias con supresión de grasa<sup>10</sup>.

Los hallazgos de apendicitis aguda se representan mejor en las imágenes potenciadas en T2 tal como se mencionó anteriormente, estos incluyen una distensión de la luz del apéndice por

presencia de líquido con diámetro en su eje menor superior a los 8 mm, engrosamiento de la pared por edema mayor a 2 mm. Tal como ocurre con la escanografía se observa en la mayoría de los casos una alteración de la señal de la grasa periapendicular asociada a la presencia de líquido periapendicular o libre en cavidad<sup>3-6,10,19,20</sup>. En los casos en los cuales se emplea medio de contraste paramagnético endovenoso la pared aparece hiperintensa en secuencias con supresión grasa potenciadas en T1<sup>10</sup>.

Las imágenes de resonancia magnética de difusión (DWI por sus siglas en inglés *diffusion weighted images*) son una técnica que provee información acerca de las propiedades biofísicas de los tejidos basada en el T2; ésta se ha utilizado en neurorradiología pero es relativamente nueva en imagen abdominal<sup>21</sup>. Cuando hay mayor celularidad hay una disminución en el movimiento de agua en el espacio intersticial. En estados patológicos, como lo es la inflamación, se altera la organización estructural del tejido que puede ser secundaria a destrucción o regeneración de las membranas celulares o por cambio en la celularidad y simultáneamente hay cambios en la permeabilidad, osmolaridad y el transporte activo. Estos cambios afectan la difusión y movilidad de los protones que pueden visualizarse en la DWI<sup>22</sup>. El coeficiente aparente de difusión (ADC por sus siglas en inglés *apparent diffusion coefficient*), es un parámetro cuantitativo que se mide a partir del DWI y depende de factores adicionales tanto de difusión como de perfusión propios del tejido a evaluar. Los valores de b bajos se ven influenciados por estas dos propiedades, sin embargo, cuando se aplican valores de b altos el ADC se aproxima a los valores de difusión verdadera<sup>23</sup>. En las imágenes de difusión con valores b altos (500 y 1000 s/mm<sup>2</sup>) la intensidad de señal del apéndice inflamado es mucho mayor que en el apéndice normal lo cual se evalúa de manera cualitativa. También puede evaluarse de manera cuantitativa mediante el ADC que al no tener el efecto del brillo a través del T2 va a mostrar la disminución en la intensidad de señal correspondiente, que es mucho menor que en el apéndice normal; esto hace que el diagnóstico de apendicitis por resonancia magnética, utilizando DWI y ADC sea más preciso<sup>21</sup>.

La gran mayoría de los estudios realizados se han hecho con pacientes en estado de embarazo con sospecha clínica de apendicitis a las cuales no se quiere exponer a radiación ionizante. La sensibilidad para el diagnóstico de apendicitis fue 50% - 100%, con un especificidad de 93.6% - 100%, valor predictivo positivo de 100% y valor predictivo negativo de 100%, con exactitudes entre 95% y 98%<sup>20,24,25</sup>; sin embargo estos estudios han tenido un número muy limitado de pacientes y la extrapolación de los datos no es fiable.

Dentro de los que se incluye población adulta con sospecha clínica de apendicitis aguda, la resonancia magnética ha mostrado rangos de sensibilidad de 87% - 100% con especificidades de 61% - 92%, con valor predictivo positivo de 95% - 98% y valores predictivos negativos de 75% - 100%, con exactitudes entre 95% y 98%<sup>1,3-5,14,19,26</sup>.

#### *4.4.6 Medicina Nuclear*

Poca mención existe sobre el diagnóstico de esta patología mediante este tipo de exámenes sin embargo se han descrito dos tipos de estudios. Al estar inflamado, el apéndice demuestra intensas propiedades quimiotácticas y los leucocitos lo invaden activamente. Esta migración y acumulación de leucocitos es la base para el estudio con leucocitos marcados con Indio-111 obteniendo imágenes a las dos horas, aunque se ha descrito que ha sido necesario realizar imágenes tardías (17 a 24 horas después) obteniendo sensibilidad y especificidad de 86% y 93% respectivamente. Los leucocitos marcados con albúmina marcada con Tecnecio-99 (TAC-WBC) ha demostrado ser superior que la prueba anteriormente descrita porque es menos costosa, requiere menor tiempo de preparación además de menor retraso en la obtención de imágenes positivas y tiene menor dosis de radiación absorbida. La sensibilidad es de 89% con especificidad de 92% las cuales disminuyen a 75% y 43% en caso de pacientes de sexo femenino. Las limitaciones de estos estudios incluyen los elevados costos, la radiación, el alto número de resultados indeterminados y la baja sensibilidad y especificidad en las mujeres<sup>1,7,11</sup>.

En el 2004 la FDA (Food and Drug Administration) aprobó un medicamento, el NeutroSpec que era fanolesomab (anticuerpo monoclonal de ratón) marcado con Tecnecio-99 diseñado específicamente para el diagnóstico de apendicitis aguda en pacientes mayores de cinco años<sup>5</sup>, sin embargo fue retirado del mercado en Diciembre de 2005 luego de 2 muertes y 15 eventos adversos adicionales que amenazaron la vida de algunos pacientes<sup>27</sup>.

#### *4.5 Tratamiento*

En general la apendicectomía ya sea abierta o laparoscópica es el tratamiento ideal para esta patología, existiendo casos muy ocasionales en los cuales se puede dar manejo médico para enfriar el proceso inflamatorio. Una vez se tiene el diagnóstico de apendicitis y se decide llevar el paciente a cirugía, lo primero que se debe realizar es corregir la hipovolemia y las anomalías electrolíticas, al igual que el manejo de las comorbilidades en caso que existiesen y se inician antibióticos endovenosos de amplio espectro, dirigidos a controlar la infección que generalmente es producida por gérmenes anaeróbicos y gram negativos<sup>1</sup>.

#### 4.5.1 Apendicectomía abierta

La incisión se realiza en la fosa iliaca derecha, teniendo en cuenta el punto de McBurney, el cual se encuentra sobre una línea que une al ombligo con la espina iliaca anterosuperior, punto que coincide usualmente con la localización del apéndice. La incisión puede ser transversa u oblicua, pero siempre respetando los músculos, los cuales deben ser separados y no cortados<sup>1</sup>. Si hay sospecha de peritonitis generalizada usualmente se usa una incisión de laparotomía mediana supra o infraumbilical, según sea necesario.

Una vez se identifica el apéndice, se debe movilizar y ligar la arteria apendicular, ligando el mesoapéndice. Al ligar el mesoapéndice, se procede a dividir la base apendicular y ligar el muñón proximal, para luego retirar por completo el apéndice inflamado<sup>1</sup>.

En caso de encontrarse el apéndice sano se debe realizar una revisión completa de la cavidad abdominal, con miras a identificar la causa del dolor abdominal. Hay varias causas de error en el diagnóstico, tales como embarazo ectópico, quiste ovárico, diverticulitis entre otros, sin embargo en todos los casos se debe realizar la apendicectomía.

#### 4.5.2 Apendicectomía laparoscópica

Fue descrita por primera vez por el ginecólogo alemán Dr. Kurt Semm en 1983 sin embargo solo se popularizó a partir de los años 90<sup>7</sup>. La decisión de realizar la apendicectomía por vía abierta o laparoscópica depende de la experiencia del cirujano y de la disponibilidad de los equipos. Cada vez es más frecuente la vía laparoscópica y actualmente es el manejo quirúrgico estándar<sup>28</sup>.

Las indicaciones para el uso de la laparoscopia son las mismas que para la cirugía abierta, pero esta permite mejor exploración de la cavidad en caso de apéndice sano. Es controversial el uso de la laparoscopia en casos de sospecha de peritonitis generalizada, sin embargo cada vez se publican más artículos en los cuales se encuentra que puede ser realizada sin aumentar las complicaciones<sup>29</sup>. En un estudio realizado por Gomes *et al.* en el 2014 se concluye que la apendicectomía laparoscópica en casos complicados (peritonitis generalizada) es un método seguro y efectivo y que debería ser el abordaje de elección<sup>30</sup>. Actualmente se considera la inexperiencia del cirujano como la única contraindicación absoluta para la laparoscopia.

Los resultados de la cirugía laparoscópica son similares a los de cirugía abierta, siendo más largo el tiempo operatorio, con una tasa de conversión de 20% a cirugía abierta. La estadía intrahospitalaria es menor en el grupo de cirugía laparoscópica, al igual que el retorno laboral<sup>30</sup>.

Algunos estudios han intentado mirar la diferencia económica entre la cirugía abierta y la laparoscópica, con tendencia a favorecer a la laparoscopia, especialmente secundario a menor tiempo de estancia hospitalaria y al más rápido retorno a la vida diaria, sin embargo estas diferencias no son estadísticamente significativas<sup>1</sup>.

#### 4.6 Estado del Arte

En un estudio recientemente publicado (2011) por Inci *et al*, en donde se comparó la eficiencia de la resonancia magnética con la histopatología y el puntaje de Alvarado, se estudiaron 85 pacientes con sospecha clínica de apendicitis y encontraron que esta es una técnica muy valiosa y superior al puntaje Alvarado (score clínico que toma en cuenta signos, síntomas y resultados de laboratorio) que además de incrementar la precisión diagnóstica, disminuye el número de laparotomías innecesarias<sup>19</sup>.

Cobben *et al*, en el 2009 diseñaron un protocolo de resonancia magnética para apendicitis aguda y compararon los resultados con la histopatología o la historia clínica según el caso con el fin de establecer su valor clínico como método diagnóstico; además de evaluar el valor agregado del examen, no solo en el desenlace financiero (disminución de los costos) sino también en las consecuencias prácticas (disminución del tiempo de estancia intrahospitalaria). La sensibilidad obtenida por los autores fue de 100% con una especificidad de 98%, y valores predictivos positivo y negativo de 98% y 100% respectivamente. Concluyen que la resonancia magnética es una técnica segura, confiable y potencialmente, costo-efectiva para pacientes con sospecha clínica de apendicitis aguda, especialmente en el grupo de pacientes donde la ecografía es inconclusa y la escanografía está contraindicada<sup>3</sup>.

En el 2009, un estudio realizado por Singh, Desai y Novelline evaluó retrospectivamente la eficacia de la resonancia magnética en la evaluación de las patologías causantes de dolor pélvico agudo en pacientes normales y pacientes embarazadas. En este estudio se utilizó contraste endovenoso excepto en las mujeres embarazadas (n=5). A pesar de tener una pequeña población de estudio (n=67) y diversos protocolos de resonancia, estos concluyeron que es un método eficaz para el diagnóstico de patología pélvica incluyendo apendicitis aguda, obteniendo alta sensibilidad en la detección de las primeras, sin el retraso del uso de contraste oral. Para la detección de apendicitis aguda obtuvieron una sensibilidad de 100%, especificidad de 96.4%, y valores predictivos positivo y negativo de 100%<sup>20</sup>.

Nitta *et al*, en el 2005, concluyen que los hallazgos de la resonancia magnética se correlacionan adecuadamente con la severidad patológica de la apendicitis, por lo tanto es una herramienta alternativa, muy poderosa, para diagnosticar apendicitis aguda especialmente en los pacientes en quien la radiación ionizante es una preocupación principal<sup>12</sup>.

Es claro que no existen suficientes estudios que puedan hacer que la resonancia magnética se establezca como el patrón de oro en el diagnóstico de la apendicitis aguda, sin embargo por lo anteriormente expuesto y la evidencia encontrada en la literatura, se puede determinar que esta técnica es muy promisoría pues con los adelantos tecnológicos se puede superar la eficacia de la escanografía (patrón de oro) ya que esta presenta mejor resolución de contraste, además va a obviar el tiempo de preparación dentro del servicio de urgencias ya que no se necesita de contraste oral; al no emplear medio de contraste endovenoso se hace ideal para pacientes nefropatas, no emplea radiación ionizante lo cual es de gran importancia para toda la población en especial la pediátrica y en pacientes con embarazo y aunque la disponibilidad puede ser una limitante en algunos centros hospitalarios, no aplica para nuestra institución donde contamos con personal técnico disponible las 24 horas. Por la gran cantidad de ventajas sobre las desventajas que este método ofrece, consideramos que debe ser incluido dentro del algoritmo diagnóstico del paciente con sospecha de apendicitis con ecografía negativa o dudosa.

## **Objetivos**

### *Objetivo General*

Comparar el resultado de la resonancia magnética en el diagnóstico de apendicitis aguda con el patrón de oro (estudio histopatológico o en caso de no haber procedimiento quirúrgico, con la evolución clínica del paciente) con el fin de establecer la utilidad de ésta como prueba diagnóstica y poder incluirla dentro del algoritmo de estudio de esta patología cuando hay sospecha clínica y un resultado negativo o dudoso de la ecografía abdominal.

### *Objetivos Específicos*

- Calcular la frecuencia de pacientes verdaderos positivos
- Calcular la frecuencia de pacientes falsos positivos.
- Calcular la frecuencia de pacientes verdaderos negativos.
- Calcular la frecuencia de pacientes falsos negativos
- Establecer la sensibilidad de la resonancia magnética en el diagnóstico de apendicitis aguda.
- Establecer la especificidad de la resonancia magnética en el diagnóstico de apendicitis aguda.
- Establecer las características operativas de la ecografía abdominal total para diagnóstico de apendicitis aguda en la Fundación CardioInfantil.

### **Hipótesis:**

Asumiendo que la sensibilidad de la ecografía para el diagnóstico de apendicitis aguda es de 60%, se pretende demostrar que la sensibilidad de la resonancia magnética para este fin es  $\geq 90\%$ <sup>3,5,6,14,19,20</sup>.

## **Metodología**

### *7.1 Tipo y diseño de estudio*

Se realizó un estudio prospectivo de prueba diagnóstica.

Entre febrero y junio de 2012 se tomaron pacientes que ingresaron al servicio de urgencias de la Fundación Cardio Infantil con dolor abdominal y diagnóstico presuntivo de apendicitis aguda, en los que a criterio del médico tratante requirieron ecografía para el diagnóstico definitivo de la misma. A estos pacientes, previa autorización por medio del consentimiento informado (ver anexos), se les realizó un estudio de resonancia magnética con protocolo para apéndice una vez realizada la ecografía.

Posterior a la conducta final del médico tratante, ya fuese manejo quirúrgico o tratamiento conservativo, se compararon estos resultados con el patrón de oro. En los casos en los que se realizó intervención quirúrgica se realizó la comparación con el estudio histopatológico y en los casos en donde el manejo fue conservador, se realizó un seguimiento clínico de forma telefónica a los 30 días.

### *7.2 Población de estudio y diseño de la muestra*

La población de estudio estuvo constituida por pacientes mayores de 18 años que ingresaron a la Fundación Cardio Infantil, al servicio de urgencias con dolor abdominal a quienes se les sospechó apendicitis aguda y el médico tratante solicitó ecografía abdominal total para estudio de la misma.

### *7.3 Tamaño de Muestra:*

Para poder realizar el cálculo del tamaño de muestra se pidió al departamento de Cirugía General la estadística de procedimientos quirúrgicos del año 2010 en donde hubo 482 apendicectomías y a partir de este dato se calculó el tamaño de muestra a través del paquete estadístico Minitab 14.

El tamaño de muestra calculado inicialmente era de 80 pacientes, sin embargo, el comité de ética de la Fundación Cardio Infantil decidió que si la hipótesis se confirmaba con menos pacientes no se debían reclutar más, por lo tanto cuando se analizaron los datos con 60 pacientes y se obtuvo el resultado final no se realizaron más estudios de resonancia magnética.

Asumiendo que la sensibilidad de la ecografía es de 60% y de la resonancia magnética de al menos 90%, si se hicieran al menos 80 pacientes, se podría tener un poder de 94%. (Ver anexo, Tabla 1)

#### 7.4 Criterios de inclusión y Exclusión

- Criterios de Inclusión:

1. Pacientes mayores de 18 años, que ingresen al servicio de urgencias de la institución y que posterior a la evaluación clínica inicial se deje como diagnóstico clínico dolor abdominal localizado en el hemiabdomen inferior – sospecha de apendicitis y se solicite ecografía abdominal.

2. Firma del consentimiento informado para participar en el estudio.

3. Firma del consentimiento informado para la realización de la resonancia magnética.

- Criterios de Exclusión:

1. Pacientes con marcapasos.

2. Pacientes con colocación de stents coronarios en los 3 meses previos.

3. Pacientes con clips para aneurismas

4. Pacientes claustrofóbicos

#### 7.5 Variables a Evaluar:

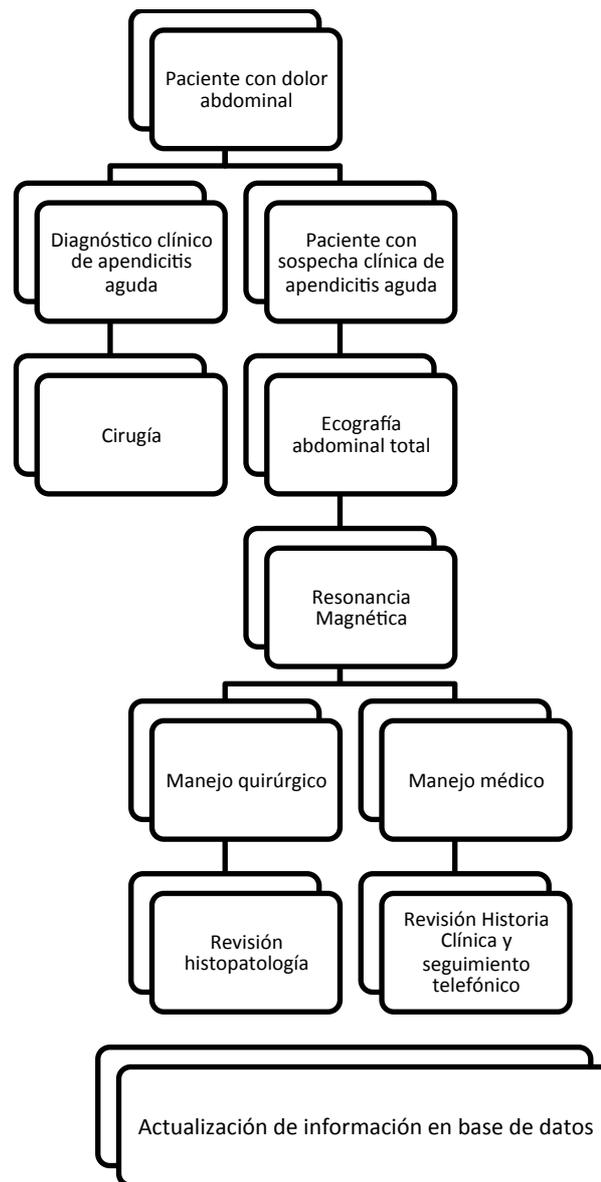
Tabla 2.

Dimensión	Variable	Indicador	Codificación/Unidad de medida	Naturaleza y nivel de medición	Tipo de variable
Factores sociodemográficos	Edad	Edad del paciente	Edad en años cumplidos	Cuantitativa Razón	Independiente
	Sexo	Sexo del paciente	1. Masculino 0. Femenino	Cualitativa Nominal	Independiente
				Razón	
				Razón	
Prueba Diagnóstica	Ecografía	Reporte radiológico	1. Positivo 0. Negativo	Cualitativa Nominal	Dependiente
	Resonancia Magnética	Reporte radiológico	1. Positivo 0. Negativo	Cualitativa Nominal	Dependiente
	Histopatología	Reporte patológico	1. Positivo 0. Negativo	Cualitativa Nominal	Dependiente
	Seguimiento clínico	Seguimiento clínico a 30 días	1. Positivo 0. Negativo	Cualitativa Nominal	Dependiente

### 7.5.1 Definición del evento – resultados

- Histopatología: se consideraron como positivos aquellos estudios en donde el patólogo reportó apendicitis aguda independiente de otros cambios asociados
- Se consideraron negativos aquellos en los que el reporte final excluyó apendicitis aguda, por ejemplo: histológicamente normal, neoplasias u obliteración fibrosa del tercio distal entre otras.
- Ecografía positiva para apendicitis aguda: visualización de una estructura tubular ciega, aperistáltica, no compresible y con un lumen distendido, anecoico rodeado de una mucosa ecogénica y una pared hipoecoica, engrosada junto al ciego, que en su diámetro transversal mida más de 6mm y se asocie a alteración de la grasa adyacente dada por aumento de la ecogenicidad de la misma<sup>1,2,32</sup>.
- Ecografía no conclusiva para apendicitis aguda: estudios técnicamente limitados por presencia de gas o por abundante pániculo adiposo, apéndice cecal no visualizado.
- Ecografía negativa para apendicitis aguda: visualización de una estructura tubular, ciega, compresible, menor a 6 mm de diámetro transversal sin alteración en la ecogenicidad de la grasa adyacente.
- Resonancia magnética negativa para apendicitis aguda: estructura tubular, con un diámetro menor o igual a 6 mm, con grosor de la pared menor a 2 mm. Tiene señal intermedia en T1 y T2 comparado con el músculo esquelético y puede aparecer hipointenso en T1 y T2 si está lleno de gas, de contraste negativo o de materia fecal<sup>5,10,15,19</sup>. Es importante determinar la ausencia de líquido intraluminal para confirmar su normalidad. La grasa periapendicular es isointensa en relación a la grasa observada en otros sitios del abdomen y debe tener intensidad de señal baja en las secuencias con supresión de grasa<sup>10</sup>.
- Resonancia magnética positiva para apendicitis aguda: Los hallazgos de apendicitis aguda se representan mejor en las imágenes potenciadas en T2 e incluyen: distensión de la luz del apéndice por presencia de líquido con diámetro en su eje menor superior a los 8 mm, engrosamiento de la pared por edema mayor a 2 mm, alteración de la señal de la grasa periapendicular asociada a la presencia de líquido periapendicular o libre en cavidad<sup>3-5,10,19,20,24</sup>.

7.6 Diagrama de protocolo



7.7 Plan de análisis

El análisis y procesamiento de la información se realizó a través de la calculadora de prueba diagnóstica de Alan Schwartz determinando las características operativas tanto para ecografía como para resonancia magnética así como un nomograma de Fagan. Se realizó una curva ROC y un análisis estratificado teniendo en cuenta las variables del estudio.

La recolección de los datos se realizó a través de un instrumento de recolección diseñado en Excel (Ver anexos, tabla 3); obteniendo variables cuantitativas y cualitativas, estas últimas con respecto al resultado de la ecografía, la resonancia magnética, el resultado de histopatología y el

seguimiento clínico, siendo positivas o negativas como se mencionó anteriormente en la definición de eventos.

#### *7.8 Sesgos de información:*

- Debido al instrumento de medición: el formato de recolección de los datos fue diseñado y revisado por el grupo investigador con el fin de corregir posibles confusiones en la definición de los datos pertinentes, además los datos son tomados de las historias clínicas electrónicas de la Fundación Cardio Infantil, las cuales tienen datos de registro obligatorio y contienen los datos de evolución clínica, informe de patología y reportes radiológicos.
- Por parte de los responsables de tomar la información. Los datos serán registrados en el formato de Excel por el personal de radiología el cual será capacitado para tal fin.

#### *7.9 Sesgos de selección:*

- Sesgos de selección: a todos los pacientes se le realizarán los dos estudios de forma consecutiva por lo tanto no habrá sesgos de este tipo.

#### *7.10 Consideraciones Éticas*

Este proyecto está basado en los principios fundamentales de la ética: respeto por las personas, justicia y beneficencia.

De acuerdo a la resolución número 008430 de 1993 de la República de Colombia expedida por el Ministerio de Salud y tal como dicta en el Título II, capítulo 1, artículo 11, esta es una investigación con riesgo mínimo.

##### *7.10.1. Autonomía*

Éste proyecto, se llevará a cabo en un hospital universitario, en donde cada paciente al ingresar al hospital firma un consentimiento informado donde permite que los datos de su historia clínica sean utilizados con fines de investigación, además firmará un consentimiento informado adicional autorizando la realización de la resonancia magnética en los casos en que esta no sea solicitada por el médico.

##### *7.10.2. Respeto por las personas*

La información resultante de este estudio será anónima y manejada confidencialmente por el grupo de investigadores.

### *7.10.3. Justicia*

El principio de justicia se aplicará mediante la utilización de los resultados en beneficios de los participantes y de la comunidad de la cual hacen parte.

Los resultados se presentarán en medios científicos con el fin de que su conocimiento sea útil para futuras intervenciones.

### *7.10.4. Beneficencia*

El propósito de la investigación es beneficiar a la población en general a través de la generación de nuevo conocimiento, que sirva de base para proponer indicaciones precisas para el uso de la resonancia magnética en el diagnóstico de apendicitis aguda y conocer las ventajas asociadas con esta modalidad de imagen diagnóstica.

Adicional a estos principios, se realizó un seguimiento estricto a los resultados de los estudios imagenológicos así como a la histopatología o evolución clínica según corresponda para asegurar que el estudio fuera detenido en caso de obtener resultados favorables, es decir que se comprobara la hipótesis antes de reclutar el total de pacientes así como sucedió.

**Aspectos administrativos del proyecto:***Cronograma De Actividades por semestre:*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Realización Protocolo								
Realización de Marco Teorico								
Selección de muestra								
Recolección de datos								
Procesamiento de información y Análisis de resultados								
Entrega final y Publicación								

*Presupuesto global de la propuesta:*

<b>RUBROS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>COSTO</b>
<b>PERSONAL</b> Investigadores Coinvestigadores Epidemiólogo	Horas de trabajo aportadas voluntariamente por los investigadores Honorarios del epidemiólogo	600.000
<b>EQUIPOS</b> Computadores personales Ecógrafo Resonador	Son de uso personal aportados por los investigadores La Fundación CardioInfantil – Instituto de Cardiología aporta el ecógrafo y el resonador y a su vez financia la realización de las resonancias magnéticas	27.200.000
<b>SOFTWARE</b> Epi Info Versión 3.5.3 Epidat 3.1	Licencia gratuita descargada de la página web del CDC Licencia aportada por UR	0
<b>MATERIAL</b> <b>BIBLIOGRÁFICO:</b> Acceso a bases de datos	Usos de las bases de datos de la Universidad del Rosario y de la Fundación Cardio Infantil en calidad de estudiante	0
<b>PUBLICACIONES</b> Publicación de los resultados	Será presentado para publicación en revistas indexadas	0
<b>TOTAL</b>		27.800.000

## Resultados

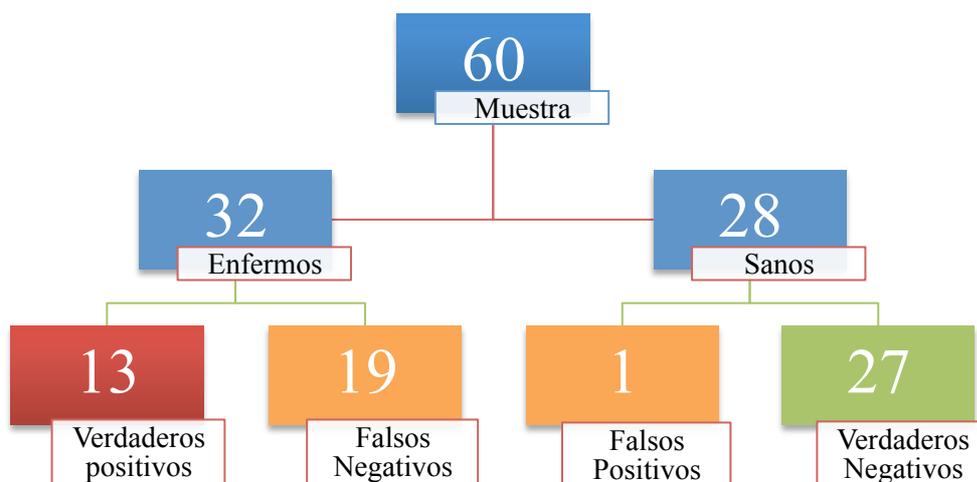
Se incluyeron en el presente estudio 60 pacientes que cumplieron con los criterios de selección. La frecuencia de apendicitis en la muestra (Probabilidad pre Test) fue de 53%.

La distribución por sexo fue de 30% de hombres y 70% de mujeres. La edad de los pacientes estuvo comprendida entre 18 y 76 años, con un promedio de edad de 35,85 (DE 15,30) años. Porcentualmente, la apendicitis se confirmó mas frecuentemente entre los hombres (88.9%), que entre las mujeres (38.1%) de la muestra (sig=0.000). No hubo diferencias estadísticamente significativas entre la edad de los pacientes con apendicitis (media =37.5, DE=16.83) y sin apendicitis (media =33.96, DE=13.40) (sig=0.377).

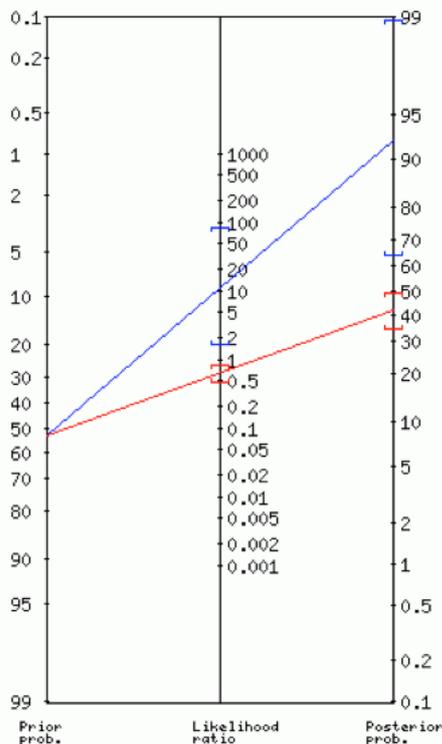
La Ecografía Abdominal tuvo una sensibilidad del 40.6% y una especificidad del 96.4% para el diagnóstico de apendicitis. Para el caso de los resultados positivos, la razón de verosimilitud fue de 11 [IC 95% 1.59-82] y la probabilidad post test de 93%[IC 95% 65%-99%]. Aproximadamente 1 de cada 1.1 personas con la prueba positiva estaba verdaderamente enferma. En cuanto a los resultados negativos de la Ecografía, la razón de verosimilitud fue de 0.62 [IC 95% 0.46-0.83] y la probabilidad post test de 41%[IC 95% 34%-49%]. Aproximadamente 1 de cada 1.7 personas con la prueba negativa estaba verdaderamente sana.

El comportamiento de la prueba se reporta en las Figuras 1 y 2.

Figura 1. Resultados de la Ecografía



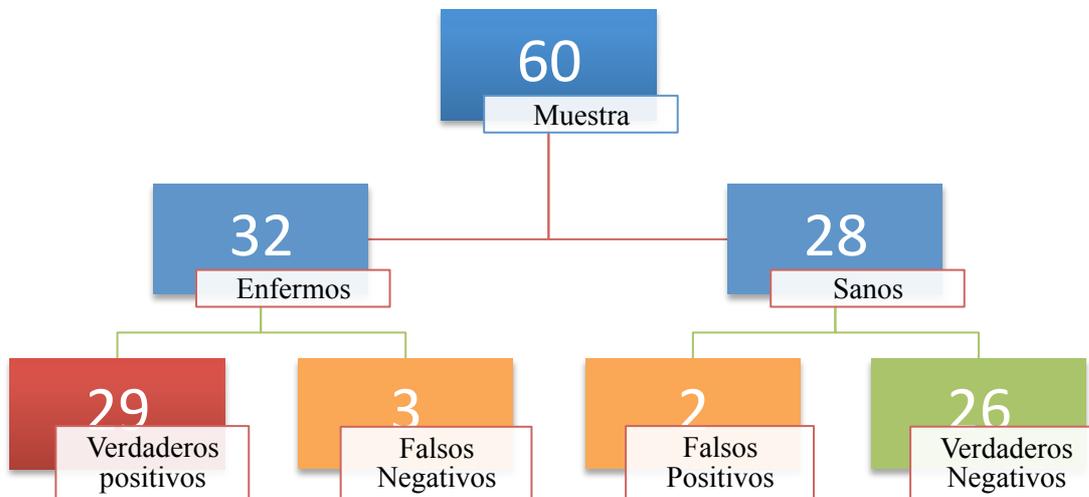
**Figura 2.** Nomograma de Fagan para Ecografía



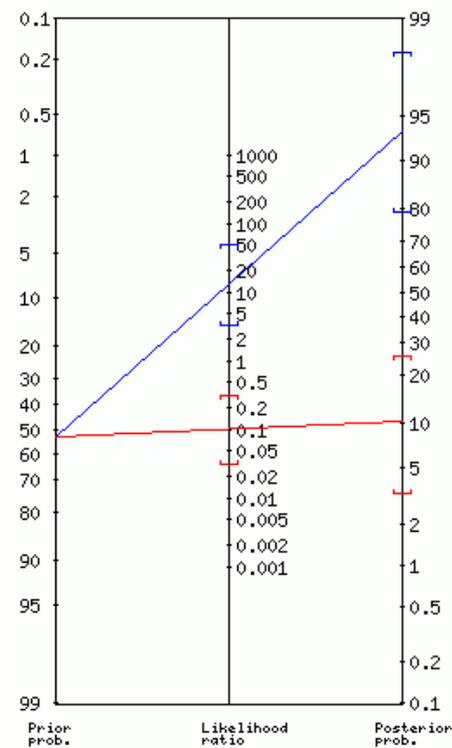
La Resonancia Magnética tuvo una sensibilidad del 90.6% y una especificidad del 92.6% para el diagnóstico de apendicitis. Para el caso de los resultados positivos, la razón de verosimilitud fue de 13 [IC 95% 3.32-48], la probabilidad post test de 94% [IC 95% 79%-98%]. Aproximadamente 1 de cada 1.1 personas con la prueba positiva estaba verdaderamente enferma. En cuanto a los resultados negativos, la razón de verosimilitud fue de 0.10 [IC 95% 0.03-0.30], la probabilidad post test de 10% [IC 95% 3%-26%]. Aproximadamente 1 de cada 1.1 personas con la prueba negativa estaba verdaderamente sana.

El comportamiento de la prueba se reporta en las **Figuras 3 y 4**.

**Figura 3.** Resultados de la Resonancia Magnética

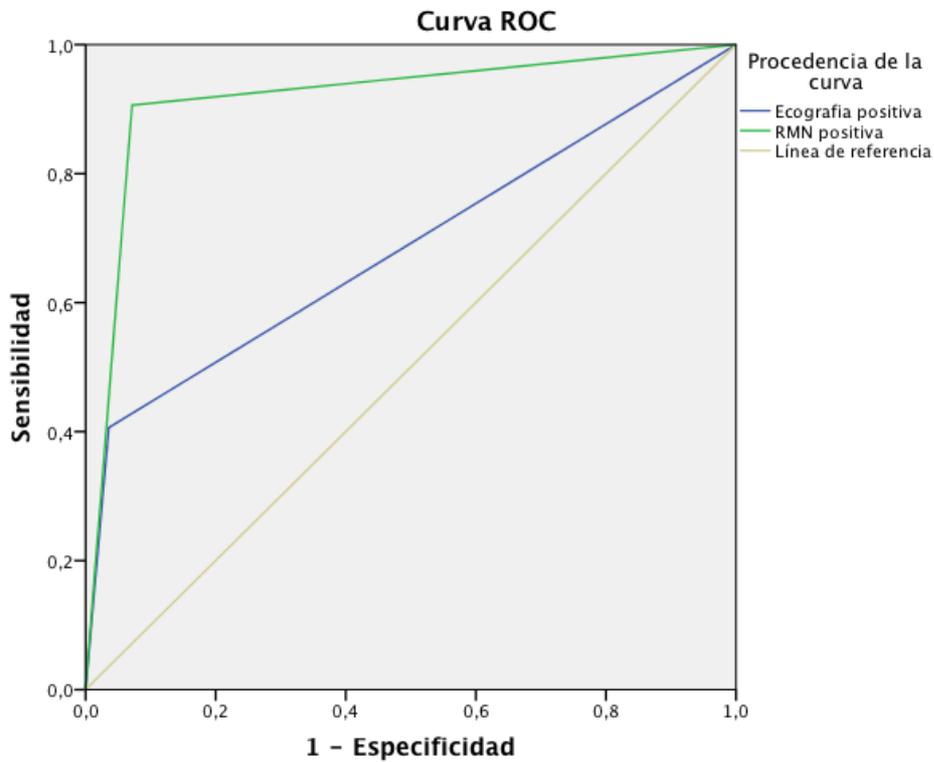


**Figura 4.** Nomograma de Fagan para Resonancia Magnética



En cuanto al rendimiento diagnóstico de la prueba, la Curva Operativa del Receptor se presenta en la Figura 5.

Las áreas bajo la curva fueron 0.685 (ES=0.069) para la discriminación de la Ecografía Abdominal positiva y de 0.917 (ES=0.041) para la discriminación de la Resonancia Magnética Nuclear de Abdomen positiva.



## Discusion de resultados

### 10.1 Principales hallazgos

El resultado principal del estudio muestra que la resonancia magnética tiene un excelente desempeño en el diagnóstico de apendicitis aguda en pacientes con clínica dudosa. Esta demostró una alta sensibilidad al detectar como positivos a 29 pacientes de los 32 enfermos siendo esta de 90.6% lo cual se pretendía demostrar con este estudio y especificidad de 92.6%, con 29 verdaderos positivos, 26 verdaderos negativos, 3 falsos negativos y 2 falsos positivos. Se obtuvo además una razón de verosimilitud positiva de 13, lo que indica que una resonancia magnética positiva es 13 veces más probable en un paciente con apendicitis aguda que en un paciente sano y valor predictivo positivo de 93.5% y valor predictivo negativo de 89.6%.

La edad promedio de pacientes con apendicitis aguda fue de 37 años, un poco más alta de lo esperado en esta patología y la distribución por sexo fue la misma, hubo 16 pacientes tanto de sexo femenino como masculino. Lo esperado es tener una mayor proporción de pacientes de sexo masculino con diagnóstico positivo cuando el rango de edad se encuentra entre la 2da y 3ra décadas; sin embargo, teniendo en cuenta que el promedio de edad fue mayor al esperado puesto que los pacientes debían tener más de 18 años para poder participar, la proporción obtenida es adecuada.

En nuestro estudio los hallazgos de líquido intraluminal y alteración de la grasa periapendicular, mejor visualizados en el T2 con saturación grasa (T2 WI TSE DRIVE), fueron los signos indicativos de apendicitis aguda, siendo el diámetro del apéndice y grosor de su pared menos relevantes para el diagnóstico.

Los hallazgos de líquido intraluminal y alteración en la intensidad de la grasa periapendicular también han sido los signos más importantes en el diagnóstico de apendicitis aguda.

Los estudios realizados por otros investigadores han demostrado sensibilidades y especificidad similares, las cuales varían entre 50% - 100% y 66% - 100%<sup>6,8,10,11,14-16,18,19,26</sup> respectivamente; sin embargo en la gran mayoría de estos estudios se ha incluido población pediátrica y mujeres embarazadas, además de estudios de resonancia magnética con contraste. En el estudio realizado por Inci *et al*<sup>15</sup> en el 2011, que incluyó 85 pacientes adultos a quienes se le realizó resonancia magnética sin contraste y se comparó con histopatología se obtuvieron sensibilidad y especificidad de 96.49% y 66.67% respectivamente, siendo esta última muy inferior al valor encontrado en nuestro estudio; por el contrario, en el estudio realizado por Incesu *et al*<sup>8</sup>, en 1997 que incluyó 60

paciente adultos, sin incluir embarazadas se obtuvieron sensibilidad y especificidad de 97% y 92% respectivamente, sin embargo, a diferencia de nuestro estudio, las resonancias magnéticas fueron realizadas con material de contraste endovenoso lo cual cambia la interpretación.

### *10.2 Fortalezas*

En cuanto a las fortalezas del estudio cabe mencionar que a pesar de tener un tamaño de muestra menor al planteado inicialmente en el protocolo (por recomendación del comité de investigaciones), el resultado obtenido es satisfactorio, demostrando que la sensibilidad de la resonancia magnética en el diagnóstico de apendicitis aguda es superior al 90%.

### *10.3 Debilidades*

Respecto a las debilidades del estudio es importante mencionar que la recolección de pacientes no fue óptima puesto que muchas veces los datos clínicos emitidos por el médico tratante no eran lo suficientemente específicos para poder incluirlos. Por otro lado fue necesario retirar a tres pacientes del estudio por pérdida en el seguimiento ya que fue imposible contactarlos por suministro de datos personales inadecuados.

Adicionalmente las resonancias magnéticas fueron leídas por un radiólogo especialista en imagen corporal sin que hubiesen sido revisadas de manera alterna por un segundo evaluador impidiendo así obtener variabilidad interobservador.

Una debilidad ocasional fue que algunos de los pacientes con diagnóstico ecográfico positivo fueron remitidos a otras instituciones por no disponibilidad de camas en nuestro hospital, sin embargo se obtuvieron los resultados de sus patologías para el seguimiento.

### ***10.4 Implicaciones:***

#### *10.4.1 Para la práctica*

Los datos obtenidos de este estudio tienen una importancia clínica relevante puesto que se demostró que la resonancia magnética demuestra una sensibilidad mayor al 90% en el diagnóstico de apendicitis aguda cuando hay clínica dudosa haciéndola una prueba útil y efectiva. Esto se traduce en oportunidad de atención a los pacientes puesto que serán intervenidos con mayor rapidez, tendrán menor estancia en urgencias y por lo tanto generaran menos costos al sistema de salud no solo por su rápida rotación sino porque no requerirán estudios adicionales en caso de tener ecografía negativa.

Proponemos de rutina incluir la resonancia magnética con protocolo de apéndice dentro del algoritmo de dolor abdominal con sospecha clínica de apendicitis en pacientes con ecografía negativa; sin embargo el protocolo se limita a explorar la fosa iliaca derecha, por lo tanto, en pacientes con una localización del apéndice diferente a esta, el estudio puede ser un falso negativo

#### *10.4.2 Para la investigación*

La importancia de este estudio en la investigación se enfoca principalmente en el rol que ha venido desempeñando la resonancia magnética en los últimos años en el diagnóstico de apendicitis aguda en clínica sospechosa con ecografía negativa. Demostrando que tanto su sensibilidad como especificidad son superiores al 90% puede empezar a utilizarse en el algoritmo de estudio de estos pacientes para que, en un futuro próximo esta pueda reemplazar a la escanografía, que actualmente es el patrón de oro de diagnóstico imagenológico, evitando radiación innecesaria y potencial nefrotoxicidad del medio de contraste.

### **Conclusión**

Consideramos que la resonancia magnética puede tener un rol en la confirmación del diagnóstico de apendicitis aguda en pacientes en los cuales la sospecha clínica de esta persiste a pesar de un resultado negativo de la ecografía abdominal. La resonancia magnética puede ser una excelente alternativa para la confirmación del diagnóstico de apendicitis aguda en pacientes en los que la preparación con material de contraste oral y endovenoso no sean deseables, permitiendo también una disminución de la exposición a radiación ionizante (al confirmar el diagnóstico mediante escanografía) además de brindar un tratamiento oportuno y en los casos de ser negativa va a evitar laparotomías innecesarias.

### Bibliografía

1. Prystowsky JB, Pugh CM, Nagle AP. Appendicitis. *Curr Probl Surg* 2005;42(10):694-742
2. Rao PM, Boland GWL. Imaging of Acute Right Lower Abdominal Quadrant Pain. *Clinical Radiology* (1998) 53, 639-649
3. Cobben L, Groot I, Kingma L, Coerkamp E, Puylaert J, Blickman J. A simple MRI protocol in patients with clinically suspected appendicitis Results in 138 patients and effect on outcome of appendectomy. *Eur Radiol* 2009;19:1175–1183
4. Israel G, Malguria N, McCarthy S, Copel J, Weinreb J. MRI vs. Ultrasound for Suspected Appendicitis During Pregnancy. *J. Magn. Reson. Imaging* 2008;28:428–433
5. Chabanovaa E, Balslevb I, Achiamc M, Nielsena YW, Adamsenc S, Gocht-Jensenc P, Brisling SK, Logagera VB, Thomsen HS. Unenhanced MR Imaging In Adults With Clinically Suspected Acute Appendicitis. *EurJRadiol* 2011;79(2):206-210
6. Pedrosa I, Laforanara M, Pandharipande PV, Goldsmith JD, Rofsky NM. Pregnant Patients Suspected Of Having Acute Appendicitis: Effect Of MR Imaging On Negative Laparotomy Rate And Appendiceal Perforation Rate. *Radiology* 2009;250(3):749-757
7. Graffeo CS, Counselman FL. Appendicitis. *Emerg Med Clin N Am.* 1996;14(4):653-671
8. Williams GR. Presidential Address: A History of Appendicitis. *Annals of Surgery.* 1983;197(5):495-506
9. Tapia C, Castillo R, Ramos O, Morales J, Blacud R, Vega R, Silva F. Detección precoz de infección de herida operatoria en pacientes apendicectomizados. *Rev. Chilena de Cirugía.* 2006;58(3):181-86
10. Lam M, Singh A, Kaewlai R, Novelline RA. Magnetic resonance of acute appendicitis pearls and pitfalls. *Curr Probl Diagn Radiol* 2008;37:57-66
11. Petroianu A. Diagnosis of acute appendicitis. *Int J Surg.* 2012;10:115-119
12. Nitta N, Takahashi M, Furukawa A, Murata K, Mori M, Fukushima. MR imaging of the Normal Appendix and Acute Appendicitis. *J. Magn. Reson. Imaging* 2005;21:156–165

13. Doria AS, Moineddin R, Kallenberger CJ, Epelman M, Beyene J, Schuh S, Babyn PS, Dick PT. US Or CT For Diagnosis Of Appendicitis In Children And Adults? A Meta-Analysis. *Radiology* 2006;241(1):83-94
14. Incesu L, Coskun A, Selcuk MB, Akan H, Sozubir S, Bernay F. Acute appendicitis MR imaging and sonographic correlation. *AJR* 1997;168:669-674
15. Brown MA. Imaging Acute Appendicitis. *Semin Ultrasound CT MRI* 2008;29:293-307
16. Jacobs JE, Birnbaum BA. CT Imaging In Acute Appendicitis: Techniques And Controversies. *Semin Ultrasound CT MRI* 2003; 24(2):96-100
17. Brown JJ. Acute Appendicitis: The Radiologist's Role. *Radiology* 1991; 180:13-14
18. Blebea JS, Meilstrup JW, Wise SW. Appendiceal Imaging: Which Test Is Best? *Semin Ultrasound CT MRI* 2003; 24(2):91-95
19. Inci E, Hocaoglu E, Aydin S, Palabiyik F, Cimilli T, Turhan AN, Aygün E. Efficiency of unenhanced MRI in the diagnosis of acute appendicitis: Comparison with Alvarado scoring system and histopathological results. *EurJRadiol* 2011;80(2):253-258
20. Singh AK, Desai H, Novelline RA. Emergency MRI Of acute pelvic pain: MR protocol with no oral contrast. *Emerg Radiol* 2009;16:133–141
21. Inci E, Kilickesmez O, Hocaoglu E, Aydin S, Bayramoglu S, Cimilli T. Utility of diffusion-weighted imaging in the diagnosis of acute apendicitis. *Eur Radiol.* 2011;21:768-775
22. Bammer R. Basic principles of diffusion-weighted imaging. *Eur J Radiol.* 2003;45:169-184
23. Le Bihan D. Diffusion/Perfusion MR Imaging of the Brain: From Structure to Function. *Radiology.* 1990;177:328-329
24. Pedrosa I, Levine D, Eyvazzadeh AD, Siewert B, Ngo L, Rofsky NM. MR Imaging Evaluation Of Acute Appendicitis In Pregnancy. *Radiology* 2006;238(3):891-899
25. Birchard KR, Brown MA, Hyslop WB, Firat Z, Semelka RC. MRI Of Acute Abdominal And Pelvic Pain In Pregnant Patients. *AJR* 2005;184:452–458
26. Pedrosa I, Zeikus EA, Levine D, Rofsky NM. MR Imaging Of Acute Right Lower Quadrant Pain In Pregnant And Nonpregnant Patients. *RadioGraphics* 2007; 27:721–753

27. Food and Drug Administration [www.fda.gov], Drugs [página Web] 10903 New Hampshire Avenue, Silver Spring, MD 20993 [Actualizada el 01/27/2010] Public Health Advisory: Suspended Marketing of NeutroSpec (Technetium (99m Tc) fanolesomab). Disponible en: <http://www.fda.gov/drugs/drugsafety/postmarketdrugsafetyinformationforpatientsandproviders/drugsafetyinformationforhealthcareprofessionals/publichealthadvisories/ucm051652.htm>
28. Liang HH, Hung CS, Wang W, Tam KW, Chang CC, Liu HH, Yen KL, Wei PL. Single-incision versus conventional laparoscopic appendectomy in 688 patients: a retrospective comparative analysis. *Can J Surg.* 2014; 57(3):E89-E97
29. So JBY, Chiong EC, Chiong E, Cheah WK, Lomanto D, Goh P, Kum CK. Laparoscopic Appendectomy for Perforated Appendicitis. *World J. Surg.* 2002;26(12):1485-1488.
30. Gomes CA, Soares Junior C, Campos Costa EF, Pereira Alves PA, Vieira de Faria C, Cangussu IV, Pires Costa L, Couto Gomes C, Couto Gomes F. Lessons Learned With Laparoscopic Management of Complicated Grades of Acute Appendicitis. *J Clin Med Res.* 2014;6(4):261-266
31. Berry J Jr, Malt RA. Appendicitis near its centenary. *Ann Surg* 1984;200(5):567-75
32. Greenhalgh R, Punwani S, Taylor SA. Is MRI routinely indicated in pregnant patients with suspected appendicitis after equivocal ultrasound examination? *Abdom Imaging* 2008;33:21–25
33. Hörmann M, Puig S, Prokesch SR, Patrik B, Helbich TH. MR imaging of the normal appendix in children. *Eur Radiol* (2002) 12:2313–2316
34. Hörmann M, Paya K, Eibenberger K, Dorffner R, Lang S, Kreuzer S, Metz VM. MR Imaging in Children with Non perforated Acute Appendicitis: Value Of Unenhanced MR Imaging In Sonographically Selected Cases. *AJR* 1998;171:46
35. Hammond NA, Miller FH, Yaghmai V, Grundhoefer D, Nikolaidis P. MR imaging of acute bowel pathology: a pictorial review. *Emerg Radiol* 2008;15:99–104
36. Singh A, Danrad R, Hahn PF, Blake MA, Mueller PR, Novelline RA. Imaging Of The Acute Abdomen And Pelvis: Acute Appendicitis And Beyond. *RadioGraphics* 2007; 27:1419–1431

37. Nikolaidis P, Hammond N, Marko J, Miller FH, Papanicolaou N, Yaghmai V. Incidence of visualization of the normal appendix on different MRI sequences. *Emerg Radiol* 2006;12: 223–226
38. Tkacz JN, Anderson SA, Soto J. Imaging In Gastrointestinal Emergencies. *RadioGraphics* 2009; 29:1767–1780.
39. Darge K, Anupindi SA, Jaramillo D. MR Imaging Of The Bowel: Pediatric Applications. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2008; 16:467–478
40. Vu L, Ambrose D, Vos P, Tiwari P, Rosengarten M, Wiseman S. Evaluation Of MRI For The Diagnosis Of Appendicitis During Pregnancy When Ultrasound Is Inconclusive. *Journal of Surgical Research* 2009; 156:145–149
41. Brook OR Slotzky M, Deutsch M, Goldsher D. The Role Of Magnetic Resonance Imaging In The Differential Diagnosis Of Acute Right Lower Quadrant Pain During Pregnancy. *IMAJ* 2007;9:883–884
42. Yang MJ, Tseng JY, Hsu WL. Magnetic Resonance Imaging As A Diagnostic Tool In Pregnancy With Appendiceal Abscess. *J Chin Med Assoc* 2007;70(8):345–347
43. Oto A, Ernst RD, Shah R, Koroglu M, Chaljub G, Gei AF, Zacharias N, Saade G. Right-Lower-Quadrant Pain And Suspected Appendicitis In Pregnant Women Evaluation With MR Imaging Initial Experience. *Radiology* 2005; 234:445–451
44. Cobben LP, Groot I, Haans L, Blickman JG, Puylaert J. MRI For Clinically Suspected Appendicitis During Pregnancy. *AJR* 2004;183:671–675
45. Wieseler KM, Bhargava P, Kanal KM, Vaidya S, Stewart BK, Dighe MK. Imaging In Pregnant Patients Examination Appropriateness. *RadioGraphics* 2010;30:1215–1233
46. Lee KS, Rofsky NM, Pedrosa I. Localization of The Appendix At MR Imaging During Pregnancy Utility Of The Cecal Tilt Angle. *Radiology* 2008;249(1):134–141
47. Lee SL, Walsh AJ, Ho HS. Computed Tomography And Ultrasonography Do Not Improve And May Delay The Diagnosis And Treatment Of Acute Appendicitis. *Arch Surg.* 2001;136:556-562

48. Kanal E, Borgstede JP, Barkovich AJ, Bell C, WG Bradley, Felmlee JP, Froelich JW, Kaminski EM, Keeler EK, Lester JW, Scoumis EA, Zaremba LA, Zininger MD. American College of Radiology. White Paper on MR Safety. *AJR*; 2002;178:1335–1347.

**Anexos**

Tabla 1. Tabla de Escenarios de Tamaño de Muestra

	<b>Sensibilidad ecografía</b>	<b>Poder 80%</b>	<b>Poder 90%</b>
<b><math>\alpha</math> 1%</b>	50%	25	32
	60%	41	52
	70%	79	102
	80%	255	330
<b><math>\alpha</math> 5%</b>	50%	16	21
	60%	25	34
	70%	49	67
	80%	157	217

Tabla 2. Herramienta de Recolección de Datos

	<b>NOMBRE</b>	<b>HC</b>	<b>EDAD</b>	<b>SEXO</b>	<b>ECO</b>	<b>RM</b>	<b>PATOLOGÍA</b>	<b>SEGUIMIENTO</b>
<b>1</b>								
<b>2</b>								
<b>3</b>								
<b>4</b>								
<b>5</b>								
<b>6</b>								
<b>7</b>								