

Introducción

Todos los seres humanos están expuestos, a diario, a ciertas cantidades de radiación ionizante procedente de fuentes naturales (radiación cósmica, materiales radiactivos y artificiales, dispositivos médicos o de telecomunicaciones, armas nucleares, desechos radiactivos)(1). La radiación ionizante se clasifica como electromagnética (rayos X y rayos *gamma*) y energía de partículas (*alfa* o *beta*); la electromagnética puede penetrar en los tejidos humanos, mientras las partículas alfa o beta se introducen, escasamente, en la piel, pueden comportarse como carcinogénicos debido a su capacidad de causar cambios biológicos o químicos en las células que alcanzan (2).

La radiación ionizante es empleada, ampliamente, en el campo del diagnóstico médico por imágenes; actualmente, del 30 % al 50 % de las decisiones médicas, especialmente en pacientes con condiciones críticas, se basan en los hallazgos radiológicos (3). En la última década ha incrementado el número de tomografías computarizadas realizadas en la población en general, específicamente en la población gestante (4).

Con este aumento progresivo del uso de imagenología diagnóstica también crece la preocupación por los efectos adversos en el desarrollo fetal (5), por lo tanto, es necesario alcanzar un balance entre la dosis de exposición de la paciente y el feto y la calidad de la imagen, de modo que se pueda realizar un diagnóstico preciso con la mínima dosis de radiación posible y evitar retrasos en el inicio del tratamiento (6).

A causa de lo anterior, es imperativo, para el personal de salud, conocer los principales efectos adversos relacionados con el uso de imágenes diagnósticas en la gestación, específicamente de aquellas que involucren radiación ionizante, y de esta forma, poder justificar en la práctica clínica el manejo adecuado de estas técnicas para el beneficio de la paciente (7), para evitar la infrautilización, la sobreutilización o el uso inapropiado de estas (8). Esta revisión se enfoca en describir los principales métodos imagenológicos de diagnóstico, usados en las gestantes, y sus posibles efectos adversos de acuerdo con la edad gestacional en la que se realicen, el procedimiento elegido y las recomendaciones para la protección contra radiación ionizante en esta población.

Introduction

All human beings are exposed to certain amounts of ionizing radiation on a daily basis, from natural sources (cosmic radiation, radioactive materials) and artificial sources (medical or telecommunication devices, nuclear weapons, radioactive waste) (1). Ionizing radiation is classified as electromagnetic (x-rays and gamma rays) and particle energy (alpha or beta particles); the electromagnetic radiation can penetrate human tissues, while alpha or beta particles barely penetrate the skin, although they may behave as carcinogens, due to their

ability to cause biological or chemical changes in the cells they affect (2).

Ionizing radiation has been widely used in the field of medical imaging. Currently, 30-50 % of medical decisions, especially in patients with critical conditions, are based on radiological findings (3). In the last decade, the number of CT scans performed in the general population, especially in the pregnant population, has increased (4). With this progressive increase in the use of diagnostic imaging, there has also been an increase in concern about adverse effects on fetal development (5). Therefore, it is necessary to achieve a balance between the exposure dose to the patient and the fetus, and the quality of the image, so that an accurate diagnosis with the lowest possible radiation dose can be made; this, in order to avoid delays in the start of treatment (6).

Moreover, it is imperative for health care professionals to know the main adverse effects related to the use of diagnostic imaging in pregnancy, specifically those which involve ionizing radiation; this, to be able to adequately justify in clinical practice the use of these techniques for the benefit of the patient (7), avoiding their underuse, abuse or inappropriate use (8). This review focuses on the description of the main diagnostic imaging methods used in pregnant women and their possible adverse effects, according to the gestational age at which they are performed; and according to the procedure chosen, as well as the recommendations for protection against ionizing radiation in this population.

Efectos de la radiación ionizante en los tejidos

Los efectos biológicos de la radiación se clasifican como determinísticos o estocásticos (7, 9); los determinísticos (7), llamados también reacciones tisulares (10), se relacionan con la exposición a altas dosis de radiación y dependen, directamente, de la dosis recibida (7), por lo tanto, hay un límite bajo el que no se produce el efecto (11). Estos efectos pueden generar apoptosis celular y fallo en la replicación celular (12) al afectar un gran número de células en el período crítico de la organogénesis (13), esto puede resultar en daños visibles como anomalías en el desarrollo, retraso en el crecimiento (10), cataratas, infertilidad, telangiectasias y necrosis dérmica (12). Los estocásticos se manifiestan meses después de la exposición y no se relacionan con una dosis específica de radiación (7), pueden producir daño en una única célula que después inducirá a efectos mutagénicos, esto causa carcinogénesis (12). Entre los efectos estocásticos están las anomalías hereditarias y la malignidad (10), sin embargo, la probabilidad de ocurrencia es proporcional a la dosis absorbida (7, 9). En el gráfico 1 se muestran los posibles efectos de la radiación ionizante.

Tabla 1. Efectos de la radiación ionizante.

Efectos determinísticos	Efectos estocásticos
Restricción del crecimiento fetal Anomalías congénitas (esqueléticas, oftálmicas, tracto genital) Riesgo de retardo mental Microcefalia Muerte fetal	Riesgo aumentado de malignidad en la infancia - Leucemia - Linfoma

Fuente: Elaborado con fines académicos con base en Eastwood, *imaging in pregnancy*, 2019 y Kumar, *Radiation effects on the fetus*, 2020.

proliferación y la migración celular, secundarias a muerte celular (7); es la etapa más sensible para microcefalia radioinducida (5). Cuando la radiación sobrepasa los 100 mGy, puede haber defectos cognitivos y un IQ reducido (7).

Entre las semanas 8 y 15 pueden perderse entre 25 a 31 puntos de IQ por cada gray, por encima de 100 mGy, con un 40 % de riesgo de discapacidad intelectual severa por cada gray por encima de 0.1 Gy (13).

Entre las semanas 8 a la 17 de la edad gestacional no se han encontrado déficits cognitivos con ninguna dosis de radiación procedente de imágenes diagnósticas (7) por encima de 0.1 Gy (13), sin embargo, dosis entre 0.1 y 0.49 Gy se han asociado con una incidencia del 6 % de retardo mental. La pérdida aproximada de IQ, en las semanas de la 16 a la 25, es de 13 a 21 puntos por gray a dosis por encima de 0.7 Gy (700 mGy), con un 9 % de posibilidad de desarrollar una discapacidad intelectual severa por cada gray por encima de 0.7 Gy (13).

Después de la semana 1, la posibilidad de inducción de una patología maligna es relativamente constante, pero se vuelve más certera después de la semana 15 (5). Con base en los estudios de víctimas de bombardeos nucleares, se dedujo que la exposición a dosis de radiación ionizante entre 0.05 a 0.1 Gy (exposición prolongada) o entre 0.01 a 0.05 Gy (exposición aguda) incrementan el riesgo de algunos cánceres (19). Otros estudios estimaron que por cada 10 mGy de radiación ionizante recibida, el riesgo de cáncer aumenta en un 0.05%, además, por cada 25 mGy a que es expuesto el feto, acrecienta el riesgo de cáncer infantil 2 veces a su riesgo basal (3); si bien, el peligro absoluto se mantiene bajo (1:250)(12).

En el segundo y tercer trimestre el feto es más resistente a la radiación, si la dosis sobrepasa los 0.5 Gy causa abortos, reducción en el crecimiento, reducción del IQ y retardo mental severo (6). En la Tabla 2 se resumen los posibles efectos de los grupos de dosis de radiación ionizante en diversas edades gestacionales.

Es importante conocer los efectos de la exposición

Tabla 2. Dosis de radiación ionizante y efectos relacionados.

Edad gestacional	<50 mGy	50-100 mGy	>100 mGy	Dosis umbral estimada
0 - 2 semanas (pre implantación, implantación, pos implantación)	Ningún efecto	Ningún efecto	Ningún efecto - fenómeno de todo o nada, si ocurre alguna alteración no letal, será reparada sin consecuencias	50 - 100 mGy
3 - 4 semanas (organogénesis temprana)	Ningún efecto	Probablemente ningún efecto	Posible aborto espontáneo	200 mGy
5 - 10 semanas	Ningún efecto	Efectos potenciales inciertos, leves, no son clínicamente detectables	Posibles malformaciones congénitas (relacionadas con la dosis) como esqueléticas, oftálmicas, de tracto genital Restricción de crecimiento fetal	200 mGy 200 - 250 mGy
11 - 17 semanas (organogénesis tardía)	Ningún efecto	Efectos potenciales inciertos, leves, no son clínicamente detectables	Riesgo de déficit cognitivo Microcefalia (la severidad se relaciona con la dosis) Riesgo de retardo en crecimiento	60 - 310 mGy 200 mGy 25 puntos de IQ por cada 1000 mGy
18 - 27 semanas	Ningún efecto	Ningún efecto	Déficit cognitivo (no detectable en dosis de imágenes diagnósticas)	250 - 280 mGy
>27 semanas (fase fetal tardía)	Ningún efecto	Ningún efecto	Ninguno aplicable en medicina diagnóstica	

Fuente: Elaborado con fines académicos con base en Rocha, *Imaging evaluation of nonobstetric conditions during pregnancy: what every radiologist should know*, 2020, Eastwood, *imaging in pregnancy*, 2019 y Zarghani, *a narrative review on the radiation risk of medical imaging for traumatic pregnant patient and the fetal risks*, 2018.

Este documento debe firmarse con la indicación de cualquier imagen diagnóstica, lo que incluye la (RMN) y TAC (7).

En la Tabla 3 se plantean las recomendaciones para la disminución de la dosis fetal en múltiples estudios imagenológicos.

En la siguiente tabla (Tabla 4) se encuentran resumidas las indicaciones y efectos de múltiples estudios imagenológicos que se utilizan usualmente durante la gestación.

En la Tabla 5 se presentan las dosis mínimas y máximas de varias proyecciones en tomografía axial computarizada.

En la Tabla 7 se aprecia la clasificación de las imágenes diagnósticas según la cantidad de radiación que aporte, así como dosis de radiación fetal para los exámenes imagenológicos más comunes.

Uso de las imágenes de radiación ionizante en múltiples patologías en las gestantes

Trauma

Entre las principales causas de trauma, durante la gestación, se encuentran los accidentes de tránsito y la violencia doméstica (7), el trauma cerrado lleva a una muerte fetal entre el 3% al 38% de los casos (26); la mayoría de hospitalizaciones ocurren en el tercer trimestre (11).

La evaluación física, la historia clínica y el puntaje de trauma son necesarios para reducir, en lo posible, la cantidad de imágenes diagnósticas a las que es sometida la paciente. Se debe tener en cuenta que, en un caso de trauma agudo, aumentar la posibilidad de supervivencia fetal depende de disminuir la morbilidad materna (27). El US es el método imagenológico más seguro en el embarazo y permite identificar el líquido libre en cavidad abdominal (7, 26); el US FAST (*Focused Assessment with sonography for trauma*) evalúa las zonas subxifoidea, los cuadrantes superiores derecho e izquierdo y la región suprapúbica (11).

Tabla 4. Dosis, indicaciones, y efectos de múltiples estudios imagenológicos en gestantes.

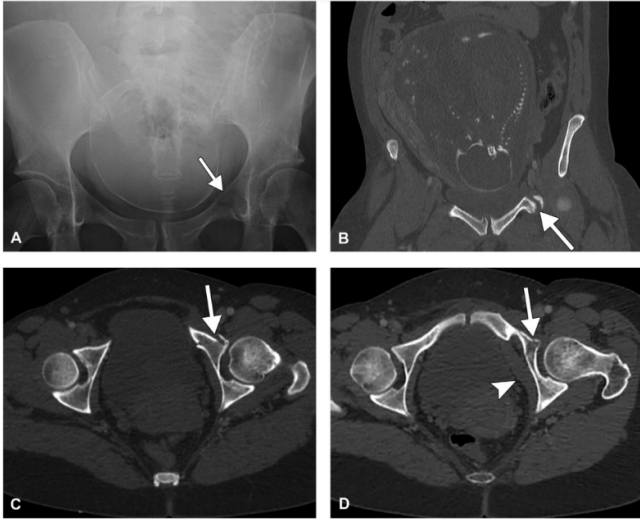
Estudio	Radiación emitida	Indicaciones	Efectos	Observaciones
Medicina nuclear	La mayoría < 20 mGy	Tc99m en patología de tiroides	Pocos efectos determinísticos	El yodo radiactivo (22)(I 121 - 131) (6) cruza la placenta
Ultrasonido (US)	No produce radiación ionizante. Usa ondas de sonido.	En la mayoría de situaciones clínicas en la gestante	Posibles efectos térmicos in vivo Efectos de cavitación tisular Mayores con doppler color y espectral	Ampliamente disponible Operador dependiente Bajo costo Difícil diagnóstico con desplazamiento de estructuras por la gestación No exponer más de 60 minutos
Tomografía axial computarizada (TAC)	Abdomen y/o pelvis = 20 mGy. Si es multifase = 50 mGy.	Trauma, tromboembolismo pulmonar (TEP), estadiaje de malignidad, apendicitis, etc.	En el límite de la dosis de efecto.	En causas no traumáticas de dolor abdominal: Sensibilidad 88%, especificidad 90%, valor predictivo positivo 91%, valor predictivo negativo 85%
Resonancia magnética nuclear (RMN)	No produce radiación ionizante. Usa campos magnéticos.	RMN de 3T se desaconseja parcialmente Diagnóstico en múltiples patologías, incluso si no se puede dar diagnóstico con otros métodos.	Exposición a campo magnético grande. Puede afectar migración celular en el primer trimestre. Posible daño acústico. No se han demostrado efectos in vivo	Excelente resolución para tejidos blandos y se pueden obtener imágenes multiplanares
Radiografía	En general: 0.001 a 10 mGy.	No realizar tomas simples, ya que no dan información suficiente para justificarlas, ni disminuyen la necesidad de otros estudios.	Está bajo el límite de dosis dañina.	Tomarlas en proyección posterior a anterior para atenuación del haz de rayos x.

Fuente: Elaborado con fines académicos con base en: Mathur S, 2020, Eastwood K, 2019, Yoon I, 2020, Rocha A, 2020, Shur J, 2018, Sensakovic W, 2020, Raj M, 2020, Lum M, 2020

Tabla 5. Dosis fetales estimadas para varias proyecciones de tomografía.

Proyección	Dosis fetal mínima (mGy)	Dosis fetal máxima (mGy)	Categoría de la dosis	Recomendación
Cabeza y cuello	1	10	Bajo a moderado	Realizar el estudio si se requiere para el diagnóstico, considerar riesgos y beneficios

Figura 1. Gestante de 29 años de edad, G2P1, con edad gestacional de 28 semanas, que sufre accidente de tránsito siendo la conductora del vehículo. Presentó incapacidad para deambular posterior al accidente. La radiografía AP (A) muestra una fractura no desplazada de la rama superior izquierda del pubis (flecha). En los cortes coronal (B, flecha) y axial (C, flecha) del TAC se aprecia mejor esta lesión, con hallazgo de un hematoma en la pared lateral pélvica izquierda (D, flecha)(11).

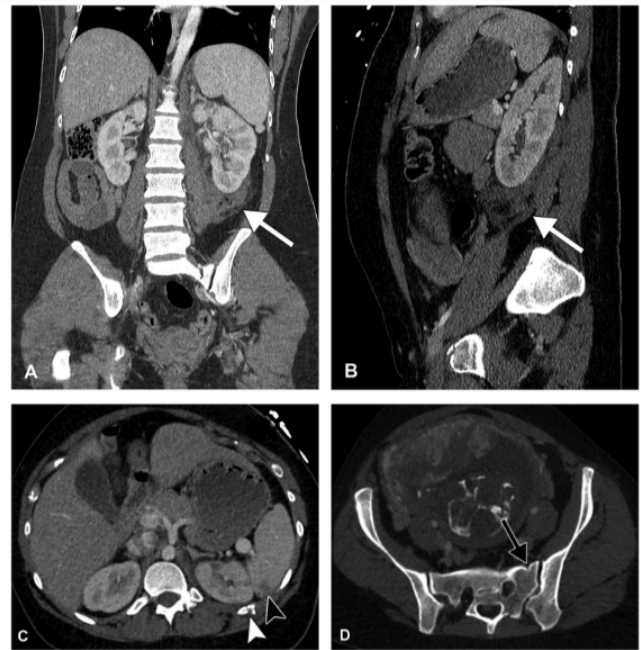


Fuente: Tomado con fines académicos de Cain U, *musculoskeletal injuries in pregnancy*, 2021.

La TAC es considerada fundamental para la detección de lesiones en órganos sólidos y huesos (ejemplo en figura 1 y figura 2); para realizar un seguimiento de las lesiones es posible utilizar la ecografía o la RMN con el fin de reducir las dosis de radiación maternas y fetales (8), y deben usarse protocolos de baja dosis (11). Cuando en un caso de trauma severo se demande emplear múltiples TAC, está indicado el uso de medidas apropiadas para disminuir la radiación acumulativa(8), generalmente, se le considera la imagen preferida para trauma en gestantes, debido a su disponibilidad y a su rápida obtención (28).

La RMN no es muy utilizada para la evaluación de lesiones musculoesqueléticas a causa de sus largos tiempos de adquisición, pero contribuye a la valoración de lesiones neurológicas en la médula, o lesiones ocultas en los tejidos blandos y óseos. Además, tiene un rol importante en el seguimiento de estas, reduce la dosis de radiación ionizante administrada a la madre y al feto (11).

Figura 2. La misma paciente de 29 años de edad con 28 semanas de gestación también presentó una laceración renal izquierda grado 1 con hematoma perirrenal (A y B, flechas blancas), una fractura de la costilla 11 (C, flecha blanca) con una laceración esplénica grado 1 asociada (C, flecha negra) y una fractura sacra no desplazada (D, flecha negra). Nótese la proximidad del cráneo fetal a las fracturas pélvicas. No se encontraron lesiones vasculares pélvicas o daño fetal (11).



Fuente: Tomado con fines académicos de Cain U, *musculoskeletal injuries in pregnancy*, 2021.

Tromboembolismo pulmonar

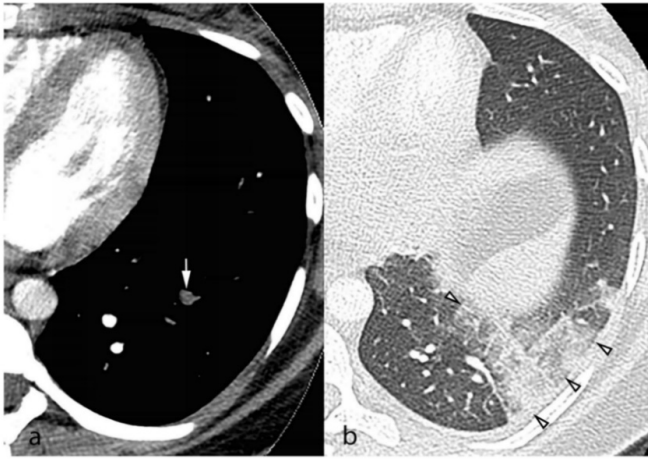
A lo largo de la gestación, las causas más comunes de disnea incluyen el TEP, la neumonía adquirida en la comunidad (NAC), el edema pulmonar, las exacerbaciones de asma y la aspiración de líquido amniótico (7). La indicación más frecuente para la toma de una TAC de tórax en gestantes es la sospecha de un TEP (5), este se origina desde una trombosis venosa profunda (TVP) (29). En el Gráfico 1 se muestra el algoritmo sugerido para abordaje en la sospecha de TEP en la gestante.

Cuando se sospecha esta patología se debe tomar, inicialmente, un electrocardiograma y una radiografía de tórax (22). Se utiliza el ultrasonido con compresión (7) en las extremidades inferiores para buscar TVP (6) en caso de que se manifieste sintomatología de este tipo (30). No obstante, si existe sospecha de una trombosis venosa pélvica, el útero grávido obstruye la visibilidad, esto hace que se requiera una RMN (30).

Si el US no está disponible, sus resultados no son concluyentes, no hay síntomas asociados de TVP (7) o la sospecha clínica de TEP se mantiene (6), el siguiente paso incluye la toma de una radiografía de tórax, y aun cuando los hallazgos típicos de TEP son inusuales, sí permite evaluar otros diagnósticos diferenciales como neumonía, neumotórax y edema pulmonar (30).

Posterior a esto, se sugiere la realización de una angiografía pulmonar o una gammagrafía de ventilación perfusión (7). La ATS (*American Thoracic Society*) recomendó el uso de una gammagrafía de ventilación perfusión en caso de que la radiografía de tórax inicial sea negativa, y una angiotomografía pulmonar en caso

Figura 4. Imágenes de angiotomografía en ventanas de tejido blando (A) y pulmonar (B), de una paciente gestante de 25 años de edad con dolor torácico agudo. Se detectó un émbolo pulmonar segmentario en el lóbulo inferior izquierdo (A, flecha blanca), asociado a áreas triangulares de densidad subpleural alveolar (B, flechas) compatibles con infarto pulmonar (33).



Fuente: Tomado con fines académicos de Rotzinger DC, *pulmonary embolism during pregnancy: a 17-year single-center retrospective MDCT pulmonary angiography study*, 2020.

La gammagrafía de ventilación perfusión aporta una dosis menor de radiación al tejido mamario (22, 23) de 0.22 a 0.28 mGy (32), pero la dosis fetal es mayor que la producida por la angiotomografía (22), esto está entre 0.32 a 0.74 mGy (30, 23). Esta técnica tiene un alto valor predictivo negativo para tromboembolismo pulmonar (22), pues posee 96 % en caso de una probabilidad pretest elevada, pero solo el 56 % si la probabilidad pretest es baja (30). Por este motivo se apunta que las pacientes, con antecedentes personales o familiares de patología neoplásica mamaria (22) y sin referencias de patología pulmonar crónica (8), sean sometidas a dicha técnica; igualmente, es preferible el uso de este método en pacientes con patologías renales o alérgicas a los contrastes yodados. En caso de que la gammagrafía no concluya un diagnóstico y la sospecha persista, se debe optar por la angiotomografía para confirmar el diagnóstico (7).

De igual modo, se puede emplear la angiorresonancia en casos donde se contraíndique la realización de angiotomografía (alergias por contraste) y la gammagrafía no sea concluyente o no se pueda realizar por no disponibilidad, sin embargo, no hay estudios que la evalúen en gestantes (30).

Dolor abdominal

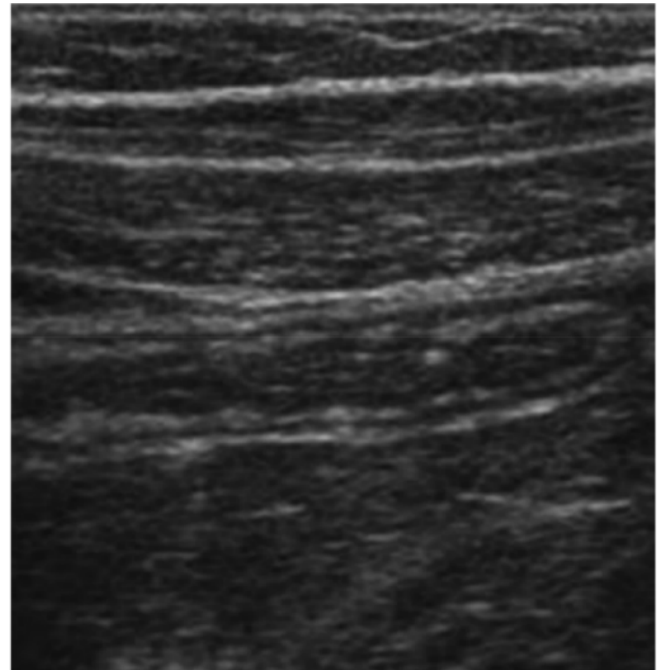
Las causas más comunes de dolor abdominal no obstétrico son la apendicitis y la coleditiasis; en general, se recomienda el uso del US (22, 28) y la RMN para evaluar el dolor abdominal en gestantes (22). Está indicado el uso de la TAC en pacientes con dolor persistente o que

empeora, y cuando la RMN no es concluyente (16).

Apendicitis aguda

La apendicitis aguda se presenta en un 0.05 a un 0.07 % de las gestantes, con mayor ocurrencia en el segundo trimestre (34). La imagen diagnóstica de elección para la evaluación inicial en la sospecha de apendicitis es el US (7, 28), su sensibilidad y especificidad varían ampliamente, pues depende del operador, esto va desde el 67 % al 100 %, y desde el 83 % al 96 % respectivamente (24). Los hallazgos primarios para apendicitis en el US son iguales que en las pacientes no gestantes (figura 5), y aunque el resultado de esta técnica sea negativo, aumenta la sensibilidad y especificidad subsecuentes de las tomas de RMN a 80 % y 90 % y de la TAC a 86 % y 97 % (26).

Figura 5. US del cuadrante inferior derecho que revela una estructura tubular ciega sin aire intraluminal y pared engrosada. Este caso se confirmó como apendicitis aguda (26).



Fuente: Tomado con fines académicos de Soosman S, *imaging of the non-obstetric acute abdomen in pregnancy*, 2020.

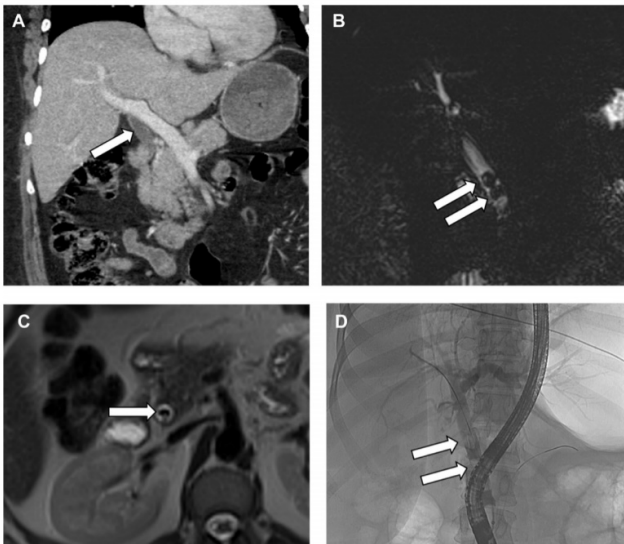
La RMN y la TAC se consideran como alternativas al US (7); la RMN tiene una sensibilidad del 60 % y 100 %, y una especificidad entre 92 % y 99.5 % (24), por tal motivo, se propone como la imagen principal de segunda línea (7, 28, 32). Adicionalmente, la RMN puede visualizar diagnósticos alternativos en un 12 % de los casos, comparado con un 3 % del US (26, 32); es recomendable efectuarla sin contraste (28).

La TAC tiene una sensibilidad del 86 % y una especificidad del 97 % después de la toma de un US (24), y posee mayor disponibilidad que la RMN (figuras 6 y 7). Aun así, por la dosis de radiación fetal se recomienda solo en

segunda causa de cirugía no obstétrica en gestantes, realizada en 1 de cada 1 600 -10 000 pacientes (7).

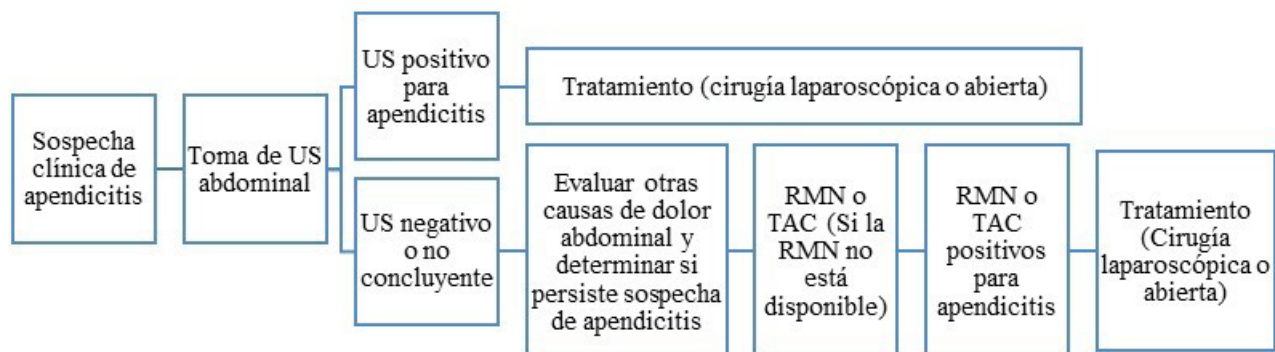
El US es el estudio de elección para la valoración de la patología biliar (26, 28); la sensibilidad y la especificidad para la colecistitis aguda es de 85 % - 95 % respectivamente (26). Asimismo, la RMN tiene una sensibilidad del 98 % y una especificidad del 84 % para abordar enfermedades del tracto digestivo, por lo que es la primera alternativa diagnóstica en los casos en los que el US no sea concluyente (7). La TAC usualmente no se utiliza para abordar la vía biliar en gestantes y en la población común (26) (figura 8); en el Gráfico 3 se

Figura 8. Coledocolitiasis. (A) TAC contrastado en corte coronal que muestra dilatación biliar ductal (flecha) sin obstrucción. (B) Colangiorrisonancia de corte fino en corte coronal que muestra 2 litos en el conducto biliar (flechas). (C) RMN axial en T2 que confirma el lito en el ducto biliar (flechas). (D) imagen fluoroscópica de una colangiopancreatografía retrógrada endoscópica que muestra varios defectos de llenado en el ducto biliar (flechas) (28).



Fuente: Tomado con fines académicos de Moreno C, *nonfetal imaging during pregnancy acute abdomen/pelvis*, 2020.

Gráfico 3. Algoritmo en sospecha de patología del tracto biliar en gestantes.



Fuente: Tomado con fines académicos de Rocha, *imaging evaluation of nonobstetric conditions during pregnancy: what every radiologist should know*, 2020.

indica un algoritmo para el abordaje en la sospecha de la patología del tracto biliar en gestantes.

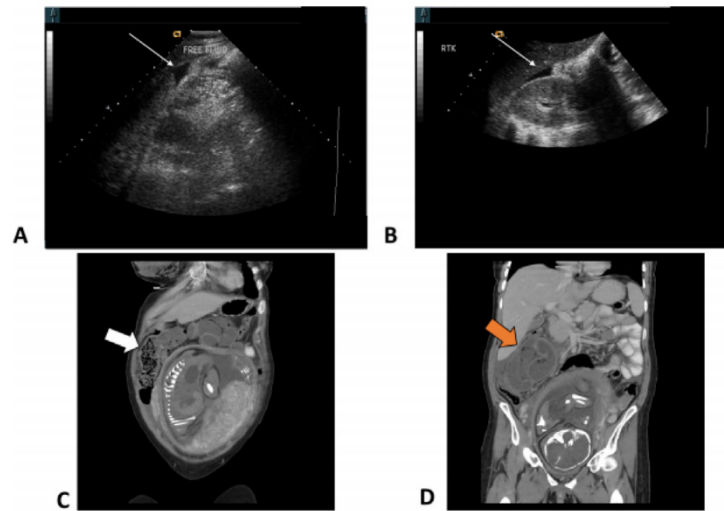
Urolitiasis

Entre las causas del dolor abdominal en la gestante se encuentra la obstrucción del tracto urinario, especialmente, la ureterolitiasis. Esta tiene como posibles complicaciones las infecciones y el parto pretérmino secundario a nefrolitiasis; es esencial diferenciar la hidronefrosis, que se produce de manera fisiológica (7) en un 90 % de las pacientes (24), de la obstructiva (7). El US es la primera imagen diagnóstica utilizada para identificar la hidroureteronefrosis (7, 28) a pesar de que no es muy sensible para identificar cálculos ureterales (7). En algunas situaciones, se emplea el US transvaginal para evaluar el uréter distal y las uniones ureterovesicales (26), además, tiene buena disponibilidad y un balance costo/beneficio adecuado (7).

En caso de que los hallazgos no sean concluyentes, se aconseja el uso de la RMN como primera alternativa para identificar el lugar de obstrucción y mostrar los signos indirectos que diferencien la hidronefrosis obstructiva de la fisiológica (7, 24). Pese a esto, la RMN puede presentar artefactos y tiene menor resolución espacial con respecto a la TAC (26).

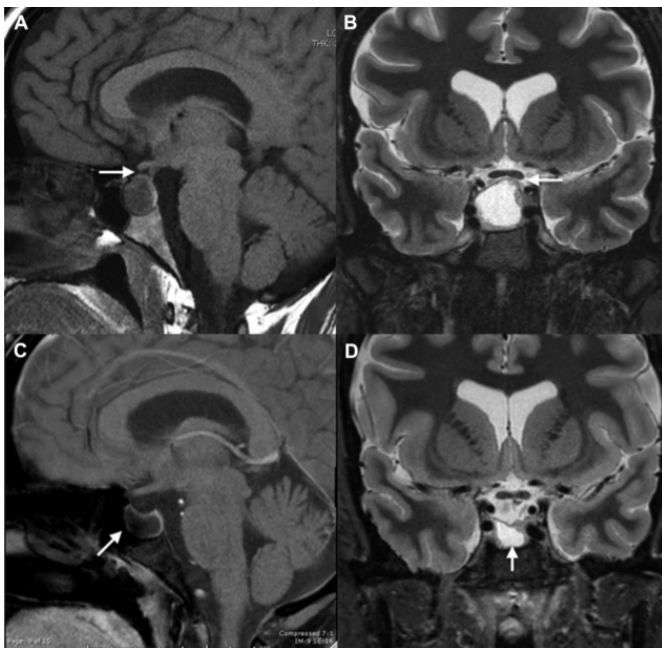
Si no se puede llegar a un resultado con las anteriores imágenes, se indica la disposición de la TAC como método diagnóstico definitivo (7) en el segundo y el tercer trimestre (26); entre las ventajas de esta existe la mayor resolución espacial y una sensibilidad alta (más del 98 %) (26) (figura 9). Los protocolos estándar de las tomografías exponen al feto a dosis de radiación aproximada de 25 mGy, pero es posible utilizar protocolos con bajas dosis que la reduzcan hasta 11.7 mGy (7) y conserven la sensibilidad (95 %) (26). En el Gráfico 4 se indica un algoritmo de uso de imagenología diagnóstica en la sospecha de obstrucción de tracto urinario en gestantes.

Figura 10. Paciente gestante de 37 años de edad con antecedente de resección intestinal, que presenta dolor abdominal agudo. Las imágenes del US inicial (A y B) muestran un pequeño volumen de líquido libre entre las asas intestinales y el espacio hepatorenal. El TAC coronal revela el signo de las heces en intestino delgado (flecha blanca) y (D) el punto de transición entre el cuadrante superior derecho con asas intestinales hipointensas. Estos hallazgos son compatibles con una obstrucción intestinal de asa fija con necrosis, que requirió resección y hemicolectomía derecha (26).



Fuente: Tomado con fines académicos de Soosman S, *imaging of the non-obstetric acute abdomen in pregnancy*, 2020.

Figura 11. Paciente de 26 años con un prolactinoma quístico que presentó alteraciones en el campo visual durante el embarazo. (A) Imagen sagital en T1 obtenida al inicio del embarazo muestra una masa quística selar y supraselar. La cisterna supraselar (flecha en A) está preservada parcialmente bajo el quiasma. (B) RMN coronal en T2 obtenida al final del embarazo muestra el aumento del prolactinoma quístico haciendo contacto con el quiasma óptico (flecha). (C, D) RMN sagital en T1 poscontraste y T2 coronal, tomadas 3 meses después del parto, muestran que la lesión ha disminuido en tamaño (flechas). Los defectos visuales de la paciente se resolvieron (35).



Fuente: Tomado con fines académicos de Gao G, *emergent neuroimaging during pregnancy and the postpartum period*, 2018.

imágenes diagnósticas usadas para abordar estas patologías son la TAC y la RMN (7).

La TAC administra una escasa dosis de radiación fetal, pues el producto no se encuentra dentro de la zona de toma del examen, por esto, se considera relativamente seguro en la mayoría de casos (7). En la Tabla 8 se exponen las técnicas recomendadas de imagen para estas patologías.

Tabla 8. Imágenes diagnósticas recomendadas para algunas patologías intracraneales.

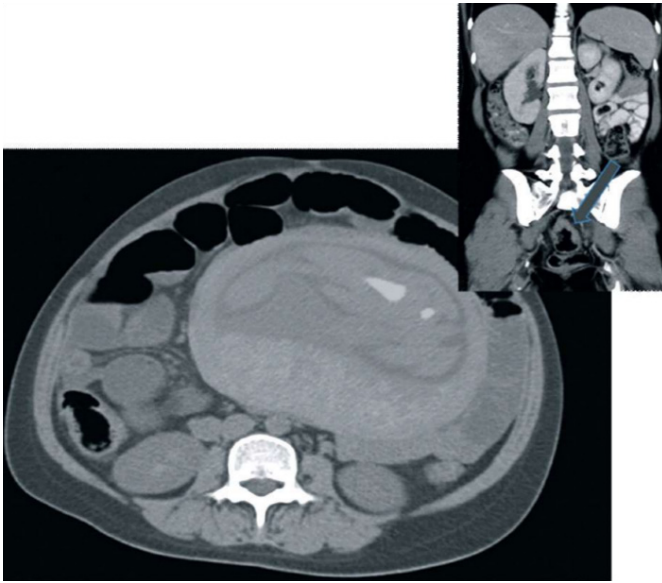
Lesión sospechada	Imagen recomendada
ACV (Accidente cerebrovascular)	TAC, RMN, y angiografía
Hemorragia subaracnoidea	TAC sin contraste
Trombosis venosa central	RMN y venografía por resonancia o TAC y venografía por tomografía
Disección arterial	RMN cervical, escáner dúplex, angiorresonancia y/o angiotomografía
Tumor pituitario	RMN
Coriocarcinoma	RMN o TAC
Síndrome de encefalopatía posterior reversible	RMN
Hipertensión	RMN y angiorresonancia

Fuente: Tomado con fines académicos de Eastwood, *imaging in pregnancy*, 2019.

Cefaleas

En la mayoría de los casos las cefaleas son de origen primario, tales como la migraña, la cefalea por tensión

Figura 13. TAC en gestante que muestra una complicación oclusiva del cáncer colorrectal en la unión recto sigmoidea. En el corte sagital se muestra un crecimiento tumoral a nivel de la unión recto sigmoidea (36).-



Fuente: Tomado con fines académicos de Predescu D, 2020.

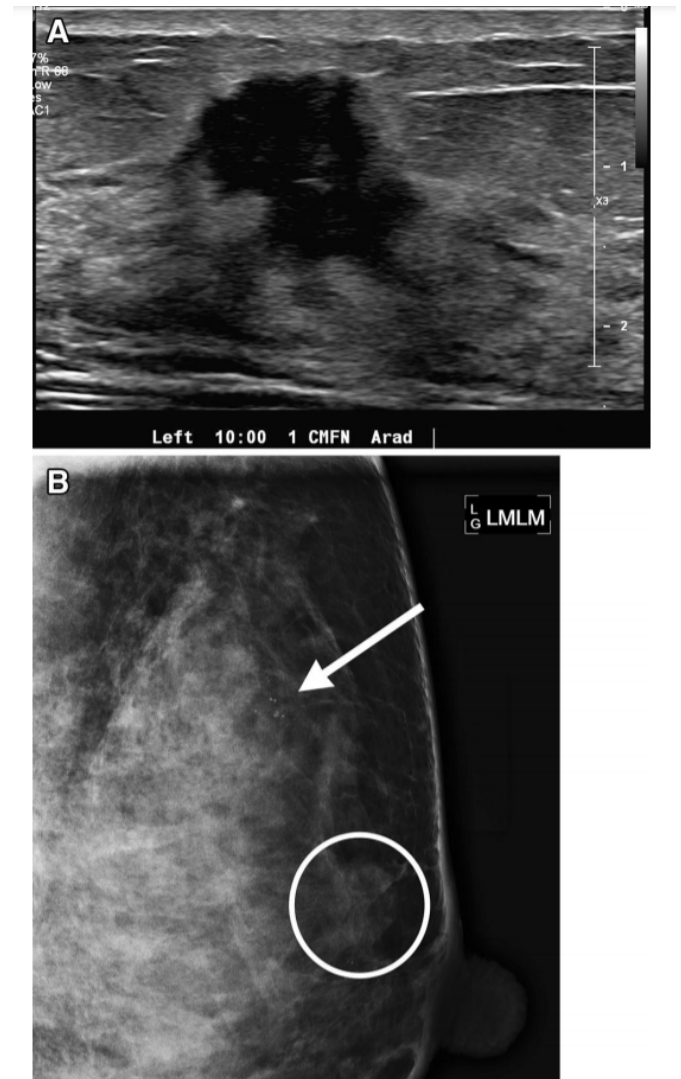
(37) y posee una alta especificidad y sensibilidad (cerca al 100 %), con un valor predictivo negativo aproximado al 100 % (38).

Toda paciente que presente una masa que persista más de 2 semanas debe ser sometida a un US de la mama afectada, así como a una biopsia para la valoración histológica (22, 38); alrededor del 80 % de las biopsias de este tipo, en gestantes, son negativas (37). En caso de identificarse malignidad, se ejecuta una mamografía para abordar la extensión y buscar microcalcificaciones, se valora también la mama contralateral (22, 38) (figura 14).

Si se necesita estadiaje adicional se prefiere el uso de la RMN con Gd (22), aunque algunas revisiones recomiendan el uso de rayos X de tórax con una adecuada protección, el US hepático y las RMN esqueléticas sin contraste (13); el US puede ayudar a la medición seriada de las masas durante una quimioterapia neoadyuvante (38).

La mamografía tiene una sensibilidad entre el 78 % y el 90 % a lo largo de la gestación (22), encuentra lesiones microcalcificadas que no se observan en el US (38). La dosis total de exposición a radiación en la mamografía es de 0.001 - 0.01 mGy (22); se recomienda el uso de protección abdominal concomitante, esto reduce la dosis de radiación fetal en un 50 % (38). La dosis de radiación fetal se estima en 0.4cGy (37), pese a su seguridad en el proceso de la gestación, se aconseja su realización en caso de hallazgos al examen físico en la ultrasonografía o en pacientes a quienes se les ha confirmado un diagnóstico por biopsia. También se sugiere posponer la ejecución de mamografías de tamizaje en la gestación de mujeres con alto riesgo de cáncer de mama (38).

Figura 14. Gestante de 33 años con una masa palpable retroareolar izquierda. (A) el US muestra una masa hipoecoica irregular con márgenes espiculados. Dado el hallazgo sospechoso se solicitó una mamografía. (B) Mamografía diagnóstica del seno izquierdo que indica una masa oscura (círculo) correspondiente al hallazgo en US. Además, se encontró un grupo de calcificaciones pleomórficas a distancia de la masa palpable. La biopsia guiada por US reveló un carcinoma ductal invasivo (39).



Fuente: Tomado con fines académicos de Arasu, V.A., 2018.

Conclusiones

Fue claro que el uso de imágenes diagnósticas no puede ni debe reemplazar la realización de una adecuada historia clínica y un buen examen físico (22), sin embargo, en situaciones de emergencia o de duda diagnóstica, el uso de estas técnicas es necesario, por lo que el manejo apropiado de los métodos de imagen requiere un balance riesgo vs. beneficio. Es obligatorio informar a la paciente y a su familia acerca del procedimiento a realizar, con el propósito de obtener su consentimiento informado o de discutir estrategias alternativas para alcanzar un diagnóstico adecuado (8).

- evidence. *Environ Int* [Internet]. Marzo de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 136:105371. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019317076?via%3Dihub>
18. Tang F, Loganovsky K. Low dose or low dose rate ionizing radiation-induced health effect in the human. *J Environ Radioact* [Internet]. Diciembre de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 192:32-47. Disponible en: <https://tinyurl.com/nekabx9r>
 19. Squillaro T, Galano G, De Rosa R, et al. Concise review: the effect of low-dose ionizing radiation on stem cell biology: a contribution to radiation risk. *Stem Cells* [Internet]. Agosto de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 36(8):1146-1153. Disponible en: <https://stemcellsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/stem.2836>
 20. Flanagan E, Bell S. Abdominal Imaging in pregnancy (maternal and foetal risks). *Best Pract Res Clin Gastroenterol* [Internet]. Febrero – abril de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 44-45:101664. Disponible en: <https://tinyurl.com/2bfw4am2>
 21. Cohen SL, Wang J, Chan N, et al. Predictors of radiation dose for CT pulmonary angiography in pregnancy across a multihospital integrated healthcare network. *Eur J Radiol* [Internet]. Diciembre de 2019 [citado el 5 de marzo de 2021]; 121:108721. Disponible en: [https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X\(19\)30371-7/fulltext](https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X(19)30371-7/fulltext)
 22. Eastwood K, Mohan A. Imaging in pregnancy. *The Obstetrician & Gynaecologist* [Internet]. Agosto de 2019 [citado el 5 de marzo de 2021]; 21:255- 262. Disponible en: <https://obgyn.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/tog.12604>
 23. Begano D, Soderberg M, Bolejko A. To use or not use patient shielding on pregnant Women undergoing ct pulmonary angiography: a Phantom study. *Radiat Prot Dosimetry* [Internet]. Mayo de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 2(4):458-465. Disponible en: <https://tinyurl.com/jyehav4>
 24. Shur J, Bottomley C, Walton K, et al. Imaging of acute abdominal pain in the third trimester of pregnancy. *BMJ* [Internet]. Junio de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 21;361: k2511. Disponible en: <https://www.bmj.com/content/361/bmj.k2511>
 25. Lum M, Tsiouris J. MRI safety considerations during pregnancy. *Clinical Imaging* [Internet]. Febrero de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 62:69-75. Disponible en: [https://www.clinicalimaging.org/article/S0899-7071\(20\)30055-3/fulltext](https://www.clinicalimaging.org/article/S0899-7071(20)30055-3/fulltext)
 26. Soosman S, Fananapazir G. Imaging of the non-obstetric acute abdomen in pregnancy. *Semin Roentgenol* [Internet]. Octubre de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 55(4):364-372. Disponible en: <https://tinyurl.com/y694jxc8>
 27. Herfel E, Hill J, Lieber M. Radiographic evaluation of the pregnant trauma patient: What are we willing to miss? *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol X* [Internet]. Septiembre de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 228:325-328. Disponible en: <https://tinyurl.com/uv2pvs6>
 28. Moreno C, Mittal P, Miller F. Nonfetal imaging during pregnancy acute abdomen/pelvis. *Radiol Clin North Am* [Internet]. Marzo de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 58(2):363-380. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32044012/>
 29. Hendriks B, Schnerr, Milanese G, et al. Computed tomography pulmonary angiography during pregnancy: radiation dose of commonly used protocols and the effect of scan length optimization. *Korean J Radiol* [Internet]. Febrero de 2019 [citado el 5 de marzo de 2021]; 20(2):313-322. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6342764/>
 30. Harris B, Bishop K, Kuller J. Radiologic aspects of the diagnosis of pulmonary embolism in pregnancy. *Clin Obstet Gynecol* [Internet]. Junio de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 61(2):219-227. Disponible en: <https://tinyurl.com/vggwgrjf>
 31. McDermott S, Otrakji A, Flores EJ, et al. Should dual-energy computed tomography pulmonary angiography replace single-energy computed tomography pulmonary angiography in pregnant and postpartum patients? *J Comput Assist Tomogr* [Internet]. Enero, febrero de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 42(1):25-32. Disponible en: <https://tinyurl.com/pfrmmasz>
 32. Morton A, Teasdale S. Review article: investigations and the pregnant woman in the emergency department - part 2: Point-of-care ultrasound, electrocardiography, respiratory function tests and radiology. *Emerg Med Australas* [Internet]. Diciembre de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 30(6):749-753. Disponible en: <https://tinyurl.com/3is23480>
 33. Rotzinger DC, Dunet V, Ilic V, et al. Pulmonary embolism during pregnancy: a 17-year single-center retrospective MDCT pulmonary angiography study. *Eur Radiol* [Internet]. Marzo de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 30(3):1780-1789. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7033070/pdf/330_2019_Article_6501.pdf
 34. Lotfipour S, Jason M, Liu V, et al. Latest considerations in diagnosis and treatment of appendicitis during pregnancy. *Clin Pract Cases Emerg Med* [Internet]. Mayo de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 2(2):112-115 Disponible en: <https://tinyurl.com/152w2pj8>
 35. Gao G, Zucconi RL, Zucconi WB. Emergent Neuroimaging During Pregnancy and the Postpartum Period. *Neuroimaging Clin N Am* [Internet]. Agosto de 2018. [citado el 5 de marzo de 2021]; 28(3):419-433. Disponible en: <https://tinyurl.com/svtb7vxy>
 36. Predescu D, Boeriu M, Constantin A, et al. Pregnancy and Colorectal Cancer, from Diagnosis to Therapeutical Management-Short Review. *Chirurgia (Bucur)* [Internet]. Noviembre de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; (5):563-578. Disponible en: <https://tinyurl.com/2b4skzrx>
 37. Martínez M, Bermejo B, Hernando C, et al. Breast cancer in pregnant patients: a review of the literature. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* [Internet]. Noviembre de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 230:222-227. Disponible en: <https://tinyurl.com/6dwy9bwd>
 38. Jafari M, Gity M, Olfatbakhsh A, et al. Pregnancy-associated breast cancer: a review of imaging modalities. *Int J Cancer Manag* [Internet]. Junio de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 11(7): e65444. Disponible en: <https://tinyurl.com/59mtlqe2>
 39. Arasu, V.A., Kannan, N., Krishnarao, P.M. et al. Imaging the Breast in Pregnant or Lactating Women. *Curr Radiol Rep* [Internet]. Febrero de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 6:10. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40134-018-0267-7#citeas>
 40. Guilbaud L, Beghin D, Dhombres F, et al. Pregnancy outcome after first trimester exposure to ionizing radiations. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol X* [Internet]. Enero de 2019 [citado el 5 de marzo de 2021]; 232:18-21. Disponible en: <https://tinyurl.com/w23dzccw>
 41. Tolcher M, Clark S. Diagnostic imaging and outcomes for nonobstetric surgery during pregnancy. *Clin Obstet Gynecol* [Internet]. Junio de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 63(2):364-369. Disponible en: <https://tinyurl.com/15unnkij>