Scientific & Education Medical Journal

Scientific & Education Medical Journal / Vol. 1, N° 2, 2021

CC BY NC SA

Irradiación y gestación ¿una verdadera necesidad?

Angely Rocío Jiménez Insuasti[1] Magda Yamile Ramos Hernández[2] Héctor Javier Espitia Soto[3] Liliana Rocío Lagos Vargas[4] Alvaro Jhonny Cortés Cortés[5] Pedro Luis Zamarra Ferrer

1 Angely Rocío Jiménez Insuasti; Universidad de Nariño; angely_rocio_jimenez@hotmail.com
2 Magda Yamile Ramos Hernández; Fundación Universitaria Juan N. Corpas; magdar_25@hotmail.com
3 Héctor Javier Espitia Soto; Fundación Universitaria Sanitas; drawco8720@hotmail.com
4 Liliana Rocío Lagos Vargas; Universidad de Boyacá; lylyanytalagos@hotmail.com
5 Alvaro Jhonny Cortés Cortés; Universidad de Antioquia; aljho1661@gmail.com
6 Pedro Luis Zamarra Ferrer, Universidad Metropolitana de Barranquilla, plzamarra441@hotmail.com

Historia del Artículo:
Recibido el 7 de febrero de 2021
Aceptado el 2 de abril de 2021
On-line el 15 de abril de 2021

Palabras Clave:
Embarazo, radiación ionizante, imágenes diagnósticas, exposición a radiación, seguridad en radiación.

Keywords:
Pregnancy, ionizing radiation, diagnostic imaging, radiation exposure, radiation safety.

Resumen

Introducción: Durante la gestación, múltiples patologías requieren, por medio de imágenes, un apoyo diagnóstico, por esto es necesario conocer el momento y bajo qué medidas de protección deben usarse. Además, es importante, para el profesional, tener la información correspondiente a los posibles efectos adversos de la exposición, de la madre y el feto, a la radiación ionizante procedente de estas técnicas diagnósticas, con el fin de elegir acertadamente, realizar un balance entre el riesgo y el beneficio que impida exponer a la paciente a radiación innecesaria, y consensuar el procedimiento entre el equipo médico y la gestante y su familia.

Objetivo: Identificar la información importante consignada en los últimos años correspondiente a la necesidad de exposición a radiación ionizante procedente de imágenes diagnósticas durante la gestación, así como sus efectos adversos en el feto y la madre y la utilidad de varios métodos diagnósticos en distintas patologías comunes en la gestación.

Materiales y métodos: Se realizó una búsqueda sistemática de literatura, comprendida entre enero del 2018 a enero del 2021, en las bases de PubMed, ScienceDirect, Journal of the American Medical Association (JAMA) y Google académico, en relación con los términos MeSH (Medical Subject Headings): pregnancy, radiation (ionizing), diagnostic imaging, radiation exposure, radiography y tomography, y a los no MeSH: gestación, embarazo, imágenes diagnósticas con radiación ionizante, teratogenicidad y radiación ionizante. Se consideraron artículos tipo revisión sistemática de literatura, estudios de cohortes, casos y controles, y reportes de casos. En total se incluyeron 37 artículos en la presente revisión relacionados con el uso de imágenes de radiación ionizante en las gestantes, así como sus efectos adversos, indicaciones y contraindicaciones.

Conclusiones: La seguridad de las imágenes diagnósticas, utilizadas en la gestación, depende de la dosis fetal absorbida, la etapa de desarrollo fetal en la que se toman y el tipo de imagen usada. A pesar de que los métodos diagnósticos convencionales generalmente no sobrepasan los límites considerados como teratogénicos, es recomendable priorizar el uso de imágenes que no involucren radiación ionizante. Cuando hay indicación médica para una imagen diagnóstica, no se debe posponer su realización por temor al uso de radiación ionizante, sino que es primordial propender por un diagnóstico y un tratamiento tempranos de la patología para mejorar las probabilidades de supervivencia materna y fetal, y disminuir la morbilidad en la gestante.

Abstract

Irradiation and gestation: a real need?

Background: It is known that multiple pathologies during pregnancy require diagnostic support by imaging, so it is necessary to know when and which protection techniques should be used. Furthermore, the professional needs to

have the information corresponding to the possible adverse effects of exposure of the mother and the fetus to ionizing radiation from these diagnostic techniques to make the right choice, to perform a balance between risk and benefit that prevents exposing the patient to unnecessary radiation, and to reach a consensus on the procedure between the medical team and the pregnant woman and her family.

Objective: This review aims to identify the important information reported in recent years regarding the need for exposure to ionizing radiation from diagnostic imaging during pregnancy, as well as its adverse effects on the fetus and the mother, and the usefulness of various diagnostic methods in different common pathologies in pregnancy.

Materials and methods: A systematic literature search was conducted from January 2018 to January 2021 in PubMed, ScienceDirect, Journal of the American Medical Association (JAMA) and Google Scholar databases, concerning the MeSH terms (Medical Subject Headings): pregnancy, radiation (ionizing), diagnostic imaging, radiation exposure, radiography and tomography, and non-MeSH: gestation, pregnancy, diagnostic imaging with ionizing radiation, teratogenicity and ionizing radiation. Systematic literature review, cohort, case-control and case report articles were considered. A total of 37 articles were included in this review related to the use of ionizing radiation imaging in pregnant women, as well as its adverse effects, indications and contraindications.

Results and conclusions: The safety of diagnostic imaging used during gestation depends on the fetal dose absorbed, the stage of fetal development at which they are obtained, and the type of imaging used. Although the conventional diagnostic methods generally used do not exceed the limits considered teratogenic, it is advisable to prioritize the use of images that do not require ionizing radiation. When there is a medical indication for diagnostic imaging, its performance should not be postponed for fear of the ionizing radiation, but early diagnosis and treatment of the pathology should be sought in order to improve the chances of maternal and fetal survival, as well as to reduce morbidity in the pregnant women.

*** Autor para correspondencia:**
Angely Rocío Jiménez Isuasti, Universidad de Nariño, e-mail: angely_rocio_jimenez@hotmail.com

Cómo citar:
Jimenez et al. Irradiación y gestación ¿una verdadera necesidad?. S&EMJ. Año 2021; Vol. 2: 113-131.

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).

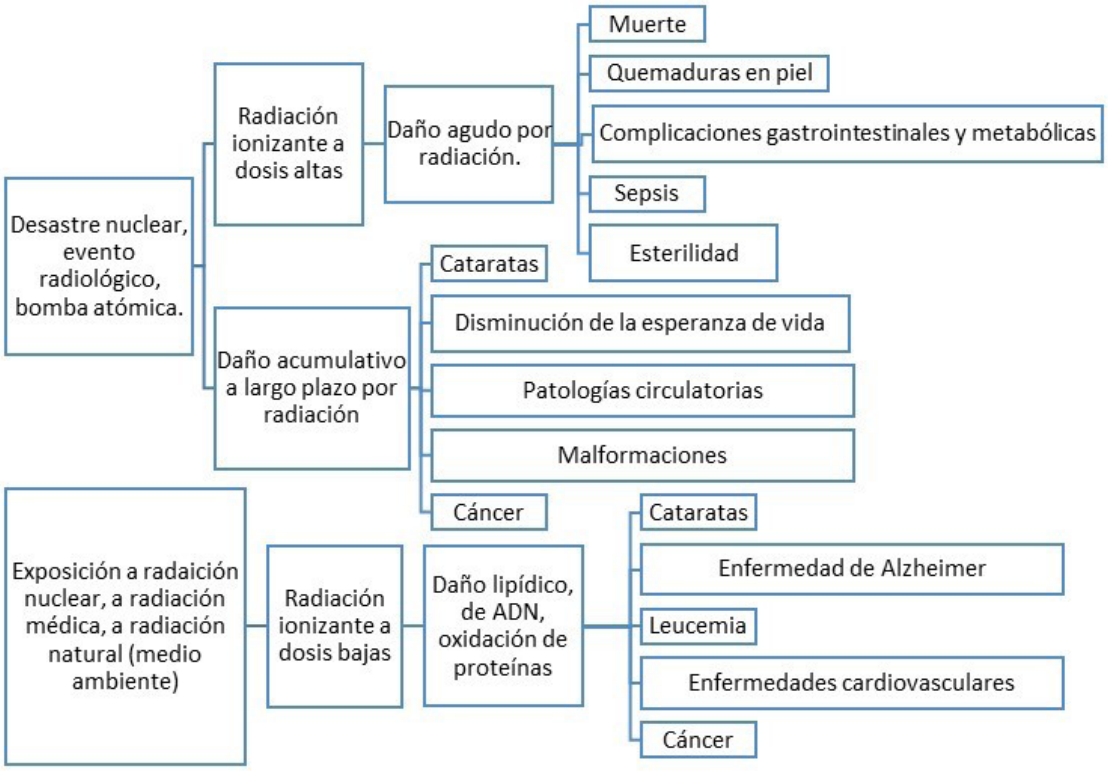
Ionizing radiation has been widely used in the field of medical imaging. Currently, 30-50 % of medical decisions, especially in patients with critical conditions, are based on radiological findings (3). In the last decade, the number of CT scans performed in the general population, especially in the 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 anormalidades 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.

Gráfico 1. Efectos de la radiación ionizante en la salud.



Fuente: Tomado con fines académicos de Mu H, *ionizing radiation exposure: hazards, prevention, and biomarker screening*, 2018.

En múltiples estudios se ha relacionado la exposición a radiación ionizante durante el embarazo con varias malformaciones congénitas (14), esto corresponde, de forma directa y proporcional, a la radiosensibilidad celular con la tasa de división, e inversamente, con el grado de diferenciación celular (15).

La radiación ionizante ocasiona daños directos o indirectos al tejido; en el daño directo se afectan las macromoléculas celulares (proteínas o ADN), en los casos en los que solo se perjudica una hebra de ADN el daño puede repararse, no obstante, cuando es en las dos cadenas o hay varios puntos afectados, los mecanismos de reparación no son suficientes (1).

El daño indirecto concierne a la interacción con el agua celular, lo que crea radicales libres que inactivan los mecanismos celulares o interactúan con el ADN. Las reacciones oxidativas, debido a esta exposición, causan afectaciones físicas en las proteínas, lípidos y carbohidratos, esto lleva a la pérdida de la funcionalidad del ADN (1).

Presentación de efectos adversos de la radiación ionizante

Los efectos de la exposición a radiación en gestantes dependen del momento de la exposición y de la dosis fetal absorbida (10); en general, dicha dosis está sujeta a varios factores: anatomía de la paciente, la edad gestacional, la proximidad del útero a la región a escanear y los parámetros técnicos del examen (4). En aquellos estudios que no ubiquen al feto dentro del rango de escaneo (cabeza, cuello, extremidades), la dosis dependerá, solamente, de la radiación natural de la madre posterior al procedimiento (5), por esto, resulta una dosis muy baja de radiación fetal (8). En cambio, en los realizados en el abdomen y/o pelvis, esta dependerá del residuo materno y de la exposición al haz de radiación (5, 16); en la Tabla 1 se muestran algunos de los efectos de la radiación ionizante.

La embriogénesis es un proceso complejo y susceptible de alteraciones dadas por exposiciones a fármacos teratógenos, alcohol, tabaquismo, radiación, e incluso, una nutrición inadecuada (13). Hasta que la placenta logra implantarse, las células del producto son hipóxicas, esto las hace poco radiosensibles (10); en las primeras 2 semanas posteriores a la fertilización (8), cuando el embrión es más sensible a los efectos de la radiación (7, 17), se produce el conocido fenómeno de todo o nada (8, 13), esto implica que el feto se desarrolla de modo normal u ocurre un aborto (8, 18); en este periodo la exposición a una dosis de más de 100 mg y se considera mortal (7).

Entre las semanas 2 a la 8 se produce la organogénesis (6), el riesgo es mayor con respecto a la malformación de órganos (5, 13) y los efectos en el tamaño fetal (5, 18), estos dependen de la dosis de radiación. En las semanas de la 2 a la 15 se forma el sistema nervioso central (5), en este periodo pueden producirse desordenes en la

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.

a radiación en la madre, pues al proliferar el tejido mamario durante la gestación también aumenta la radiosensibilidad y el riesgo de cáncer de mama (8). La imagen que más compromete el tejido mamario es la tomografía (TAC) de tórax (20); un estudio encontró que la mayor dosis efectiva para el tejido materno fue en el tercer trimestre (21).

Recomendaciones para evitar los efectos adversos de la radiación ionizante

Todas las imágenes diagnósticas deben operar bajo el principio de ALARA ("*as low as reasonably achievable*") (7, 22, 23) avalado por la Comisión Internacional en Protección Radiológica. Así, cada procedimiento usa la menor dosis posible para disminuir la radiación administrada, obtener una imagen útil y clara, y proporcionar un diagnóstico apropiado (7). La manera más sencilla, para evitar los efectos adversos de la radiación ionizante es utilizar este tipo de imágenes cuando sean realmente necesarias, siempre se debe preferir el uso de otras, como la ecografía o la resonancia magnética (RMN) (8).

Empero, existen situaciones en las que es necesario el uso de imágenes con radiación ionizante, por lo tanto, se deben tomar medidas de protección (22), como lo es el delantal de plomo (13). El uso de estas técnicas ha reducido, significativamente, la dosis de radiación a la que se expone el feto, por ejemplo, en una mamografía la protección de plomo disminuye la dosis de radiación hasta un 50 % (22), pero si la protección se coloca de forma errónea, puede dar lugar a la aparición de artefactos u obscurecer el área que se desea estudiar (23).

En los casos en los que se requieran las imágenes diagnósticas con radiación ionizante en la zona abdominal y/o pélvica, no es posible usar protección de plomo o similares para el feto, puesto que al encontrarse en el campo de visión impide la visualización de cualquier estructura (5). Se recomienda realizar proyecciones en dirección posteroanterior, emplear obturadores para colimar el haz y disminuir la dispersión, evitar amplificar imágenes cerca del útero y la repetición de estas (13).

En el caso del uso de tomografía computarizada, el estimado de la dosis fetal depende de múltiples variables tales como el número, la localización y el grosor de los cortes (13). Los tomógrafos deben calibrarse, regularmente, para asegurar que se utilice la mínima dosis de radiación posible; la protección de plomo, para la zona pélvica, en el procedimiento de la tomografía de un área no pélvica puede proveer tranquilidad a la madre, pero no se ha demostrado que reduzca la radiación recibida por el feto por dispersión materna (8).

En medicina nuclear es fundamental disponer de radionúclidos con vidas medias cortas y a dosis menores y se puede eliminar una porción del examen si la clínica lo permite, la gestante tiene que mantener una hidratación adecuada para evacuar frecuentemente, o en su defecto, valerse de una sonda Foley. No hay indicación de suspensión de la lactancia materna posterior a la realización de la mayoría de estudios de medicina nuclear, excepto con el uso de macroagregados de albúmina marcada con Tc99m o glóbulos rojos marcados con Tc99m, en cuyo caso, se encomienda suspenderla por 12 horas (8).

Como parte esencial del acto médico es sustancial la obtención del consentimiento informado de la paciente, es preciso explicar el procedimiento a realizar, sus posibles consecuencias para la madre y el feto, y sus beneficios para el diagnóstico y el tratamiento.

Tabla 3. Recomendaciones para disminuir la dosis de radiación fetal en estudios imagenológicos.

Modalidad	Reducción del riesgo
Radiografía/ fluoroscopia	Usar fluoroscopia pulsada Aplicar protocolos de baja dosis Disponer de colimación para limitar el campo de visión Evitar ampliar imágenes
TAC	Usar protocolos de baja dosis Disminuir el potencial del tubo (pico de Kv) para pacientes pequeños Disminuir el producto corriente – tiempo (miliamperios – segundo) y emplear modulación automática de la corriente del tubo Aumentar el pitch >1 Limitar el campo de visión (cobertura del eje Z) Evitar TAC multifase Utilizar algoritmos de reconstrucción iterativos para disminución del ruido
RMN	Usar campo magnético de 1.5T o menos Limitar las secuencias de RMN
Medicina nuclear	La dosis fetal procedente de estas técnicas es <50 mGy, por lo que no se requiere prueba de embarazo previa No administrar I – 131 durante la gestación
Ultrasonido	Los índices mecánicos y térmicos deben ser <1 Usar el modo M en lugar de doppler color, power doppler o doppler espectral, porque estos solicitan una emisión acústica de mayor intensidad

Fuente: Tomado con fines académicos de Cain, m*usculoskeletal injuries in pregnancy*, 2021.

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 sobrevida fetal depende de disminuir la morbimortalidad 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 efecto 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

Abdomen y pelvis	13	25	Alta	Evitar si hay alternativa
Abdomen	1.3	35	Alta	Evitar si hay alternativa
Columna lumbar	2.4	8.6		
Pelvis	10	35	Alta	Evitar si hay alternativa
Estudios de fluoroscopia	<0.01	<0.01		

Fuente: Elaborado con fines académicos con base en Zarghani, *A narrative review on the radiation risk of medical imaging for traumatic pregnant patient and the fetal risks*, 2018 y Tolcher, *Diagnostic imaging and outcomes for nonobstetric surgery during pregnancy*, 2020.

En la Tabla 6 se aprecian las dosis aproximadas para varias proyecciones radiográficas.

Tabla 6. Dosis fetales estimadas para tomas de rayos X.

Proyección	Dosis fetal mínima (mGy)	Dosis fetal máxima (mGy)	Categoría de la dosis	Recomendaciones
Cráneo y columna cervical	<0.01	<0.01	Muy baja	Realizar el estudio si se requiere
Tórax (2 proyecciones)	0.0005	0.01	Muy baja	Realizar el estudio si se requiere
Mamografía	0.001	0.01	Muy baja	Realizar el estudio si se requiere
Abdominal (múltiples tomas)	0.1	0.3	Baja a moderada	Realizar el estudio si se requiere para diagnóstico Considerar riesgos y beneficios
Columna lumbosacra	1	10	Baja a moderada	Realizar el estudio si se requiere para diagnóstico Considerar riesgos y beneficios
Pelvis	1.1	4		

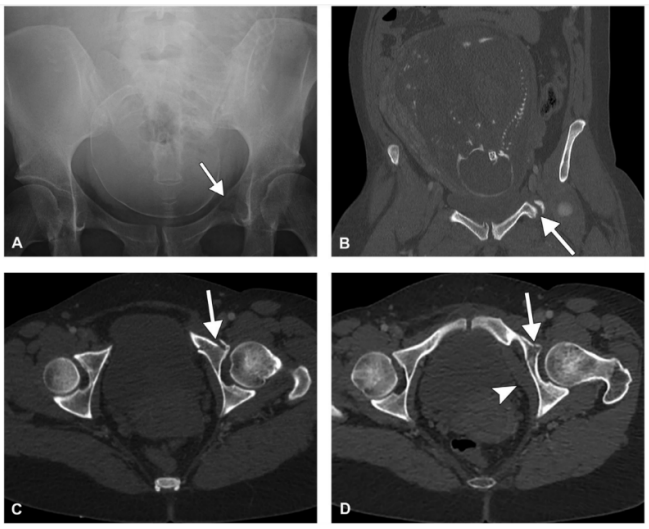
Fuente: Elaborado para fines académicos con base en Zarghani, *a narrative review on the radiation risk of medical imaging for traumatic pregnant patient and the fetal risks*, 2018 y Tolcher, *diagnostic imaging and outcomes for nonobstetric surgery during pregnancy*, 2020.

Tabla 7. Dosis de radiación fetal por imagen diagnóstica.

Examen		Dosis de radiación fetal (mGy)
De muy baja dosis (<0.1 mGy)	Rayos X Cervical (AP y lateral)	< 0.001
	Rayos X de tórax (2 proyecciones)	0.0005 – 0.01
	Radiografía de extremidades	< 0.001
	Mamografía (2 proyecciones)	0.001 – 0.01
	TAC de cabeza y cuello	0.001 – 0.01
Dosis baja a moderada (0.1 – 10 mGy)	Rayos X de abdomen	0.1 – 3.0
	Rayos X de columna lumbar	1.0 – 10
	TAC de tórax o angiografía pulmonar	0.01 – 0.66
	TAC de cabeza y cuello	1.0 – 10
	Pelvimetría (TAC)	<1
	Gammagrafía de perfusión de baja dosis	0.1 – 0.5
	Gammagrafía ósea con Tc99m	4 – 5
	Angiografía pulmonar de sustracción digital	0.5
Dosis alta (10 – 50 mGy)	TAC abdominal	1.3 – 35
	TAC pélvico	10 – 50
	Tomografía por emisión de positrones PET/CT con 18F-FDG	10 - 50

Fuente: Elaborado con fines académicos con base en Eastwood, *imaging in pregnancy*, 2019 y Cain, *musculoskeletal injuries in pregnancy*, 2021.

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).

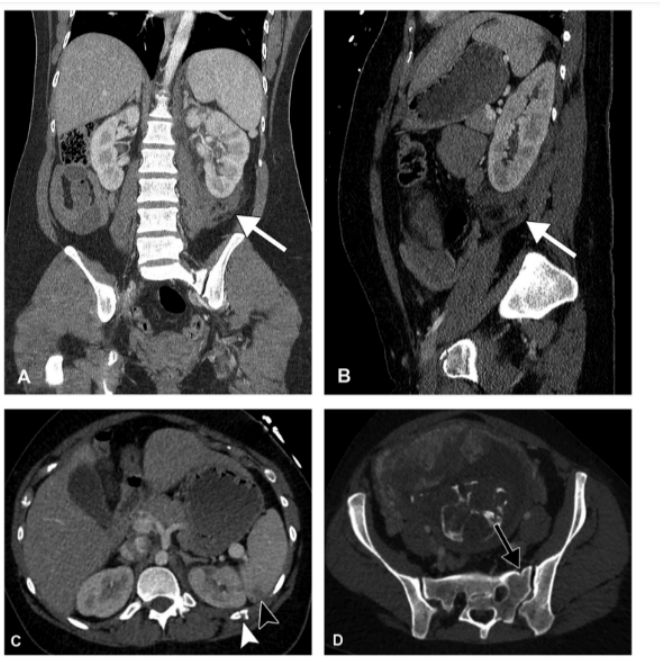


Fuente: Tomado con fines académicos de Cain U, *musculoskeletal injuries in pregnancy*, 2021.

La TAC es considerada fundamental para la detección de lesiones en órganos sólidos y huecos (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.

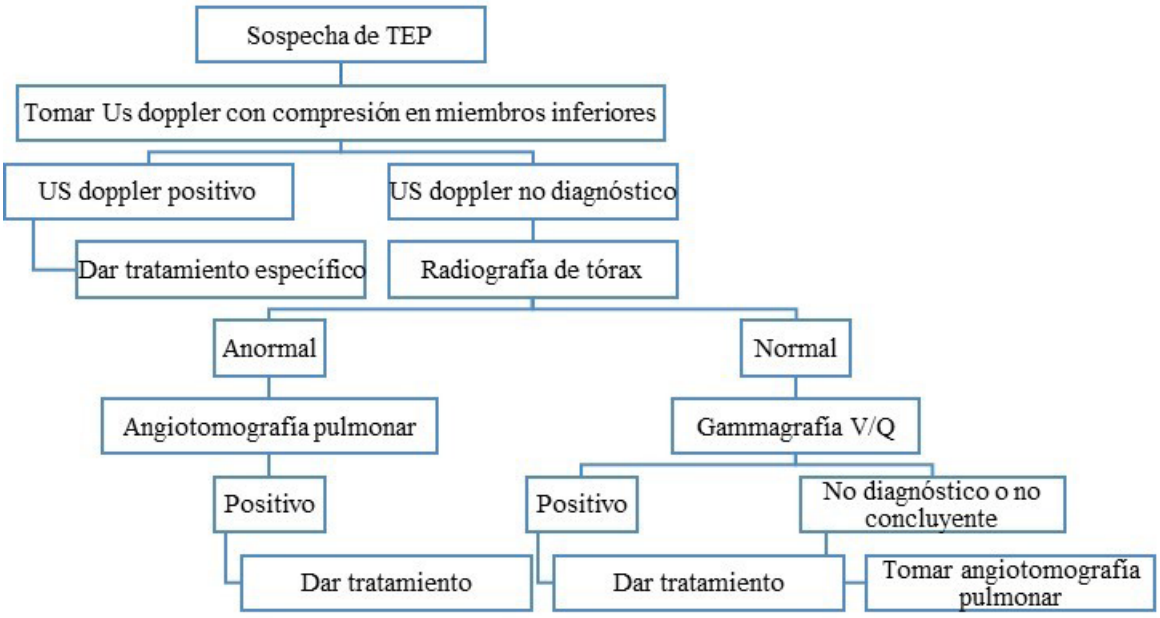
Tromboembolismo pulmonar

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

Gráfico 1. Algoritmo para abordaje en sospecha de TEP en gestantes.

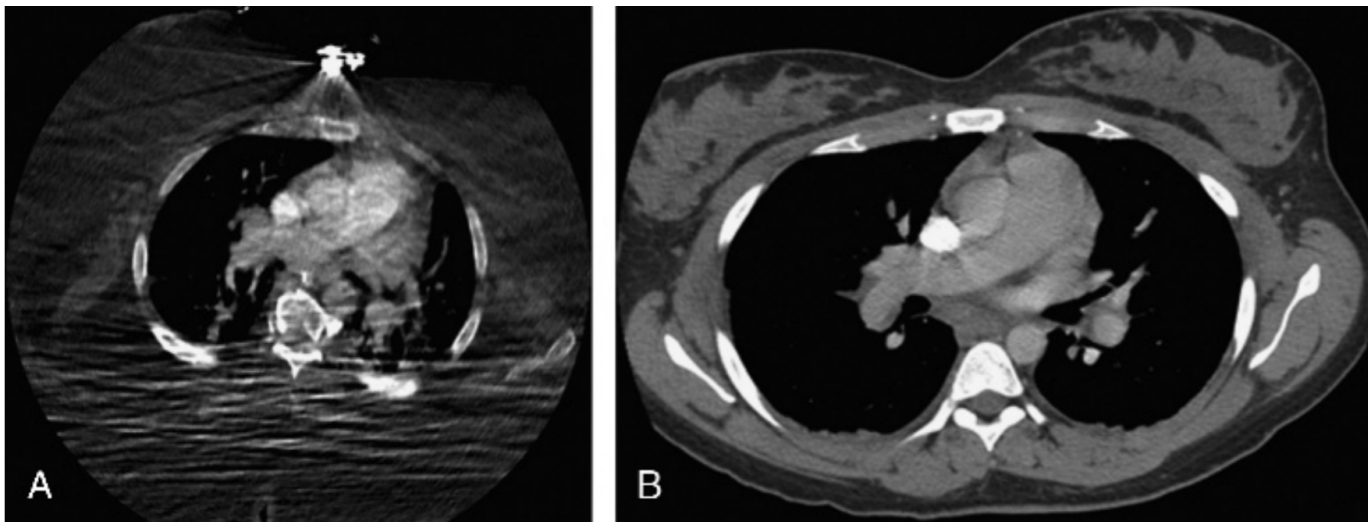


Fuente: Elaborado con fines académicos con base en Rocha, *imaging evaluation of nonobstetric conditions during pregnancy: what every radiologist should know*, 2020 y Harris, *radiologic aspects of the diagnosis of pulmonary embolism in pregnancy*, 2018.

de una radiografía de tórax anormal (29).

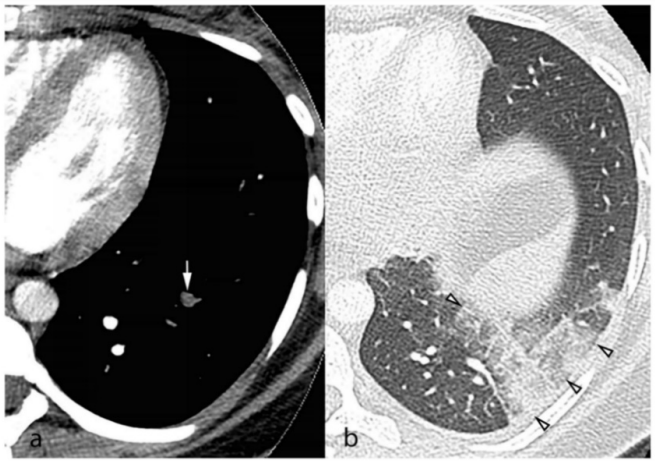
La angiotomografía pulmonar produce una exposición (22) entre 20 y 70 mGy (32) de radiación en el tejido mamario materno, esto se asocia con un riesgo aumentado de cáncer de mama. Las dosis de más de 10 mGy en un tejido mamario antes de los 35 años acrecientan el riesgo vital de desarrollar cáncer de mama en un 13.6 % por encima de la población en general (22). Debido a la baja dosis fetal aportada por la angiotomografía pulmonar (6), de 0.003 a 0.131 mGy (30), hasta 0.66 mGy en otros estudios (23), se considera el examen de elección (6), y se prefiere en pacientes que tengan antecedentes de patologías pulmonares (7). Esto tiene un valor predictivo negativo entre el 96 % y el 100 % (30); hacer uso de protección abdominal durante este examen reduce la dosis de radiación fetal en un 39.7 % (23) (figuras 3 y 4).

Figura 3. (A) Mujer de 45 años con gestación de 15 semanas y con un peso de 190 kg. La angiotomografía de energía dual (DE-CTPA) no fue diagnóstica debido al exceso de ruido. (B) Mujer de 24 años de edad con 33 semanas de gestación y con un peso de 86 kg. La angiotomografía de energía única no fue diagnóstica debido a una pobre opacificación de la arteria pulmonar (31).



Fuente: Tomado con fines académicos de McDermott S, *should dual-energy computed tomography pulmonary angiography replace single-energy computed tomography pulmonary angiography in pregnant and postpartum patients?*, 2018.

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 contraindique 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).

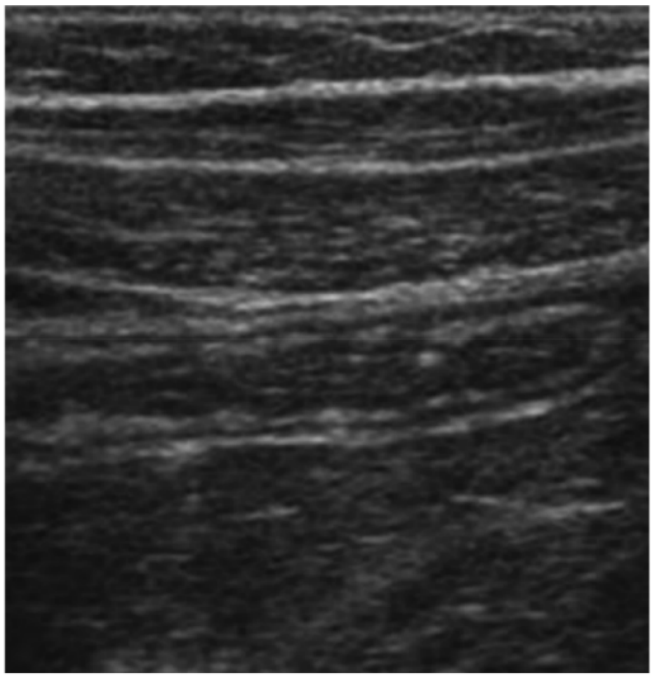
Dolor abdominal

Las causas más comunes de dolor abdominal no obstétrico son la apendicitis y la colelitiasis; 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

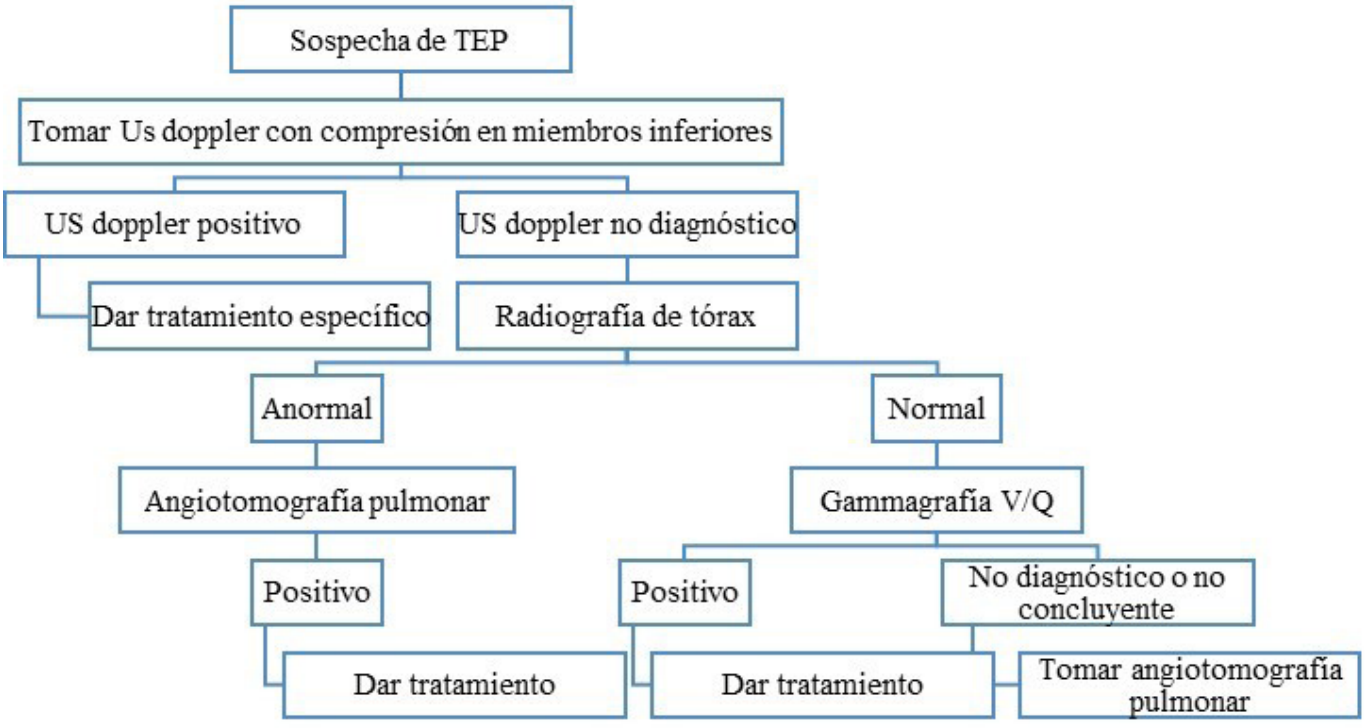
situaciones en las que no se logre un diagnóstico por otro medio (7); las circunstancias en las que es aceptable el uso de la TAC como primera alternativa al US causan la no disponibilidad de RMN o los hallazgos no concluyentes en esta (26, 34). En el Gráfico 2 se exhibe un algoritmo para el abordaje de la sospecha de apendicitis en gestantes.

Figura 6. Imagen axial en TAC de un feto en el tercer trimestre. La paciente fue llevada a TAC de emergencia por dolor abdominal en el cuadrante inferior derecho. Al final del embarazo se suele superar el campo de visión en la pantalla (flechas) lo que dificulta la evaluación precisa del tamaño materno para la dosimetría fetal (5).



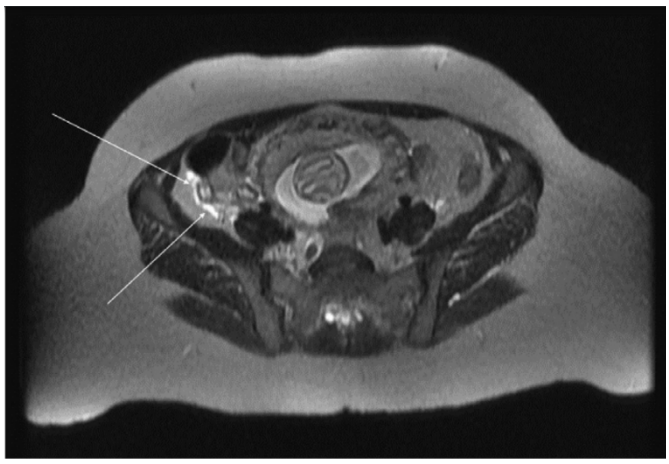
Fuente: Tomado para fines académicos de Sensakovic W, *fetal dosimetry at CT: a primer*, 2020.

Gráfico 2. Algoritmo en sospecha de apendicitis en gestantes.



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

Figura 7. Imagen axial en T2 que muestra un apéndice engrosado con líquido intraluminal en el cuadrante inferior derecho con aumento de la señal circundante en la grasa periapendicular, compatible con apendicitis aguda. Nótese, como hallazgo incidental, el útero grávido incluyendo una sección del cerebro fetal (26).



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

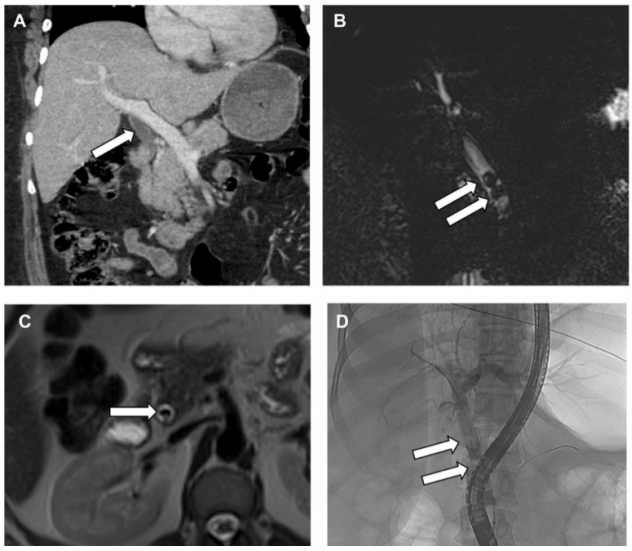
Enfermedades del tracto biliar

Las patologías del tracto biliar y de la vesícula son poco comunes en la gestación, pero la colecistitis aguda es la

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

Figura 8. Coledocolitiasis. (**A**) TAC contrastado en corte coronal que muestra dilatación biliar ductal (flecha) sin obstrucción. (**B**) Colangiorresonancia 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.

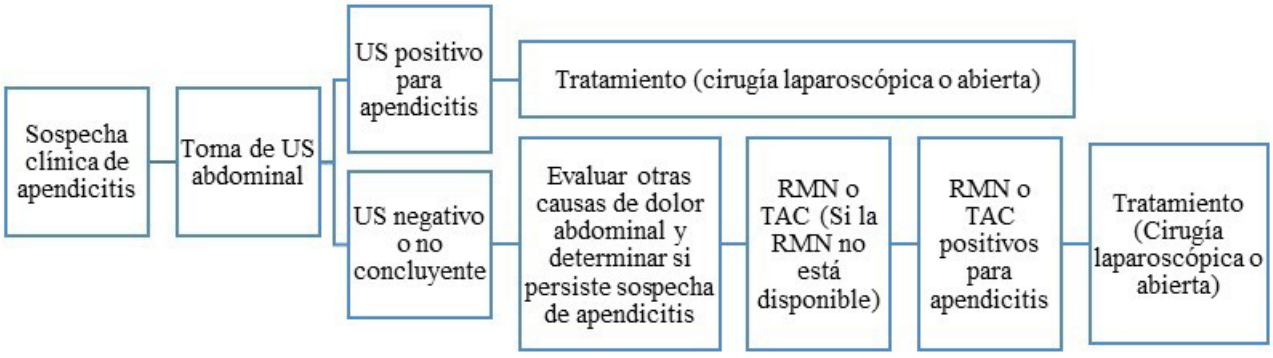
Urolitiasis

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).

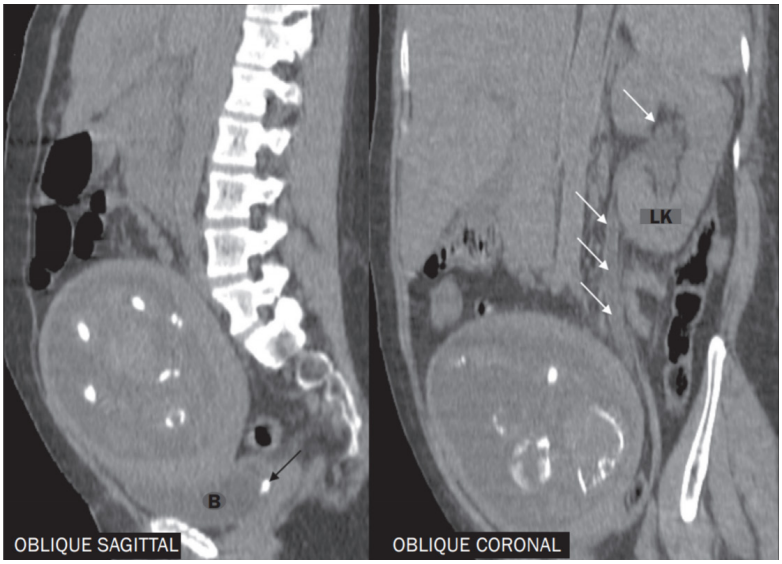
Si no se puede llegar a un resultado con las anteriores imágenes, se indica la disposición de la TAC como método diagnóstico definitivo (7) en el segundo y el tercer trimestre (26); entre las ventajas de esta existe la mayor resolución espacial y una sensibilidad alta (más del 98 %) (26) (figura 9). 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.

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.

Figura 9. Reconstrucción de TAC sin contraste en los planos axial oblicuo, sagital y coronal, mostrando ureterolitiasis en una paciente gestante. La flecha negra indica el lito impactado en la zona distal del uréter izquierdo, y las flechas blancas indican la hidronefrosis ipsilateral (7).



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

Enfermedad inflamatoria intestinal

La enfermedad inflamatoria intestinal activa en una gestante causa la restricción del crecimiento fetal y un parto pretérmino, por lo que es necesario dar un diagnóstico adecuado. Para esto, el US se considera el método más seguro durante el embarazo, pero si no está disponible, se prefiere el uso de la RMN antes que la TAC (20).

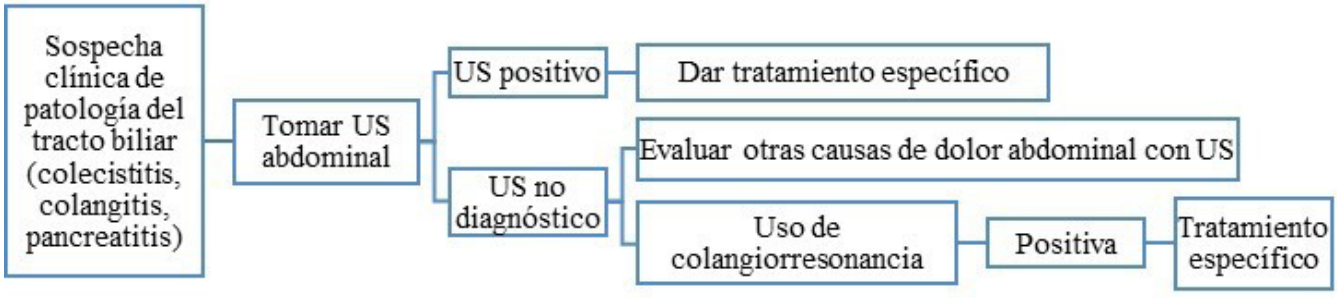
El US, en este contexto, tiene una precisión similar a la resonancia y la tomografía, y permite investigar posibles complicaciones extraluminales. Empero, su valoración de vísceras huecas es limitada debido a la presencia de aire (26), y por el crecimiento fetal es más útil efectuarla en los primeros 2 trimestres del embarazo (20)(figura 10).

La RMN posibilita valorar la extensión y la actividad de la enfermedad de Crohn, así como la presencia de la obstrucción del intestino delgado, las fístulas intrabdominales y los abscesos; la ventaja de la RMN sobre el US es que permite visualizar estructuras profundas (20, 26). A pesar de sus ventajas, el protocolo usual de la toma de RMN en esta patología se hace con contraste de gadolinio (Gd), pero se aconseja su realización sin contrastes (28). Una TAC solo se ejecuta en caso de que el US o la RMN, sin contraste, no estén disponibles, dado que la zona a irradiar implica una dosis fetal alta (20, 26) (figura 10).

Patologías neurológicas

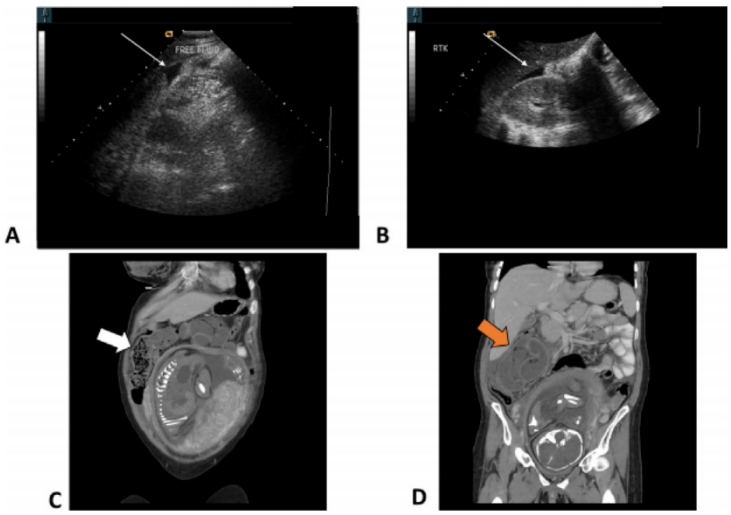
Entre los diagnósticos de patologías neurológicas más comunes entre gestantes se encuentran las cefaleas, la preclamsia, la hemorragia subaracnoidea, el síndrome de encefalopatía posterior reversible y algunas enfermedades de la pituitaria (figura 11); las principales

Gráfico 4. Algoritmo de uso de imagenología en sospecha de obstrucción de tracto urinario en gestantes.



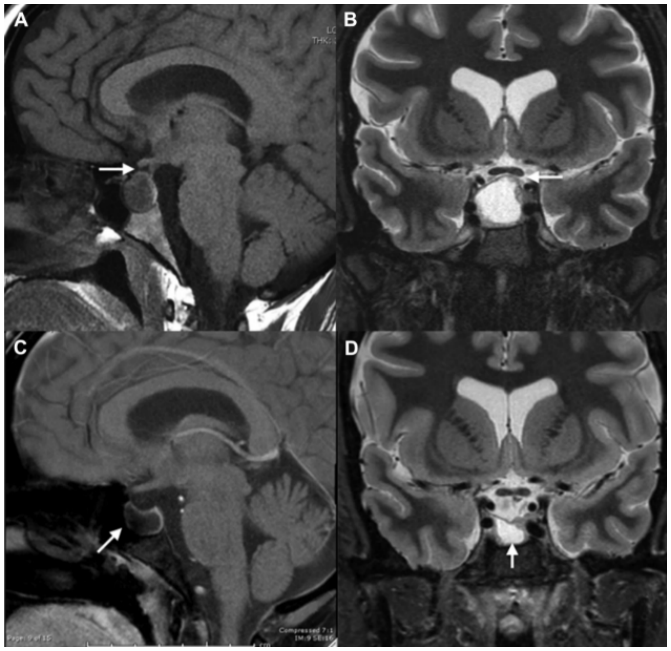
Fuente: Elaborado con fines académicos con base en Rocha, *imaging evaluation of nonobstetric conditions during pregnancy: what every radiologist should know*, 2020.

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 hepatorrenal. 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.

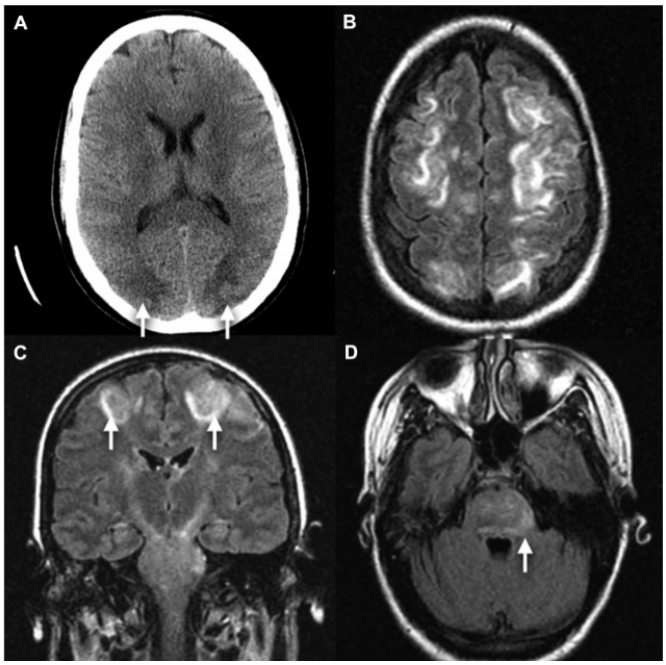
Cefaleas

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

y la cefalea en racimos (22), por lo que estas pacientes no requieren toma de imágenes diagnósticas en primera instancia (12). Entre las causas de cefaleas secundarias se encuentra la preclamsia, el síndrome de encefalopatía posterior reversible, el síndrome de vasoconstricción cerebral reversible y la hipertensión arterial aguda (22) (figura 12).

El uso de imágenes diagnósticas se recomienda en pacientes con una anamnesis o un examen físico compatible con la cefalea secundaria; algunos estudios han mostrado que el uso de neuroimágenes para cefalea, a lo largo de la gestación, reveló el origen secundario en un 25 % a 27 % de los casos (12). En la Tabla 9 se listan los síntomas que se consideran de alarma para la sospecha de cefalea secundaria.

Figura 12. Se trata de una gestante de 29 años, G2P1, con preclamsia complicada por síndrome de HELLP con parto inducido a las 32 semanas por vía vaginal. (**A**) TAC sin contraste que muestra hipoatenuación no específica de sustancia blanca en los hemisferios posteriores (flechas). (**B**, **C** y **D**) Imágenes de T2 en FLAIR (*fluid attenuated inversion recovery*) muestran una señal hiperintensa predominantemente entre la sustancia blanca (flechas en **B** y **C**). Nótese la afección del puente (flecha en **D**) (35).



Fuente: Tomado con fines académicos de Gao G, 2018.

Enfermedades crónicas y cáncer

En pacientes gestantes que presenten patologías crónicas como enfermedades cardíacas y reumáticas, se recomienda que las imágenes de rutina se realicen al finalizar el embarazo. Cuando esto no es posible, se debe priorizar el uso de técnicas sin radiación ionizante; la elección de la imagen a emplear se basa en el diagnóstico de la paciente, en el tratamiento propuesto y en la necesidad de estadificación (7) (figura 13).

En casos de tumores neurológicos durante el embarazo se sugiere el uso de la RMN, su utilización con contrastes de gadolinio no debe restringirse si es el medio para proveer un diagnóstico rápido y acertado (12); en caso de esclerosis múltiple, la RMN es superior a la TAC al hallar lesiones desmielinizantes (9).

Cáncer de mama

El cáncer de mama es la primera causa de muerte en mujeres de 35-54 años (22), es el tumor maligno más frecuente y el primer motivo de mortalidad relacionado con cáncer en el mundo. El embarazo es una de las situaciones en las que esta patología puede aparecer en mujeres jóvenes, y es de difícil diagnóstico por el crecimiento del tejido mamario propio de esta etapa (37).

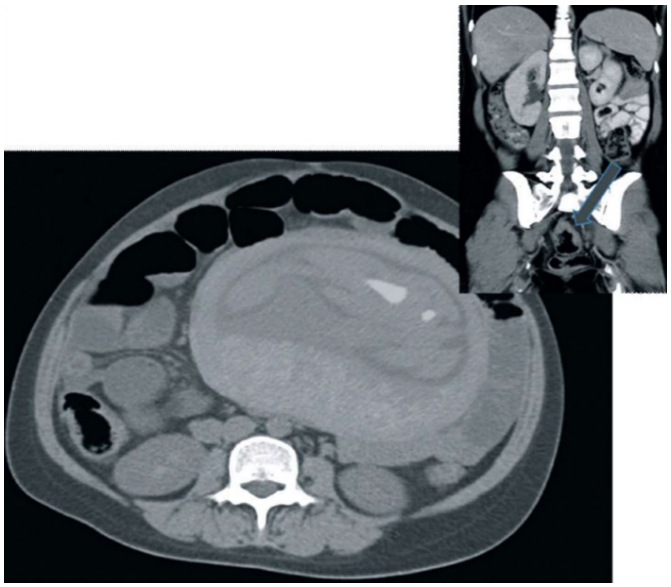
El US mamario es la mejor técnica para el diagnóstico de cáncer de mama en el embarazo, este posibilita distinguir entre las masas sólidas y quísticas, es el método más efectivo para identificar metástasis axilares

Tabla 9. Signos y síntomas de alarma asociados a cefalea en gestantes.

Síntomas de alarma	**Otras consideraciones**
Cefalea súbita con intensidad máxima en menos de 1 minuto	Hipertensión
Cefalea severa de novo	Antecedentes neurológicos
Cambios significativos en una cefalea crónica	Enfermedad pituitaria
Cefalea con o sin fiebre, meningismo	Inmunosupresión
Cefaleas desencadenadas por fiebre, tos, maniobras de valsalva, estornudos o ejercicio	Malignidad
Cefalea ortostática	Estados de hipercoagulabilidad (trombofilia, síndrome antifosfolípidos, etc.)
Déficit neurológico focal de novo, disfunción cognitiva, convulsiones	Uso de medicamentos
Trauma en cabeza y cuello (entre los últimos 3 meses)	Antecedentes familiares
Cefalea con aura y debilidad motora de más de 1 hora	
Cefalea que empeora (semanas o meses)	
Alteraciones en el campo visual	

Fuente: Tomado con fines académicos de Eastwood, 2019.

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).-



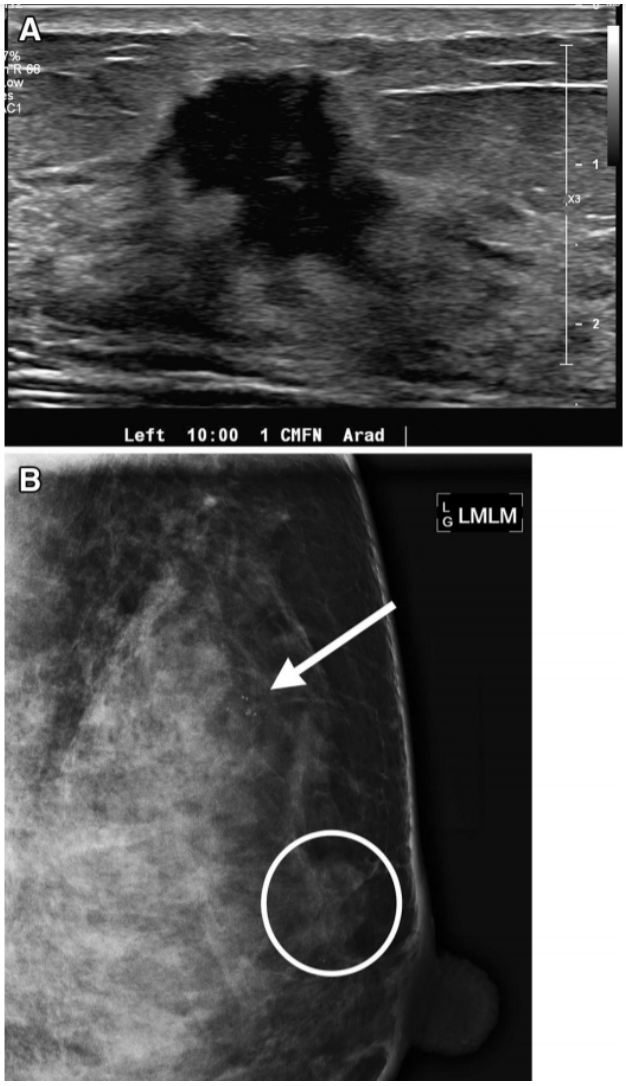
Fuente: Tomado con fines académicos de Predescu D, 2020.

(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).

Siempre es preferible (en una gestante) emplear imágenes diagnósticas no ionizantes (40) a pesar de que las dosis de radiación rutinaria no sobrepasan los límites definidos para alcanzar efectos adversos (41). Se llegó a la deducción de que es fundamental minimizar la exposición del feto a radiaciones ionizantes, pero es vital tener en cuenta que los estudios diagnósticos no deben retrasarse ni evitarse por miedo a dicha exposición (6).

Responsabilidades morales, éticas y bioéticas

Protección de personas y animales

Los autores declaramos que, para este estudio, no se realizó experimentación en seres humanos ni en animales. Este trabajo de investigación no implica riesgos ni dilemas éticos, por cuanto su desarrollo se hizo con temporalidad retrospectiva. El proyecto fue revisado y aprobado por el comité de investigación del centro hospitalario. En todo momento se cuidó el anonimato y confidencialidad de los datos, así. como la integridad de los pacientes.

Confidencialidad de datos

Los autores declaramos que se han seguido los protocolos de los centros de trabajo en salud, sobre la publicación de los datos presentados de los pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado

Los autores declaramos que en este escrito académico no aparecen datos privados, personales o de juicio de recato propio de los pacientes.

Financiación

No existió financiación para el desarrollo, sustentación académica y difusión pedagógica.

Potencial Conflicto de Interés (es)

Los autores manifiestan que no existe ningún(os) conflicto(s) de interés(es), en lo expuesto en este escrito estrictamente académico.

Referencias

1. Bhushan B, Guleria R, Bhushan A, et al. Harmful effects of ionizing radiation. IJRASET [Internet]. Diciembre de 2019 [citado el 5 de marzo de 2021]; 7:887-889. Disponible en: https://tinyurl.com/xoqzol93
2. Mu H, Sun J, Li L, et al. Ionizing radiation exposure: hazards, prevention, and biomarker screening. Environ Sci Pollut Res Int [Internet]. Junio de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 25(16):15294-15306. Disponible en: https://tinyurl.com/57rz62v8
3. Zarghani H, Amouzeshi A. A narrative review on the radiation risk of medical imaging for traumatic pregnant patient and the fetal risks. J Surg Trauma [Internet]. Noviembre de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 6(3):77-85. Disponible en: https://tinyurl.com/adnxm2mt
4. Saltybaeva N, Platon A, Poletti P, et al. Radiation dose to the fetus from computed tomography of pregnant patients—Development and Validation of a Web-Based Tool. Invest Radiol [Internet]. Diciembre de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 55(12):762-768. Disponible en: https://tinyurl.com/r96wsf63
5. Sensakovic W, Royall I, Hough M, et al. Fetal dosimetry at CT: a primer. RadioGraphics [Internet]. Junio de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 40:(4)1061-1070. Disponible en: https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/rg.2020190166
6. Yoon I, Slesinger T. Radiation exposure in pregnancy. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Enero de 2020 [última actualización en julio 10 de 2020; [citado el 5 de marzo de 2021]; Disponible en: https://tinyurl.com/4nffpjrz
7. Rocha A, Carmo R, Melo R, et al. Imaging evaluation of nonobstetric conditions during pregnancy: what every radiologist should know. Radiol Bras [Internet]. Junio de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 53(3): 185-194. Disponible en: https://tinyurl.com/6ffrvtxj
8. Mathur S, Pillenahalli R, Fouladirad S, et al. Emergency imaging in pregnancy and lactation. Can Assoc Radiol J [Internet]. Agosto de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 71(3):396-402. Disponible en: https://tinyurl.com/m068vt1c
9. Sternick L, Hsu L. Imaging Considerations in Pregnancy. Neurol Clin [Internet]. Febrero de 2019 [citado el 5 de marzo de 2021]; 37(1):1-16. Disponible en: https://tinyurl.com/58cw4r7v
10. Lowe S. Diagnostic imaging in pregnancy: making informed decisions. Obstet Med [Internet]. Septiembre de 2019 [citado el 5 de marzo de 2021]; 12(3):116-122. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6734637/
11. Cain U, Gaetke-Udager K, Siegal D, Yablon C. Musculoskeletal injuries in pregnancy. Semin Roentgenol [Internet]. Enero de 2021 [citado el 5 de marzo de 2021]; 56(1):79-89. Disponible en: https://tinyurl.com/3pmz9q8c
12. Jamieson D, McVige J. Imaging of neurologic disorders in pregnancy. Neurol Clin [Internet]. Febrero de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 38(1):37-64. Disponible en: https://tinyurl.com/3cxdv4yj
13. Kumar R, De Jesus O. Radiation effects on the fetus. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Enero de 2020 [última actualización en noviembre 14 de 2020; [citado el 5 de marzo de 2021]; Disponible en: https://tinyurl.com/d67dh5z8
14. Craenen K, Verslegers M, Buset J, et al. A detailed characterization of congenital defects and mortality following moderate X-ray doses during neurulation. Birth Defects Res [Internet]. Abril de 2018 [citado el 5 de marzo de 2021]; 3;110(6):467-482. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bdr2.1161
15. Chen Z, Cao K, Xia Y, et al. Cellular senescence in ionizing radiation (Review). Oncol Rep [Internet]. Septiembre de 2019 [citado el 5 de marzo de 2021]; 42(3):883-894. Disponible en: https://www.spandidos-publications.com/or/42/3/883
16. Raj M, Mullins J, Chi J, et al. The utility of abdominopelvic CT in pregnant patients with abdominal pain and a negative or inconclusive abdominal MRI. Clin Imaging [Internet]. Enero de 2020 [citado el 5 de marzo de 2021]; 59(1):88-94. Disponible en: https://www.clinicalimaging.org/article/S0899-7071(19)30184-6/fulltext
17. Pasqual E, Bosch de Basea M, López-Vicente M, et al. Neurodevelopmental effects of low dose ionizing radiation exposure: A systematic review of the epidemiological

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
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
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/w23dzzcw
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