



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
**INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES  
DE LOS TRABAJADORES DEL ESTADO**  
CENTRO MÉDICO NACIONAL "20 DE NOVIEMBRE"

**"USO DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA COMO  
COMPLEMENTO DIAGNÓSTICO EN FETOS CON  
ALTERACIONES ESTRUCTURALES EN UN HOSPITAL DE  
TERCER NIVEL"**

**T E S I S**  
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
ESPECIALISTA EN MEDICINA MATERNO FETAL

**PRESENTA**

*DR. JORGE ALFREDO URIÓSTEGUI DOMÍNGUEZ*

**ASESOR**

*DR. MILTON PATRICIO LUGO CRUZ*

**FOLIO 130.2022**



CIUDAD DE MEXICO, 2022





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**“USO DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA COMO COMPLEMENTO  
DIAGNÓSTICO EN FETOS CON ALTERACIONES ESTRUCTURALES EN UN  
HOSPITAL DE TERCER NIVEL”**

**AUTORIZACIONES**

---

Dra. Denisse Añorve Bailón  
Subdirectora de Enseñanza e Investigación

---

Dr. Paul Mondragón Terán  
Coordinador de Investigación

---

Dr. José Luis Aceves Chimal  
Coordinador de enseñanza e Investigación

---

Dr. Fernando Escobedo Aguirre  
Profesor Titular del Curso de Medicina Materno Fetal

---

Dr. Milton Patricio Lugo Cruz  
Médico Adscrito al Servicio de Medicina Materno Fetal y Asesor de Tesis

---

Dr. Jorge Alfredo Urióstegui Domínguez  
Médico Residente de Medicina Materno Fetal

**REGISTRO  
130.2022**

## **DEDICATORIA**

*a mis padres, mis abuelos; les doy las gracias por darme la vida por darme la oportunidad de fomentar mi educación desde inicios de mi vida, fomentar los valores que en estos momentos sustentan mi vida diaria y que me dan la oportunidad de desenvolverme en una sociedad de múltiples ideales; por inculcar en mi ser, el bien pensar, el bien hacer, el bien actuar.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*agradezco a dios por mostrarme el camino del bien, por jamás abandonarme en una sala de quirófano, teniendo en mano un transductor de ultrasonido o en cualquier decisión que eh tomado en mi actuar médico.*

*a mi tutor de tesis Dr. Milton Patricio Lugo Cruz, por su gran apoyo, por su gran actuar, por ser la gran guía para que esto se llevara a cabo, por sus múltiples enseñanzas; por convertirse en más que mi médico adscrito, un excelente amigo, una persona en la cual se puede confiar con los ojos cerrados, siempre se lo extiendo y reafirmo verbalmente, sin embargo no queda de más recordarle que SIN USTED YO NO SERÍA QUIEN LOGRE SER;iii. lo quiero mucho y de nuevo gracias; que dios siempre lo llene de bendiciones en todas las cosas que realice.*

*a mi jefe de servicio, Dr. Fernando Escobedo Aguirre; gracias por permitirme realizar esta especialidad, con ello culminando el más grande de mis sueños profesionales. lo aprecio y le dedico este trabajo de tesis con mucho cariño.*

*a todos los médicos adscritos al servicio de medicina materno fetal del centro médico nacional 20 de noviembre por su enseñanza que día con día es impartida sin compromiso sin algún interés personal, teniendo como única meta formar grandes médicos especialistas en medicina materno fetal; gracias.*

# INDICE

RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. ANTECEDENTES .....	9
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	26
4. JUSTIFICACIÓN .....	27
5. HIPÓTESIS .....	28
6. OBJETIVOS .....	29
6.1 OBJETIVO GENERAL .....	29
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
7. MATERIAL Y MÉTODOS.....	30
7.1 Diseño y tipo de estudio.....	30
7.2 Población de estudio. ....	30
7.3 Universo de trabajo.....	30
7.4 Tiempo de ejecución.....	30
7.5 Definición del grupo control .....	30
7.6 Definición del grupo a intervenir. ....	30
7.7 Criterios de inclusión.....	30
7.8 Criterios de exclusión.....	31
7.9 Criterios de eliminación.....	31
7.10 Tipo de muestreo.....	31
7.11 Tamaño de la muestra.....	31

7.12 Descripción y operalización de las variables. ....	32
7.13 Procedimiento.....	33
7.14 Recolección de la información.....	34
7.15 Procesamiento y presentación de la información.....	34
8. ASPECTOS ÉTICOS.....	35
9. RECURSOS.....	36
9.1 Humanos.....	36
9.2 Materiales.....	36
9.3 Financieros.....	36
10. RESULTADOS.....	37
11. DISCUSIÓN.....	47
12. CONCLUSIONES.....	50
13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
14. ANEXOS.....	58

## RESUMEN

**Objetivo:** Describir la experiencia tras el uso de Resonancia Magnética Fetal para complementación diagnóstica de los hallazgos ultrasonográficos realizados en el servicio de Medicina Materno Fetal de un Hospital de tercer nivel.

**Material y método:** Se trató de un estudio descriptivo, prospectivo, de serie de casos, realizado durante marzo-septiembre de 2021 en los servicios de Medicina Materno Fetal y Radiología del Centro Médico Nacional 20 de noviembre del ISSSTE, México. Se incluyeron 12 casos de gestantes con ultrasonografía previa sugestiva de patología malformativa fetal, a las cuales se les realizaron estudios de diagnóstico complementario por Resonancia Magnética Fetal y se dio seguimiento a la conclusión mediante estudios postnatales para valorar el aporte en diagnóstico prenatal de la Resonancia Magnética Fetal.

**Resultados:** Se diagnóstico por Resonancia Magnética Fetal: 2 casos de linfangioma, 2 casos de ventrículo megalia severa, 1 caso con malformación de Dandy Walker, 1 caso con gliosis, 1 caso de microcefalia, 1 caso de mielomeningocele corregido, 1 caso de anencefalia y 1 caso de labio y paladar hendido.

**Conclusiones:** La Resonancia Magnética Fetal es una herramienta complementaria útil en la evaluación de anomalías fetales diagnosticadas por ultrasonografía. En un porcentaje pequeño, pero clínicamente importante de casos, la Resonancia Magnética Fetal puede tener un impacto sustancial en el manejo del embarazo. Se necesitarán estudios más amplios en el futuro para definir las anomalías fetales que tienen más probabilidades de beneficiarse de del uso complementario de Resonancia Magnética Fetal.

**PALABRAS CLAVE:** Resonancia Magnética Fetal, anomalías congénitas, hallazgos radiológicos, hallazgos ultrasonográficos.

## **ABSTRACT**

**Objective:** Describe the experience after the use of fetal magnetic resonance imaging for diagnostic complementation of the ultrasound findings performed in the maternal fetal medicine service of a tertiary referral hospital.

**Material and method:** It were a descriptive, prospective, case series study, conducted during March-September 2021 in the Maternal Fetal Medicine and Radiology services of the National Medical Center November 20, ISSSTE, Mexico. Twelve cases of pregnant women with previous ultrasonography suggestive of fetal anomalies were included, who underwent complementary diagnostic studies by fetal magnetic resonance and the conclusion was followed through postnatal studies to assess the contribution in prenatal diagnosis of the fetal magnetic resonance.

**Results:** We diagnose by fetal magnetic resonance: 2 cases of lymphangioma, 2 cases of severe ventriculomegaly, 1 case with Dandy Walker malformation, 1 case with gliosis, 1 case of microcephaly, 1 case of corrected myelomeningocele, 1 case of anencephaly and 1 case lip and palate sunken.

**Conclusions:** Fetal magnetic resonance imaging is a useful complementary tool in the evaluation of fetal abnormalities diagnosed by ultrasound. In a small but clinically important percentage of cases, fetal MRI can have a substantial impact on the management of pregnancy. Larger studies will be needed in the future to define the fetal abnormalities that are most likely to benefit from the adjunct use of fetal magnetic resonance.

**KEY WORDS:** Fetal magnetic resonance, congenital anomalies, radiological findings, ultrasonographic findings.



## 1. INTRODUCCIÓN

La ecografía es la primera y a menudo la única modalidad necesaria en la evaluación del feto. Es relativamente económico, tiene capacidad en tiempo real y se considera seguro, lo que lo convierte en el estándar de la evaluación fetal. <sup>1</sup>

El propósito de la Resonancia Magnética Fetal es complementar un examen ultrasonográfico especializado previo ya sea para confirmar los hallazgos o brindar información adicional <sup>2</sup> la Resonancia Magnética proporciona un mayor contraste de imágenes de tejido blando y una mayor delimitación anatómica de las estructuras profundas de tejido blando. Tanto el Colegio Americano de Radiología como el Colegio Americano de Obstetras y Ginecólogos respaldan el uso de la resonancia magnética en cualquier etapa del embarazo como una modalidad de imagen complementaria para las anomalías fetales que no se evalúan de manera concluyente con la ecografía<sup>1</sup>

La Resonancia Magnética Fetal ha demostrado a lo largo del tiempo ser útil en la valoración fetal debido a que facilita el pronóstico y el manejo perinatal. En particular, ha sido especialmente útil para detectar anomalías congénitas ocultas en determinadas indicaciones.<sup>2</sup>

En las últimas décadas e inicios del siglo XXI ha aumentado la detección de anomalías congénitas oportunamente, esto no solo a la exploración ultrasonografía si no, el conjunto de la Resonancia Magnética Fetal <sup>1</sup>; sin embargo en nuestro país no se cuenta con un protocolo estandarizado para abordar cualquier alteración congénita intrauterina ya sea a nivel del sistema nervioso central, cara cuello, tórax, abdomen o extremidades, lo que lleva a una deficiente o incompleta intervención al nacimiento por parte de un equipo multidisciplinario formado por cirujanos pediatras, neonatólogos, pediatras debido a la incertidumbre de la aberración fenotípica.

Por tal motivo, el presente trabajo tiene como objetivo describir nuestra experiencia con el uso de Resonancia Magnética Fetal para complementación diagnóstica de los hallazgos ultrasonográficos realizados en el servicio de Medicina Materno Fetal en un hospital de tercer nivel de atención a través del estudio de una serie de casos.

## 2. ANTECEDENTES

Los defectos al nacimiento o anomalías congénitas, son alteraciones estructurales y funcionales que ocurren durante la vida intrauterina y pueden identificarse en la etapa prenatal, al nacimiento o en la vida tardía. Estas alteraciones influyen de forma importante en la morbilidad y mortalidad infantil.<sup>3</sup>

En México, el porcentaje de las malformaciones congénitas en la mortalidad infantil en el 2019 se reporta en 23,8682.<sup>4</sup> En las últimas décadas se ha observado una reducción en la morbimortalidad a largo plazo, debido a que las herramientas diagnósticas y terapéuticas han ido mejorando progresivamente, contribuyendo a una mejor identificación.<sup>3</sup>

La ecografía es la primera y a menudo la única modalidad necesaria en la evaluación del feto, debido a que es relativamente económica, tiene capacidad en tiempo real y se considera segura, lo que la convierte en el estándar de la evaluación fetal.<sup>5</sup> En la actualidad, la ecografía sigue siendo la modalidad de imagen más importante para la evaluación fetal. La ecografía prenatal de alta calidad por sí sola es adecuada para la evaluación fetal y materna en la mayoría de los casos. Sin embargo, para llegar al diagnóstico definitivo en casos complicados, se requiere un operador hábil y una máquina de ultrasonido de alta resolución.<sup>6</sup>

El propósito de la Resonancia Magnética Fetal es complementar un examen ultrasonográfico especializado previo ya sea para confirmar los hallazgos o brindar información adicional<sup>7</sup>; la resonancia magnética proporciona un mayor contraste de imágenes de tejido blando y una mayor delimitación anatómica de las estructuras profundas de tejido blando. Tanto el Colegio Americano de Radiología como el Colegio Americano de Obstetras y Ginecólogos respaldan el uso de la resonancia magnética en cualquier etapa del embarazo como una modalidad de imagen complementaria para las anomalías fetales que no se evalúan de manera concluyente con la ecografía.<sup>1</sup>

La primera resonancia magnética realizada durante el embarazo se informó en 1983, para confirmar la sospecha de placenta acreta a partir de la historia clínica y los hallazgos de la ecografía<sup>8</sup> Las indicaciones para realizar la resonancia magnética durante el embarazo se han ido extendiendo progresivamente a otras patologías fetales. Aunque la técnica de resonancia magnética no es invasiva, debe ofrecerse solo cuando la ecografía no puede proporcionar información adecuada para el asesoramiento familiar, la intervención en el útero y la planificación del parto<sup>1</sup>

Es importante señalar que, de hecho, la resonancia magnética depende del operador, así, el radiólogo que pueda interpretar adecuadamente las imágenes de resonancia magnética debe estar familiarizado con el desarrollo normal de la anatomía fetal. Incluso en las manos más experimentadas, ciertos factores, como el anhidramnios, la posición fetal, la adiposidad materna y la osificación fetal, pueden influir en la precisión diagnóstica de la ecografía. En estos casos seleccionados, la resonancia magnética puede proporcionar información adicional debido a su excelente caracterización de tejidos blandos y su gran campo de visión. Además, las imágenes de resonancia magnética deben leerse en correlación con las de contextos de ultrasonido.<sup>9</sup>

La resonancia magnética fetal no se encuentra asociada con efectos fetales adversos conocidos en ningún momento del embarazo, cuando la misma es realizada sin la administración de medios de contraste. No se han reportado efectos adversos realizadas a 1.5 Tesla.<sup>5</sup> Aunque existen preocupaciones teóricas para el feto, incluida la teratogénesis, el calentamiento de los tejidos y el daño acústico, no existe evidencia de daño real.<sup>1</sup>

Con respecto a la teratogénesis, no hay estudios en humanos publicados que documenten daños y la preponderancia de estudios en animales no demuestra riesgo. El calentamiento del tejido es proporcional a la proximidad del tejido al escáner y, por lo tanto, es insignificante cerca del útero.<sup>10</sup>

La exposición a la resonancia magnética durante el primer trimestre del embarazo, en comparación con la no exposición, no se asoció con un mayor riesgo de daño al

feto o en la primera infancia, sin embargo, al considerar los datos disponibles y el riesgo de teratogenicidad, el Colegio Americano de Radiología concluye que no se recomienda ninguna consideración especial para el primer trimestre del embarazo. La resonancia magnética con gadolinio en cualquier momento durante el embarazo se asoció con un mayor riesgo de un amplio conjunto de afecciones reumatológicas, inflamatorias o infiltrativas de la piel y riesgo de muerte fetal o neonatal.<sup>1,10,11</sup>

La resonancia comienza a aumentar su utilidad después de las 22 semanas de gestación, la mayoría de los órganos se pueden visualizar en detalle entre las 26 y 32 semanas de embarazo, cuando las patologías relacionadas con el desarrollo anormal evolucionan más completamente, pero cada embarazo y cada feto pueden diferir en la forma de evidenciar estructuras normales y patológicas.<sup>10</sup>

La resonancia magnética fetal se utiliza típicamente en la evaluación de sospechas de anomalías del sistema nervioso central, anomalías congénitas de cara y cuello, hernia diafragmática congénita, anomalías de la médula espinal y embarazos complicados por anhidramnios; Sin embargo, se ha encontrado que la resonancia magnética tiene una mayor sensibilidad en la detección de trastornos del sistema nervioso central que la ecografía y puede detectar anomalías adicionales que no se observaron inicialmente en la ecografía.<sup>11</sup>

### ***Consideraciones para el uso de Resonancia Magnética Fetal***

El equipo de resonancia magnética funciona a través de campos magnéticos que alinea los protones de agua tisular a lo largo de la dirección de los campos. La aplicación de un pulso de radiofrecuencia adicional inclina la magnetización y una vez que se apaga este campo electromagnético ocurre la relajación de los protones, lo cual libera señales de radiofrecuencia son detectadas por sistemas de adquisición de la señal y se pueden medir e interpretar. La interpretación computarizada de la señal electromagnética puede caracterizar con precisión los tipos de tejido blando cuando se utiliza el campo a una secuencia ponderada en T2 de toma única.<sup>12</sup>

El protocolo de secuencia de resonancia magnética fetal potenciada en T1 es más apropiado para lesiones con grasa, calcificaciones, hemorragias y es particularmente útil en el análisis de imagen del cerebro fetal.<sup>12</sup>

Con este método se adquieren imágenes de corte de tres planos ortogonales. Con un grosor de corte de 3 a 4 mm se proporciona una señal óptima en la región de interés<sup>13</sup>. La calidad de la imagen depende de la optimización de la secuencia, por lo que la capacidad de diagnóstico de la resonancia magnética fetal no es independiente del operador.<sup>13</sup>

Las diferentes secuencias de la resonancia magnética fetal son adecuadas para diferentes tipos de lesiones fetales. Por lo tanto, elegir la secuencia correcta para obtener la mejor resolución de imagen requiere una comunicación eficaz entre el especialista en medicina fetal y el radiólogo. Las secuencias que se consideran estándar para la evaluación fetal incluyen la secuencia T2, T1, imágenes ecoplanares (EPI) (para la evaluación de los huesos fetales), recuperación de inversión atenuada por líquido (FLAIR) (para detectar hemorragia subaracnoidea) e imágenes ponderadas por difusión (DWI) (para detectar hemorragia intracerebral).<sup>14</sup>

Las imágenes de la resonancia magnética más avanzadas implican el procesamiento posterior a la exploración, lo que será bueno para el estudio funcional. Estas secuencias de resonancia magnética avanzadas incluyen imágenes tridimensionales con alta resolución, imágenes de tensor de difusión y espectroscopia. Pese a ello, aún no son imágenes de resonancia magnética estándar para la evaluación fetal, por lo que, la interpretación debe hacerse con cuidado.<sup>14</sup>

Se han estudiado intensidades de campo magnético de 1,5 y 3 Tesla para obtener imágenes del feto humano. La construcción de imágenes utilizando la fuerza del campo magnético de 3-Tesla proporciona una mejor delimitación anatómica del feto, lo que es particularmente útil para la obtención de imágenes del cerebro fetal, así como para la resonancia magnética funcional.<sup>15</sup> La máquina de 3 teslas es muy

sensible al movimiento fetal, lo que produce artefactos de movimiento significativos, especialmente si la resonancia magnética se realiza en la primera mitad del embarazo.<sup>16</sup> Otros factores que pueden aumentar el artefacto de movimiento incluyen la resonancia magnética posprandial y el polihidramnios.<sup>14</sup>

### ***Seguridad de la resonancia magnética fetal***

La resonancia magnética es un sistema de imágenes no invasivo y no ionizante. El número de accidentes graves que involucran a pacientes que han ocurrido desde la introducción de la resonancia magnética con fines clínicos en 1984 es bajo, al menos en parte debido a la creciente atención que se presta a las cuestiones de seguridad.<sup>17</sup>

La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos aprobó la exposición breve a campos magnéticos en todas las intensidades adoptadas para uso clínico (0.2-3.0 Tesla como estándar) con el argumento de que no es perjudicial al cuerpo, pero esto solo es cierto para los pacientes en general.<sup>17</sup>

La exposición a largo plazo, como la que puede experimentar un operador de resonancia magnética o un paciente con enfermedad crónica que requiere investigaciones seriadas a lo largo del tiempo, sigue siendo un tema de debate científico en la medida en que los estudios *in vitro* han demostrado efectos potencialmente dañinos en tejidos que aparentemente están por debajo del umbral de importancia clínica. La literatura sobre seguridad del paciente se concentra principalmente en los dos escenarios: las interacciones entre el MF y los materiales ferromagnéticos, y el mal funcionamiento de los marcapasos cardíacos.<sup>18</sup>

Con respecto a la resonancia magnética fetal, con la máquina convencional de 1.5 y 3 teslas, no se han informado efectos fetales clínicamente significativos.<sup>19</sup> Los estudios clínicos recomiendan que la resonancia magnética se evite en la primera mitad del embarazo, particularmente en pacientes de menos de 18 semanas de gestación.<sup>14,20</sup>

El feto en esta etapa temprana es pequeño, lo que limita la evaluación anatómica por resonancia magnética. El movimiento excesivo de un feto pequeño puede crear un artefacto de movimiento significativo que pone en peligro la calidad de la imagen de resonancia magnética.<sup>21</sup> Sin embargo, la resonancia magnética se puede realizar en cualquier etapa del embarazo cuando la información solicitada del estudio no se puede obtener mediante otras técnicas de imagen, este puede ser el caso en una sospecha de apendicitis.<sup>21</sup>

Actualmente, hay un uso mayor de 3-Tesla para la imagen neurológica fetal, debido a que se considera seguro para el feto humano.<sup>20</sup> Tanto los beneficios como los riesgos de 3-Tesla sobre la máquina de 1.5-Tesla en imágenes fetales aún no están claros.<sup>15,16,21</sup> Se ha informado que, con intensidades de campo crecientes, puede haber un mayor calentamiento del tejido.<sup>16</sup>

Por otro lado, el estudio en animales muestra que el uso de imanes de 3-Tesla para resonancia magnética de diagnóstico con regímenes de tasa de absorción específica (SAR) normal no conduce a aumentos de temperatura superiores a 1 °C, si el tiempo de obtención de imágenes se mantiene por debajo de los 30 minutos. Se observó un aumento de la temperatura del tejido de 2.5 °C con un tiempo de obtención de imágenes más largo.<sup>22</sup>

En general, puede ser más recomendable el uso conservador, comenzando con una intensidad de campo magnético de 1.5 Tesla. Si la calidad de la imagen es subóptima, pero no debido a artefactos de movimiento, se puede ofrecer una fuerza de campo magnético más fuerte de 3 Tesla en función de los casos individuales.<sup>16</sup> Con todas estas preocupaciones, la ultrasonografía sigue siendo el principal método utilizado en la obtención de imágenes prenatales por su seguridad, bajo costo y disponibilidad.<sup>6</sup> La resonancia magnética fetal debe ofrecerse solo después de que se haya realizado una ecografía fetal de alta calidad. La paciente tiene que firmar un consentimiento informado declarando el conocimiento de los riesgos y beneficios de la resonancia magnética durante el embarazo.

## ***Utilidad de la Resonancia Magnética Fetal en anomalías del Sistema nervioso central***

Hasta la fecha, la sospecha de anomalías del sistema nervioso central fetal es la indicación más común de resonancia magnética fetal. La evaluación del sistema nervioso central incluye el cerebro fetal, la médula espinal, el cráneo y la columna vertebral.<sup>15</sup>

La evaluación ecográfica del cerebro fetal es un desafío porque la vista está obstruida por dos placas óseas; cráneo fetal y pelvis materna, es por ello que, para evitar la pelvis ósea de la madre, a menudo se utiliza el abordaje ecográfico transvaginal.<sup>23</sup>

La calidad de imagen de las estructuras intracraneales se puede mejorar alineando el haz de ultrasonido a través de las suturas craneales fetales. En manos experimentadas, la ecografía por sí sola es adecuada para identificar anomalías graves, como la holoprosencefalia y la hidranencefalia.<sup>9</sup>

El asesoramiento adecuado, así como las decisiones clínicas, ya sea para realizar procedimientos de diagnóstico invasivos adicionales, para interrumpir el embarazo o para continuar con el conocimiento de los resultados adversos del desarrollo neurológico del recién nacido, pueden proceder con este hallazgo ecográfico concluyente.<sup>9</sup>

Hay algunos casos seleccionados de anomalías intracraneales fetales donde el diagnóstico por ultrasonido no es concluyente, por ejemplo, en ciertos trastornos del sistema nervioso central fetal pueden ser de naturaleza muy sutil como los trastornos de migración neural, que resultan en anomalías del desarrollo cortical cerebral. Pueden tener una cisura de Silvio ligeramente dismórfica que se encuentra en el corte coronal anterior del examen de ultrasonido transvaginal. En estos casos sospechosos, la resonancia magnética fetal puede mostrar una superficie cerebral cortical lisa en la lisencefalia clásica.<sup>24</sup>



Otro caso común en el que se aplica la resonancia magnética, es cuando la visualización por ultrasonido de las estructuras del sistema nervioso central no es adecuada. La apreciación subóptima de las estructuras intracraneales fetales puede ser el resultado de la adiposidad materna, fibromas, una posición distinta del vértice del feto o una visión obstruida desde las estructuras óseas fetales o embarazo gemelar. Con un ajuste de secuencia adecuado, la resonancia magnética aún puede obtener una buena señalización a través de las estructuras óseas maternas y fetales.<sup>24</sup>

La resonancia magnética se ha utilizado mucho en fetos con ventriculomegalia limítrofe. La ventriculomegalia cerebral es el primer y, a veces, el único hallazgo in útero en algunas anomalías del sistema nervioso central, como el desarrollo anormal de la corteza cerebral y las lesiones en la fosa posterior. El examen de resonancia magnética de fetos con ventriculomegalia limítrofe puede ofrecer una apreciación de todo el cerebro, así como una caracterización detallada de las partes específicas de interés. En el estudio de Senapati et al. se identificó un 44% de desacuerdo entre las ecografías y un 25% de desacuerdo entre las resonancias magnéticas con respecto al diagnóstico posnatal.<sup>25</sup>

Se ha observado en otro estudio que la resonancia magnética puede revertir el diagnóstico o descubrir hallazgos adicionales en el sistema nervioso central hasta en el 55% de los fetos con ventriculomegalia limítrofe.<sup>21</sup>

Las lesiones sutiles con un impacto clínico considerable, como la agenesia del cuerpo calloso o los trastornos migratorios, pueden diagnosticarse con mayor precisión mediante resonancia magnética. Además, las malformaciones vasculares, los infartos y las hemorragias en el cerebro se pueden visualizar de forma más adecuada con la resonancia magnética fetal.<sup>23</sup>

Por otro lado, un tubo neural es un haz primitivo de nervios que se pliega para formar el cerebro en el extremo anterior y la médula espinal en el extremo posterior. Si esta estructura no se cierra el día 28 de la concepción, se produce un amplio espectro

de defectos del tubo neural. Los fetos con defecto del tubo neural abierto pueden tener malformaciones secundarias en el cerebro o la médula espinal, como ventriculomegalia como resultado de la malformación de Arnold Chiari tipo II.<sup>27</sup>

Los defectos en la columna vertebral y los cambios de las estructuras intracraneales se pueden diagnosticar con un examen de ultrasonido cuidadoso. Sin embargo, el grado de herniación del rombencéfalo puede verse claramente, en especial si el feto no está en la posición óptima. La hernia del vermis cerebeloso puede predecir la probabilidad de derivación postnatal. Por lo tanto, si se planea la reparación del defecto en el útero, es recomendable realizar una resonancia magnética antes del procedimiento, esto es con el propósito de una evaluación estandarizada de la mejoría de la hernia amigdalina después de la cirugía fetal.<sup>26</sup>

El uso de una resonancia magnética de 3 Tesla permite una diferenciación más nítida de los tejidos blandos, lo que será particularmente útil en la evaluación del cerebro fetal.<sup>26</sup>

Krishnamurthy et al. compararon la calidad de la imagen del cerebro fetal obtenida de una máquina de 1.5 y 3 Tesla en un grupo de 12 pacientes. Los resultados mostraron un contraste tisular igual (57%) o superior (35%) e igual (61%) o superior (33%) visibilidad de la calidad de imagen de resonancia magnética fetal.<sup>27</sup>

Sin embargo, debido a algunos problemas de seguridad, no se recomienda utilizar de forma rutinaria una máquina de 3-Tesla para todas las imágenes del cerebro fetal.<sup>28</sup>

### ***Utilidad de la Resonancia Magnética Fetal en las lesiones intratorácicas***

La resonancia magnética puede proporcionar una estimación precisa del volumen pulmonar del feto.<sup>29</sup> La confirmación de hipoplasia pulmonar fetal se debe realizar cuando hay oligohidramnios en el segundo trimestre, hernia diafragmática congénita, distorsión de la caja torácica en displasia esquelética o masa tumoral en el tórax.<sup>15</sup>

El diagnóstico de obstrucción congénita de las vías respiratorias altas puede no ser concluyente en el examen de ultrasonido prenatal. Otras condiciones, como la malformación congénita de las vías respiratorias pulmonares, pueden parecer casi idénticas a la obstrucción congénita de las vías respiratorias mediante un examen de ultrasonido. La malformación congénita de las vías respiratorias pulmonares conlleva un pronóstico mucho mejor que la obstrucción congénita de las vías respiratorias.<sup>30</sup>

La resonancia magnética puede diferenciar estas dos condiciones y puede ubicar el nivel de obstrucción traqueal o bronquial en casos de obstrucción congénita de las vías respiratorias.<sup>31</sup>

Además, la resonancia magnética se ha utilizado ampliamente para la evaluación adicional de los fetos con hernia diafragmática congénita después del diagnóstico por ultrasonido. Las tasas de supervivencia de los fetos con hernia diafragmática congénita aislada del lado izquierdo disminuyen con una proporción baja de pulmón a cabeza fetal observada y esperada en el segundo trimestre. La evaluación cuantitativa del pulmón fetal mediante resonancia magnética, en asociación con estimaciones de ultrasonido, puede ayudar a predecir los resultados neonatales de la hernia diafragmática congénita diagnosticada prenatalmente, con o sin intervenciones prenatales, con el fin de asignar recursos y asesoramiento familiar.<sup>30</sup> Otro parámetro es el volumen pulmonar fetal total, cuando este es medido por resonancia magnética se considera el factor pronóstico más preciso para la supervivencia neonatal.<sup>32</sup>

El volumen pulmonar fetal observado a esperado de menor del 35% se ha relacionado con una alta mortalidad neonatal.<sup>33</sup> A este respecto, Mayer et al. concluyó que el lado del defecto diafragmático, la posición del hígado y el volumen pulmonar fetal observado y esperado, determinados en la resonancia magnética, predecían el resultado fetal.<sup>34</sup>

Los hallazgos de pronóstico adverso por la resonancia magnética fetal incluyen una intensidad de señal densa del campo pulmonar contralateral, así como diámetros pequeños de la arteria pulmonar y sus ramas, que se asocian con resultados perinatales adversos. Adicionalmente, cuando esté indicada la oclusión traqueal fetal, es recomendable realizar una resonancia magnética antes de la inserción del balón. La resonancia magnética debe repetirse antes o poco después de la extracción del balón para evaluar el efecto del taponamiento en la expansión pulmonar fetal.<sup>35</sup>

Los casos de hernia diafrágica congénita diagnosticados prenatalmente tienen más probabilidades de tener malformaciones diafrágicas adicionales, particularmente en el sistema cardiovascular, esquelético, genitourinario y nervioso.<sup>36</sup>

La supervivencia de la hernia diafrágica congénita con malformaciones asociadas es pobre, en comparación con los casos aislados de hernia diafrágica congénita.<sup>36</sup>

La resonancia magnética tiene la ventaja de un campo de visión más grande que permite una evaluación de todo el feto en un solo plano. Ciertas anomalías pueden causar una disminución del volumen del líquido, lo que dificulta la calidad de la imagen del examen de ultrasonido. Esta técnica puede mantener su calidad de delineación de tejidos blandos, lo que hace que la evaluación anatómica y los planes para la reanimación neonatal en esta difícil situación sean más precisos.<sup>24</sup>

### ***Utilidad de la Resonancia Magnética Fetal en las Malformaciones de cabeza y cuello***

La masa tumoral ubicada en la parte anterior del cuello del feto puede obstruir el parto vaginal porque impide que el cuello fetal se flexione por completo. Los tumores comunes en el área de la cabeza y el cuello del feto son linfangioma, hemangioma, bocio y teratoma. Estos tumores pueden comprometer las vías respiratorias y suponer un desafío importante para la intubación neonatal.<sup>37</sup>

La resonancia magnética puede proporcionar información valiosa, incluido el tamaño, la profundidad de la invasión del tumor linfático-vascular en el cuello fetal, la desviación y la permeabilidad de las vías respiratorias y el efecto de presión sobre las estructuras circundantes del cuello. Si la permeabilidad de las vías respiratorias es cuestionable, se puede planificar el tratamiento intraparto ex-útero.<sup>37</sup> Se puede hacer un plan quirúrgico posnatal inmediato basado en la información obtenida de la resonancia magnética fetal.

### ***Utilidad de la Resonancia Magnética Fetal en las anomalías de la fosa posterior***

Las anomalías de la fosa posterior observadas con resonancia magnética fetal incluyen malformación de Dandy-Walker, megacisterna magna, quiste aracnoideo, quiste de la bolsa de Blake, displasia cerebelosa, hipoplasia cerebelosa, hemorragia cerebelosa y malformación de Chiari II.<sup>21</sup>

La malformación de Dandy-Walker se refiere a la aparición de agenesia o hipoplasia del vermis en asociación con un agrandamiento de la fosa posterior, elevación del tentorio y dilatación quística del cuarto ventrículo.<sup>38</sup>

Las formas más leves de hipoplasia vermiana con una fosa posterior más normal se denominan variante de Dandy-Walker, aunque a veces se confunden los términos Dandy-Walker y variante de Dandy-Walker. Además, se ha dicho que el quiste de la bolsa de Blake está dentro del continuo de Dandy-Walker.<sup>39,40</sup>

Aunque las malformaciones graves de Dandy-Walker pueden identificarse con bastante facilidad en la ecografía, puede ser difícil distinguir formas más leves de hipoplasia vermiana de una megacisterna magna o un quiste aracnoideo con un vermis cerebeloso de apariencia normal. Además, la osificación del cráneo puede impedir la visualización ecográfica de la fosa posterior en el tercer trimestre. En estos casos, la resonancia magnética fetal puede desempeñar un papel diagnóstico importante.<sup>15</sup>

En particular, la resonancia magnética fetal se puede utilizar para evaluar la forma y el tamaño del vermis en casos de sospecha de hipoplasia vermiana. Además, la resonancia magnética puede ser útil para evaluar la relación entre un quiste de fosa posterior y el cuarto ventrículo. Aunque solo se informa un número limitado de anomalías de la fosa posterior en la literatura de imágenes de resonancia magnética fetal, varios autores han encontrado que las imágenes de resonancia magnética fetal son útiles<sup>14</sup>

Cuando se confirma una malformación de Dandy-Walker, la resonancia magnética también se puede utilizar para detectar anomalías del sistema nervioso central asociadas. Estos incluyen agenesia del cuerpo calloso, polimicrogiria, heterotópica neuronal y encefalocelos occipitales.<sup>39,40</sup>

Aunque el resultado de una malformación de Dandy-Walker es variable, los estudios han demostrado que los niños con malformaciones de Dandy-Walker en asociación con otras anomalías tienden a tener peores resultados<sup>41</sup> El resultado del desarrollo neurológico también puede estar relacionado con el grado de displasia vermiana.<sup>42,43</sup>

La resonancia magnética fetal también es útil para evaluar las masas ecogénicas de la fosa posterior. En estos casos, puede utilizarse para evaluar la integridad de los hemisferios cerebelosos y vermis e identificar la ubicación de la hemorragia. Las lesiones evaluadas por resonancia magnética fetal incluyen hemorragias del parénquima cerebeloso y malformaciones vasculares.<sup>44</sup>

### ***Resonancia magnética fetal vs ecografía obstétrica en el diagnóstico fetal***

En los exámenes ecográficos fetales, el sesgo operativo causado por la osificación continua del cráneo fetal, el aumento del tamaño físico de la mujer, la disminución del líquido amniótico y el descenso de la cabeza fetal hacia la pelvis materna pueden disminuir la precisión diagnóstica de los ultrasonidos, especialmente en el Grupo de  $\geq 28$  semanas en ciertos subgrupos. Además, la sombra acústica en la ecografía del ala ilíaca suprayacente, la escápula o los huesos del brazo fetal dificulta que las

imágenes ecográficas, especialmente las imágenes coronales estándar, demuestran la existencia de artefactos y, como tales, el sacro fetal, el cuello uterino y la columna torácica superior puede ser difícil de ver en la vista coronal.<sup>45</sup>

Con el paso de los años, la resonancia magnética fetal ha incrementado su uso en combinación con el ultrasonido para la evaluación de anomalías fetales, demostrando ser útil sobretodo en el análisis de imagen de canales espinales fetales y patologías de la médula con secuencias de imágenes generalmente potenciadas en T2.<sup>21,46</sup> La literatura recomienda cada vez más el uso de resonancia magnética fetal para el uso diagnóstico en patologías musculoesqueléticas<sup>47-50</sup>, en particular, estructuras óseas espinales y vertebrales.<sup>51</sup>

Recientemente, la incursión y modificación de las imágenes fetales por secuencia de imágenes ponderadas por susceptibilidad (SWI) para las estructuras óseas de la columna ha atraído una creciente atención.<sup>52</sup>

La resonancia magnética fetal tiene varias ventajas sobre la ecografía. La primera es que la resonancia magnética no se ve afectada por condiciones como obesidad materna, oligohidramnios y posición desfavorable; la segunda es que ofrece una mejor resolución del contraste; y la tercera es que posee una excelente resolución de tejidos blandos y permite escanear en múltiples planos, lo que hace posible una evaluación más detallada, sobre todo a nivel del sistema nervioso central, debido a que se puede visualizar directamente ambos lados del cerebro en desarrollo.<sup>24</sup>

Esta es una ventaja sobre el ultrasonido, donde el hemisferio "superior" a menudo está sombreado por estructuras superpuestas, lo que resulta en la visualización del hemisferio "inferior". Otras limitaciones de la ecografía, como la disminución del volumen de líquido amniótico, la posición del feto y la sombra del cráneo óseo, también pueden superarse mediante la resonancia magnética fetal. Por lo tanto, la resonancia magnética fetal permite una evaluación más detallada del cerebro en desarrollo, incluida la visualización directa y la evaluación de la corteza en desarrollo y el patrón de surcos, lo que es extremadamente difícil y, a menudo, no es posible con la ecografía.<sup>23</sup>

Los estudios sobre la utilidad de la resonancia magnética fetal en fetos con sospecha de anomalía cerebral han demostrado que la resonancia magnética fetal puede detectar anomalías ecográficamente ocultas hasta en el 50% de los casos.<sup>14,46</sup>

Estas anomalías ecográficamente ocultas incluyen lesiones destructivas y del desarrollo, como agenesia del cuerpo calloso, malformación cortical, heterotópica nodular periventricular, displasia cerebelosa, leucomalacia periventricular, porencefalia, encefalomalacia multiquística, hemorragia de la matriz germinal y hemorragia intraventricular.<sup>53,54</sup> Utilizada como complemento de la ecografía prenatal, la resonancia magnética fetal influye en la toma de decisiones clínicas durante el embarazo. De hecho, los estudios han demostrado que la resonancia magnética fetal afecta el asesoramiento de las pacientes y provoca un cambio en el manejo del embarazo en casi la mitad de los casos.<sup>14,46,55</sup>

Herrera et al.<sup>6</sup> realizaron un estudio para caracterizar el uso poblacional de imágenes de resonancia magnética fetal incorporando las directrices recientes del Colegio Americano de Radiología y la Sociedad de Radiólogos Perinatales sobre anomalías fetales para las que la resonancia magnética fetal puede proporcionar información adicional valiosa cuando la ecografía es limitada. La investigación se desarrolló como una revisión retrospectiva de embarazos únicos no derivados que recibieron atención prenatal y tenían un diagnóstico ecográfico prenatal de 1 o más anomalías estructurales entre enero de 2010 y mayo de 2018. Se realizó una ecografía detallada en todos los casos de anomalías. La información sobre anomalías fetales se obtuvo de una base de datos mantenida de forma prospectiva, y se revisaron los registros médicos para determinar la justificación de por qué se realizó o no la resonancia magnética, según la indicación. Resultados: un total de 104 597 embarazos únicos se sometieron a evaluaciones ecográficas de anatomía en nuestra institución durante el período de estudio.<sup>8</sup>

Los resultados mostraron la identificación de anomalías estructurales importantes en 1650 (1,6%) de estos embarazos. En 339 casos se identificaron indicaciones



potenciales para resonancia magnética fetal según las pautas de del Colegio Americano de Radiología. Sin embargo, la resonancia magnética fetal se realizó solo en 253 casos, el 15% con anomalías mayores y el 75% con indicación potencial. La resonancia magnética no se realizó en 41 (20%) de los embarazos identificados debido a un mejor pronóstico en la ecografía seriada, a un mal pronóstico o porque no alteraría el manejo. En conclusión, los autores mencionaron que la resonancia magnética fetal fue útil en complementación con la ecografía en el 15% de los embarazos con diagnóstico prenatal de una anomalía estructural mayor.<sup>6</sup>

Los resultados sobre la utilidad de la resonancia magnética fetal frente a el estudio ecográfico siguen siendo controvertidos. En un estudio que incluyó 81 casos de anormalidades vertebrales, el 16.9% fue incorrectamente diagnosticado por resonancia magnética fetal, principalmente en casos de vertebra en mariposa (hendidura sagital vertebral) y anormalidades vertebrales múltiples. Los resultados de vertebra en mariposa resultó de 2 centros laterales de condricación que no se fusionan en la línea media.<sup>56</sup>

En conclusión, la resonancia magnética fetal es una buena herramienta complementaria de diagnóstico para la displasia esquelética, malformaciones congénitas complejas, alteraciones del sistema nervioso central y especialmente en los casos en que la ecografía prenatal no proporciona un diagnóstico específico y el pronóstico es incierto. Además es de utilidad, previamente demostrada, para medir volúmenes pulmonares, que predicen la letalidad.<sup>49</sup>

### ***Aspectos críticos durante el estudio de resonancia magnética***

Deben hacerse algunas observaciones críticas sobre el uso de la resonancia magnética en el diagnóstico prenatal. La primera es la claustrofobia que pudiera sufrir la madre al realizarse la prueba, esta puede hacer que falle el examen. Además, las pacientes embarazadas pueden tener dificultad para acostarse boca arriba durante mucho tiempo, especialmente en el tercer trimestre. Aunque la resonancia magnética rápida y ultrarrápida ya no necesita sedación materna o fetal,

los artefactos de movimiento aún pueden causar degradación de la imagen en ocasiones. Es importante mantener el examen lo más breve posible y colocar a los pacientes en el imán con los pies primero, esto puede ayudar a minimizar algunos problemas.<sup>2</sup>

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las anomalías congénitas, trastornos congénitos o malformaciones congénitas, son la segunda causa principal de muerte en neonatos y en niños menores de 5 años en las Américas. En combinación con la prematuridad, la asfixia y la sepsis, los defectos de nacimiento representan el 44% de las muertes entre los niños. A nivel mundial, los defectos de nacimiento afectan a 1 de cada 33 recién nacidos y provocan 3.2 millones de discapacidades cada año.

Las anomalías congénitas pueden tener un origen genético, infeccioso o ambiental, aunque en la mayoría de los casos es difícil identificar una causa. Los trastornos congénitos graves más comunes son los defectos cardíacos y del tubo neural y el síndrome de Down. La ecografía es la modalidad de elección para la detección prenatal de anomalías fetales. Proporciona imágenes rentables en tiempo real, tiene una capacidad de alta resolución y es seguro para el feto y la madre. Sin embargo, quedan ciertas circunstancias en las que el ultrasonido está limitado, particularmente cuando el ultrasonido es indicativo, pero no concluyente o técnicamente difícil. Esto por ejemplo ocurre en condiciones como obesidad materna, oligohidramnios y posición desfavorable del feto, entre otras. La resonancia magnética fetal puede ser un adyuvante útil cuando la ecografía es indeterminada.

En la última década se ha ampliado el método de tamizaje de malformaciones fetales donde el propósito de la resonancia magnética fetal es complementar un examen ultrasonográfico especializado previo ya sea para confirmar los hallazgos o brindar información adicional. Siendo nuestro centro de evaluación y diagnóstico prenatal, el más grande centro de referencia a nivel institucional correspondiente al "ISSSTE" y el tamizaje es factible de realizarse a toda la población de embarazadas con complicaciones estructurales fetales, es necesario establecer un protocolo adecuado para poder diagnosticar y tratar a la mayor cantidad de fetos.

## 4. JUSTIFICACIÓN

Los defectos al nacimiento o anomalías congénitas, son alteraciones estructurales y funcionales que ocurren durante la vida intrauterina y pueden identificarse en la etapa prenatal, al nacimiento o en la vida tardía. Estas alteraciones influyen de forma importante en la morbilidad y mortalidad infantil.

En el 2019 se reportaron en México 23,868 casos con malformaciones congénitas asociadas a mortalidad infantil. En las últimas décadas se ha observado una reducción en la morbimortalidad a largo plazo, debido a que las herramientas diagnósticas y terapéuticas han ido mejorando progresivamente, contribuyendo a una mejor identificación.

El propósito de la resonancia magnética fetal es complementar un examen ultrasonográfico especializado previo ya sea para confirmar los hallazgos o brindar información adicional, debido a que proporciona un mayor contraste de imágenes de tejido blando y una mayor delimitación anatómica de las estructuras profundas de tejido blando. Además, esta no se encuentra asociada con efectos fetales adversos conocidos en ningún momento del embarazo, cuando la misma es realizada sin la administración de medios de contraste.

Tanto el Colegio Americano de Radiología como el Colegio Americano de Obstetras y Ginecólogos respaldan el uso de la resonancia magnética fetal en cualquier etapa del embarazo como una modalidad de imagen complementaria para las anomalías fetales que no se evalúan de manera concluyente con la ecografía. Por lo que, el objetivo de nuestro estudio radica en describir nuestra experiencia con el uso de resonancia magnética fetal para complementación diagnóstica de los hallazgos ultrasonográficos realizados en el servicio de Medicina Materno Fetal en un hospital de tercer nivel de atención.

## 5. HIPÓTESIS

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** El uso de Resonancia Magnética Fetal complementa el diagnóstico ultrasonográfico de malformaciones congénitas.

**Hipótesis alterna ( $H_a$ ):** El uso de Resonancia Magnética Fetal no complementa el diagnóstico ultrasonográfico de malformaciones congénitas.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 OBJETIVO GENERAL**

Describir nuestra experiencia con el uso de Resonancia Magnética Fetal para complementación diagnóstica de los hallazgos ultrasonográficos realizados en el servicio de Medicina Materno Fetal en un hospital de tercer nivel de atención.

### **6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Describir los hallazgos de diagnósticos obtenidos por ecografía obstétrica y Resonancia Magnética Fetal en cada caso de estudio.
2. Describir de forma certera las alteraciones estructurales no visualizadas por medio de ecografía obstétrica y comparar los resultados con el diagnóstico postnatal.
3. Estimar el nivel de concordancia de la ecografía obstétrica y Resonancia Magnética Fetal vs el diagnóstico postnatal para los casos estudiados.
4. Describir la utilidad de la Resonancia Magnética Fetal como complementación diagnóstica en malformaciones fetales.

## **7. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **7.1 Diseño y tipo de estudio.**

Estudio descriptivo, observacional, de serie de casos.

### **7.2 Población de estudio.**

Pacientes en periodo gestacional comprendido entre 26.1 a 37 semanas, complicados con malformaciones fetales mediante hallazgos ultrasonográficos, en quienes se realice la complementación diagnóstica mediante Resonancia Magnética Fetal, derechohabiente del ISSSTE, del servicio de Medicina Materno Fetal en el Centro Médico Nacional “20 de Noviembre”, Ciudad de México, México.

### **7.3 Universo de trabajo**

Expedientes clínicos de pacientes gestantes, de 26.1 a 37 SDG, atendidas en el servicio de Medicina Materno Fetal, del CMN “20 de Noviembre”, que contaron con hallazgos ultrasonográficos de malformaciones congénitas fetales y a las cuales se les realizó Resonancia Magnética Fetal complementaria.

### **7.4 Tiempo de ejecución.**

8 meses.

### **7.5 Definición del grupo control.**

No aplica.

### **7.6 Definición del grupo a intervenir.**

No aplica.

### **7.7 Criterios de inclusión.**

- Previo al uso de la Resonancia Magnética Fetal se detectó mediante ultrasonografía alguna patología malformativa fetal a confirmar.

- Cualquier edad materna.
- Embarazo único o múltiple.
- Paciente gestante con o sin comorbilidades previas o diagnosticadas recientemente en la gestación.
- Edad gestacional comprendida entre las 26.1 a las 37 semanas.
- Derechohabientes del ISSSTE atendidas en el servicio de Medicina Materno Fetal.
- Contar con el expediente clínico completo.

### **7.8 Criterios de exclusión.**

- No detección previa de patología malformativa mediante ultrasonografía obstétrica.
- Edad gestacional menor de 26 semanas y mayor a 37 semanas.
- No derechohabiente del ISSSTE.

### **7.9 Criterios de eliminación**

- Paciente que no concluyeron la gestación en ISSSTE “20 de Noviembre”.
- Pacientes que presenten óbito.

### **7.10 Tipo de muestreo.**

No aleatorizado de casos consecutivos por conveniencia: en este tipo de muestreo se selecciona a las muestras porque están disponibles, son fáciles de reclutar y pertenecen a la población de interés.

### **7.11 Tamaño de la muestra.**

El tamaño de la muestra se realizó a conveniencia del investigador. El período de estudio se definió de acuerdo con el tiempo de permanencia de los expedientes clínicos en el archivo.



## 7.12 Descripción y operacionalización de las variables.

### 7.12.1 Definición conceptual

- **Malformaciones congénitas:** defectos de los mecanismos biológicos del desarrollo tales como proliferación, diferenciación, migración celular, apoptosis, inducción, transformaciones epitelio mesenquimáticas e interacciones tisulares
- **Resonancia Magnética Fetal:** es una técnica no invasiva que utiliza el fenómeno de la resonancia magnética nuclear para obtener información sobre la estructura y composición del cuerpo a analizar. Esta información es procesada.
- **Concordancia diagnóstica.** Resultado de la prueba Kappa de Cohen para establecer la estimación del grado de acuerdo entre las pruebas de diagnóstico de malformaciones estructurales fetales.

### 7.12.2 Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Definición operacional	Escala de medición	Dependencia	Indicadores
Resonancia Magnética Fetal	Cualitativa Nominal	Información obtenida del expediente clínico.	Nominal	Variable independiente	1. Útil 2. No útil
Malformaciones congénitas	Cualitativa Politómica	Información obtenida del expediente clínico.	Nominal	Variable dependiente	1. Síndrome Dandy Walker 1. Microcefalia 2. Linfangioma 3. Anencefalia 4. Labio y paladar hendido 5. Hidrocefalia 6. Ventriculomeg

					alia 7.Mielomeningoc ele 8.Secuestro broncopulmon ar 10.Otro
Concordancia del diagnóstico	Cualitativa Politómica	Información obtenida al realizar la prueba Kappa de Cohen en el software SPSS.	Ordinal	Variable independiente	Coeficiente kappa de Cohen: <0: No acuerdo 0.4-0.6: Moderado 0.6-0.8: Bueno 0.8-1.0: Muy bueno

### 7.13 Procedimiento

1. Inicialmente se seleccionaron los expedientes clínicos que cumplieron con los criterios de inclusión.
2. Se obtuvo información clínica de los expedientes clínicos de pacientes en edad gestacional comprendido entre 26.1 a 37 SDG que además registraron el uso de la Resonancia Magnética Fetal como estudio complementario a la ecografía obstétrica.
3. Se obtuvieron, además, los resultados de estudios de imagen (ecografía y Resonancia Magnética Fetal) y la información complementaria de diagnóstico postnatal de cada caso incluido en el estudio. Los parámetros de la de adquisición de la imagen de Resonancia Magnética Fetal fueron: 2 teslas con secuencia HASTE. Las variables registradas fueron malformación fetal, hallazgo ultrasonográfico, hallazgo por Resonancia Magnética Fetal y resultado del estudio postnatal.
4. Posteriormente, se describió la patología malformativa fetal cada uno de los casos y se realizó la comparativa de los hallazgos ecográficos y de

Resonancia Magnética Fetal frente a los resultados de los estudios postnatales.

5. Por último, se realizó la prueba de Kappa de Cohen para estimar el nivel de concordancia entre los hallazgos de imagen diagnóstica mediante el software IBM SPSS versión 26.

## **7.14 Recolección de la información**

### **7.14.1 Fuentes de Información**

Historia clínica de la paciente.

### **7.14.2 Instrumentos de medición**

Instrumento de recolección de datos (elaboración propia del investigador), disponible en el ANEXO I.

### **7.14.3 Validez y Consistencia**

No aplica.

## **7.15 Procesamiento y presentación de la información**

### **7.15.1 Análisis estadístico**

El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico IBM SPSS Versión 26 para Windows. La estimación del índice del coeficiente Kappa se utilizó para contrastar los resultados de imagen diagnóstica frente al diagnóstico postnatal, este último establecido como Gold Standard. Se compararon los registros de dos en dos (ecografía vs diagnóstico postnatal y RMF vs diagnóstico postnatal) para lo que se aplicó el coeficiente Kappa de Cohen. La prueba se obtuvo además el intervalo de confianza del 95% (IC 95%) y valor de significancia estadística (p) para cada prueba. Un valor de  $p < 0.05$  fue considerado estadísticamente significativo.

## 8. ASPECTOS ÉTICOS

Este estudio fue aprobado por el Comité Local de investigación en salud obteniendo su autorización y registro. Se guardó la confidencialidad de los nombres de los médicos y pacientes. Para el procesamiento de los datos no se utilizó en ningún momento el nombre de los participantes, por lo que se mantuvo la confidencialidad de la información de los participantes. Para los análisis estadísticos se eliminaron los nombres de la base de datos y las pacientes de cada caso fueron identificadas con números consecutivos. Se respetó cabalmente los principios contenidos en los siguientes códigos:

-Reglamento de la ley General de Salud: De acuerdo con el reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud, títulos del primero al sexto y noveno 1987, y en su artículo 3º, el cual informa que toda investigación se someterá a un comité para su aprobación y que la investigación contribuya a acciones preventivas y al uso de procedimientos técnicos y diagnósticos para mejorar el proceso de salud. El artículo 14 en su fracción I, VI, VII, Y VIII, al artículo 16 que mencionan que se someterá a los principios éticos y científicos que debe ser realizado por profesionales de la salud.

-Norma Técnica No. 313 para la presentación de proyectos e informes técnicos de investigación en las instituciones de atención a la salud.

-Reglamento federal: título 45, sección 46 y que tiene consistencia con las buenas prácticas clínicas.

-Declaración de Helsinki: Principios éticos en las investigaciones médicas en seres humanos, con última revisión Brasil 2013, además de los artículos 15, 20, 33, que recomiendan su privacidad del estudio.

Por último, según el artículo 17 en su fracción I de la Ley General de Salud se trató de una investigación SIN RIESGO, debido a que se trabajó únicamente con la historia clínica de las pacientes.

## **9. RECURSOS**

### **9.1 Humanos**

- Asesor metodológico:
- Asesor clínico:
- Médico responsable del proyecto:

### **9.2 Materiales**

- Expedientes clínicos
- Computadora personal
- Memoria USB
- Bolígrafos Negros, lápices
- Hojas del instrumento de recopilación de datos
- Software SPSS Versión 26

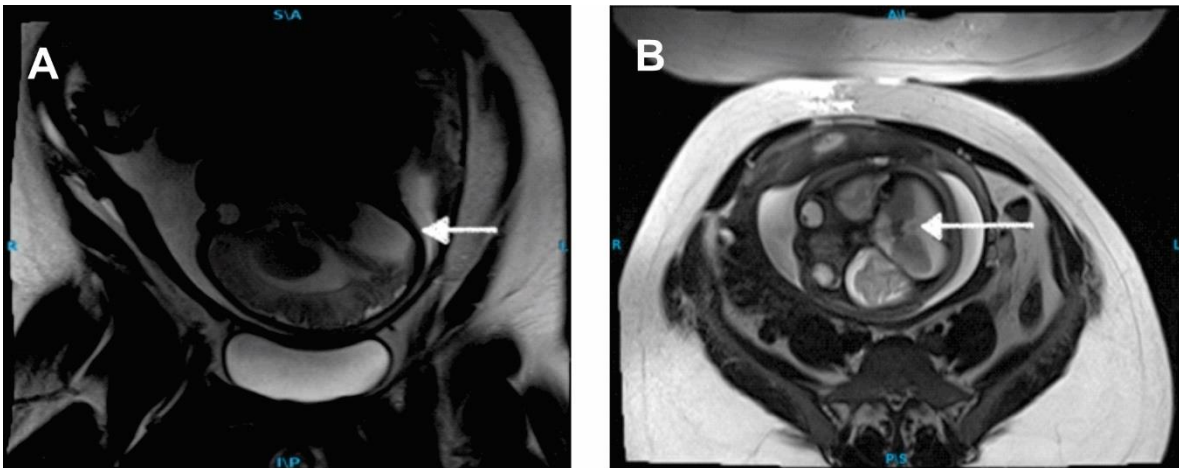
### **9.3 Financieros**

- Financiamiento propio del investigador

## 10. RESULTADOS

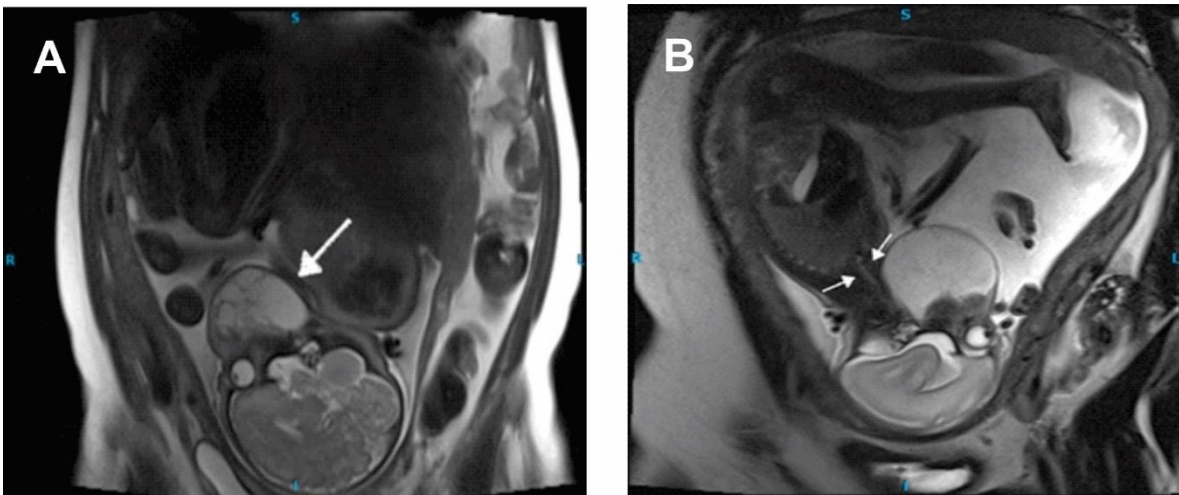
Se realizó Resonancia Magnética Fetal complementaria a 12 gestantes con edad gestacional comprendida entre 26.1 y 37 semanas y un total de 12 de fetos que cumplieron con los criterios de inclusión, y que contaban con sospecha previa de patología malformativa fetal detectada por ultrasonografía. A continuación, se describe cada uno de los casos.

**CASO 1.** Se detectó por medio de ultrasonografía ventrículo lateral de 22.8 mm, plexos coroideos y pedúnculos cerebrales normales, cerebelo con hipoplasia del vermix y cisterna magna de 27 mm. Con Resonancia Magnética Fetal se confirmó la prominencia del sistema ventricular e hipoplasia del vermis cerebeloso (Figura 1 A y B). Concluyendo, en el estudio postnatal se observó ventriculomegalia supratentorial, dilatación quística del cuarto ventrículo, hipoplasia de vermis cerebeloso, hallazgos compatibles con la malformación Dandy Walker.



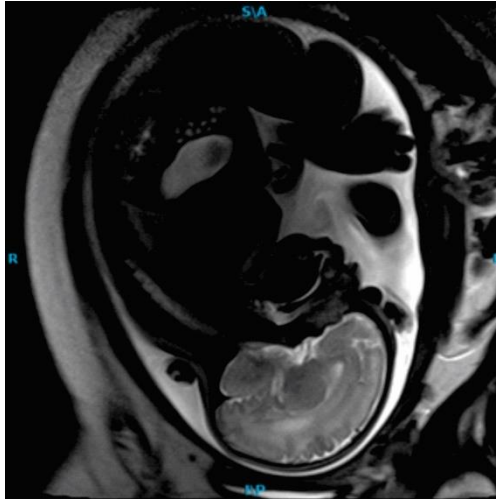
**Figura 1.** Síndrome de Dandy Walker. A) La Resonancia Magnética Fetal presenta aumento en el espacio subaracnoideo en forma generalizada que se asocia a prominencia del sistema ventricular supratentorial, en especial astas occipitales, con imagen isointensa al líquido cefalorraquídeo localizada en la fosa posterior la cual se comunica con el 4º ventrículo. B) Hipoplasia del vermis con remanente y separación de hemisferios cerebelosos secundario a la imagen quística antes descrita.

**CASO 2.** Se detectó por medio de ultrasonografía a nivel de hemicuello anterior izquierdo la presencia de imagen anecoica, multiseptada sin vascularidad de 63 x 45 x 32 mm. Por Resonancia Magnética Fetal se detectó linfangioma con permeabilidad traqueo-esofágica. (Figura 2 A y B). Concluyendo, en el estudio postnatal se confirmó lesión extracraneal de bordes lobulados con múltiples imágenes ovoideas a nivel submandibular izquierdo con proyección hacia el masticador y paratiroideo ipsilateral de 55 x 33 x 60 mm. Hallazgos compatibles con linfangioma cervicofacial izquierdo.



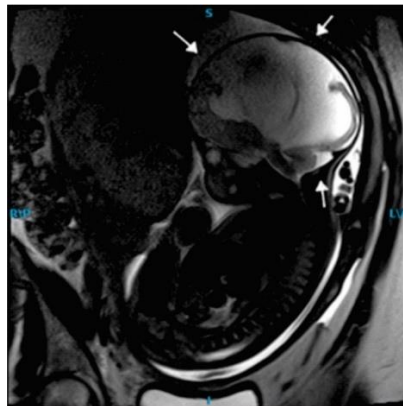
**Figura 2.** Linfangioma. A) Labio y paladar íntegros, lesión de 59x57x65mm, comportamiento quístico, septos finos en fosa pterigomaxilar izquierda, cuello supra e infraioideo. B) No se observa compromiso de la vía aérea ni orofaringe, las flecas remarcan la permeabilidad traqueo-esofágica.

**CASO 3.** Se detectó por medio de ultrasonografía hidrocefalia no comunicante a nivel del ventrículo lateral derecho, con probable esquizencefalia. Por Resonancia Magnética Fetal se detectaron lesiones que sugerentes de gliosis (Figura 3). Concluyendo, en el estudio postnatal se reportó recién nacido sin alteraciones estructurales a nivel de sistema nervioso central.



**Figura 3.** Lesiones que siguieren probable gliosis con hiperintensidad subcortical de predominio derecho frontotemporal que se asocia a aumento del espacio subaracnoideo ipsilateral, cuerpo calloso presente, atrio ventricular de 0.3 cm, sin imagen que sugiera esquizencefalia.

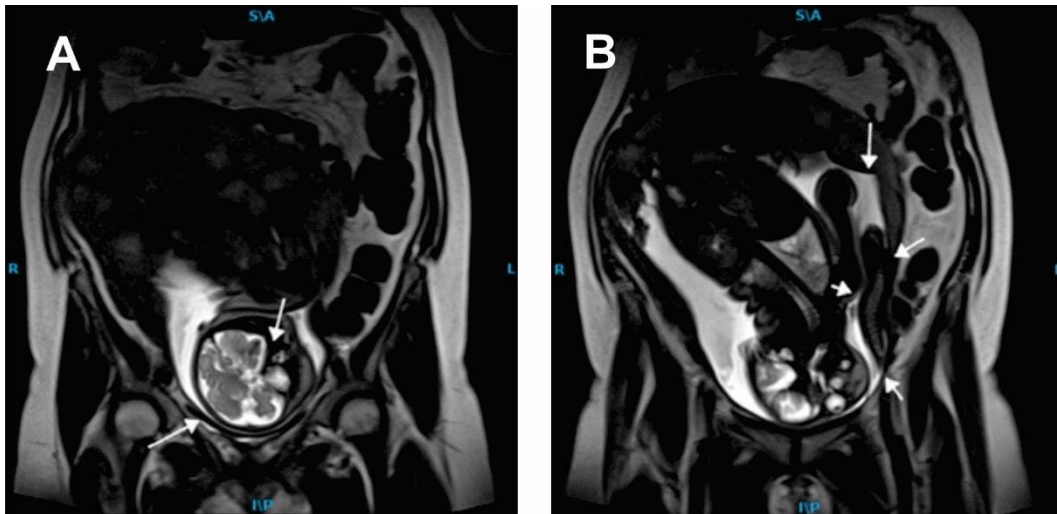
**CASO 4.** Se detectó por medio de ultrasonografía dilatación de ventrículos laterales de 21.2 mm y dilatación del tercer ventrículo, fosa posterior de la cisterna magna de 5.4 mm y pérdida de la anatomía habitual a expensas de adelgazamiento de la corteza cerebral. Por Resonancia Magnética Fetal se detectó ventriculomegalia severa (Figura 4). Concluyendo en el estudio postnatal mediante estudios de gabinete del recién nacido se diagnosticó hidrocefalia con dilatación severa del sistema ventricular, alteración de su morfología habitual y ausencia de tejido cerebral en la región occipital bilateral con predominio derecho.



**Figura 4.** Ventriculomegalia. Se observa pérdida de la anatomía cerebral fetal por desplazamiento dependiente de dilatación ventricular severa y adelgazamiento con borramiento de surcos y cisuras.

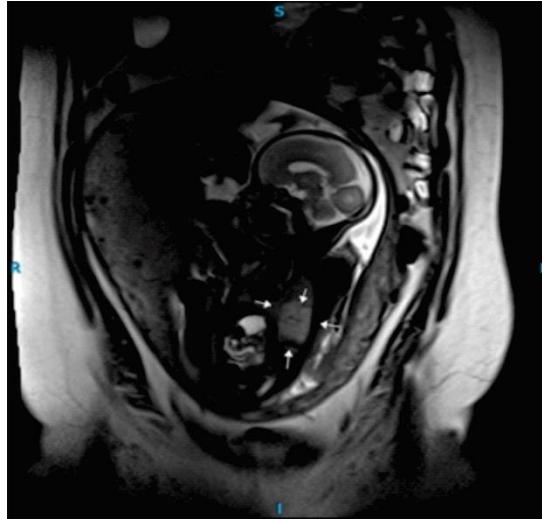


**CASO 5.** Se detectó por medio de ultrasonografía datos compatibles con síndrome de transfusión feto fetal presentando como complicación Quintero V. El feto receptor presentó ventrículo lateral de 14 mm y dilatación del tercer ventrículo. Con seguimientos posteriores se observó una medición del diámetro biparietal y del perímetro cefálico de 2 desviaciones estándar por debajo de la media. Por Resonancia Magnética Fetal se detectó disminución del volumen cortical y feto papiraceo (Figura 5 A y B). Concluyendo, en el estudio postnatal se detectó disgenesia del cuerpo calloso, paquigira temporo-parieto-occipital bilateral, calcificaciones subcorticales, disminución del número de surcos y profundidad de forma generalizada. Mediante estudio de patología se diagnosticó placenta monocorial biamniótica.



**Figura 5.** Microcefalia. A) Se observa disminución del volumen cortical y disgenesia del cuerpo calloso. B) Presencia de feto papiraceo que ocupa el fondo del cuerpo uterino con bolsa amniótica plegada.

**CASO 6.** Se detectó por medio de ultrasonografía a nivel de lóbulo basal pulmonar derecho secuestro broncopulmonar con vaso nutricio de arteria pulmonar. Se observó por Resonancia Magnética Fetal secuestro broncopulmonar derecho (Figura 6) y se corrobora al nacimiento con seguimiento y plan quirúrgico.



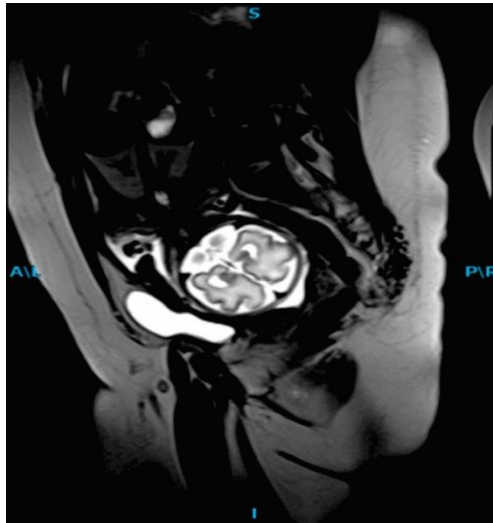
**Figura 6.** Secuestro broncopulmonar. Se observa lesión dependiente de lóbulo pulmonar basal derecho e imagen hiperecogénica de 35 x 40mm.

**CASO 7.** Se detectó por medio de ultrasonografía una imagen septada de 80x45x35mm que abarca todo el cuello en sentido antero posterior, sin presencia de vascularidad y con permeabilidad de tráquea. En la Resonancia Magnética Fetal se observaron datos sugerentes de linfangioma (Figura 7). Concluyendo, en el estudio postnatal se diagnóstica higroma quístico de 23x21mm en el hemicuello derecho.



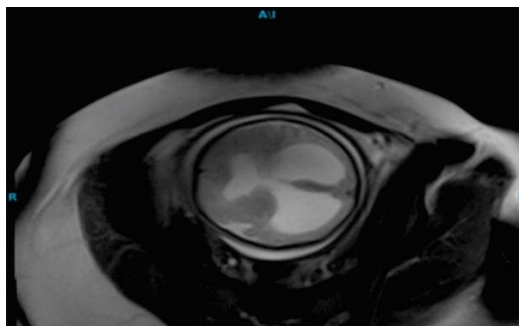
**Figura 7.** Linfangioma. Se observa deformidad facial, colección isointensa al líquido amniótico, multilobulada, con septos finos con extensión cervical de 68x65x42mm. Se extiende desde la base del cráneo hasta la región cervical supraclavicular (componente naso y orofaríngeo), produciendo desplazamiento contralateral del esófago y la tráquea, en estrecho contacto con el segmento cervical de la columna fetal, la cual se encuentra en hiperextensión y lateralizada a la izquierda, sugestivo de linfangioma.

**CASO 8.** Se detectó por medio de ultrasonografía ventriculomegalia severa. Se observaron en la Resonancia Magnética Fetal datos sugestivos de gliosis que se asocia a disminución del volumen cortico-subcortical, a descartar (Figura 8). Concluyendo, en el estudio postnatal se observa recién nacido sin alteraciones estructurales a nivel de Sistema Nervioso Central.



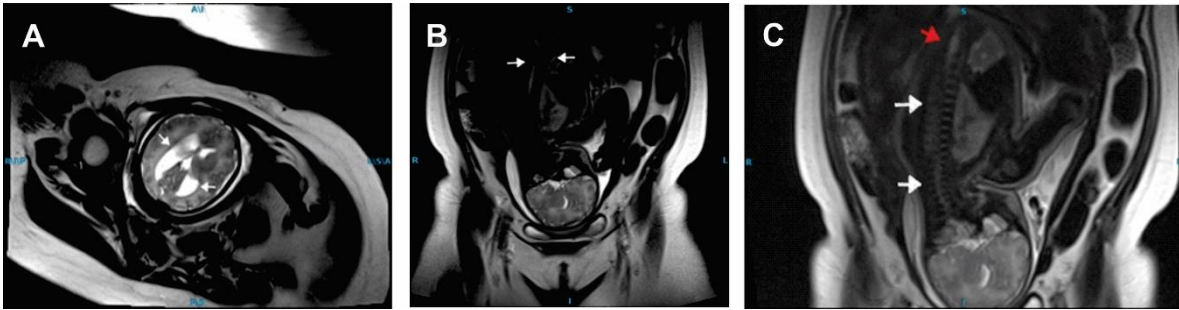
**Figura 8.** Gliosis. Se observan surcos y cisuras de acuerdo con la edad gestacional. Sistema ventricular con medida máxima de 7 mm, cavum del septum pellucido completo, aumento difuso en la intensidad de señal en el parénquima cerebral.

**CASO 9.** Se detectó por medio de ultrasonografía una medición del ventrículo lateral de 29.7 mm, dilatación del tercer ventrículo de 4.3 mm y cavum del septum pellucidum. Por Resonancia Magnética Fetal se observó ventriculomegalia severa (Figura 9). Concluyendo, en el estudio postnatal se confirma hidrocefalia.



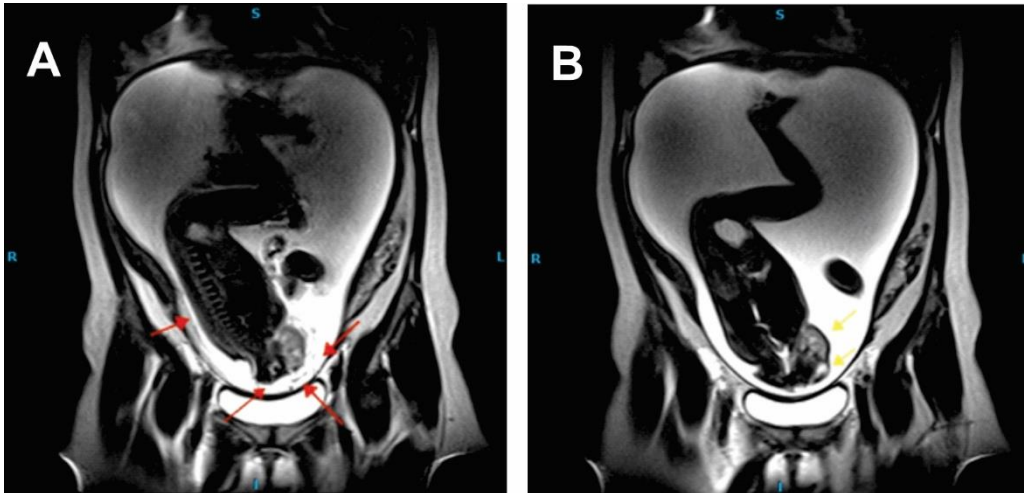
**Figura 9.** Ventriculomegalia severa. Se observa cráneo con doliocéfalo, ausencia de cavum del septum pellucidum con comunicación de los ventrículos laterales con medición de 28 mm y 33 mm derecho e izquierdo, respectivamente, y dilatación del tercer ventrículo de 9.6 mm.

**CASO 10.** Feto con antecedente de corrección de mielomeningocele mediante cirugía fetal endouterina. Se detectó por medio de ultrasonografía y Resonancia Magnética Fetal ventriculomegalia moderada a nivel de la columna vertebral L1-L5 (Figura 10). Concluyendo postnatalmente se diagnóstica mielomeningocele lumbosacro corregido.



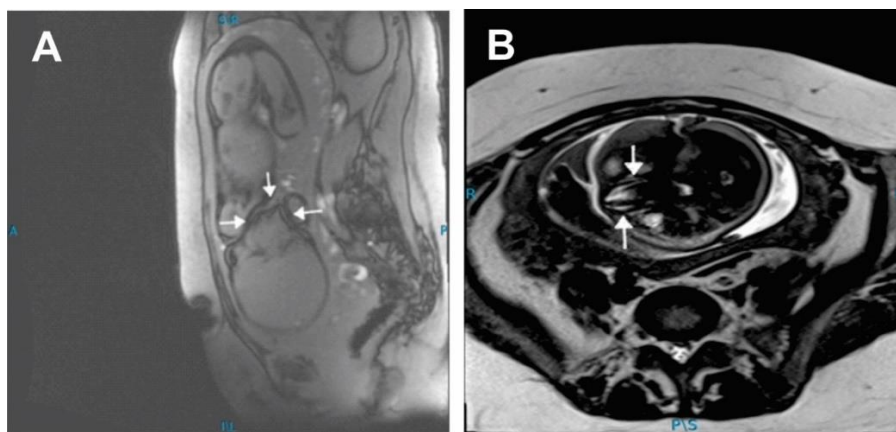
**Figura 10.** Ventriculomegalia moderada. Resonancia Magnética Fetal con medición de A) ventrículos laterales de 12.6 mm. B) y C) se observa a nivel de neuroeje la ausencia de elementos posteriores de L3 a región sacra, como medular a la altura de la plataforma inferior de L3, altura normal para edad gestacional, extremidades con tono conservado.

**CASO 11.** Se detectó por medio de ultrasonografía diámetro biparietal, circunferencia cefálica y diámetro occipito frontal sin alcance para su medición, secundario a malformación compleja por probable anencefalia. En la Resonancia Magnética Fetal se detectan datos sugestivos de anencefalia. No se acepta estudio de patología postmortem, sin embargo, a la exploración clínica, el recién nacido presenta aspecto evidente de anencefalia.



**Figura 11.** Anencefalia. A) No se observa desarrollo de huesos parietal, frontal ni occipital, tronco encefálico hipoplásico. Medula espinal y arcos vertebrales presentes y normales. B) Cabeza de aspecto aplanado, existencia de orbitas normales y estructuras faciales inferiores a estas normales.

**CASO 12.** Labio y paladar hendido. Se detectó por medio de ultrasonografía a nivel del labio, en el corte naso-mentoniano, una hendidura del lado izquierdo y derecho más superior, distorsión de la punta de la nariz y asimetría de las fosas nasales. En la Resonancia Magnética Fetal se observaron datos sugestivos de labio hendido bilateral y pérdida de continuidad del paladar (Figura 12 A y B). Concluyendo, postnatalmente se confirma labio y paladar hendido.



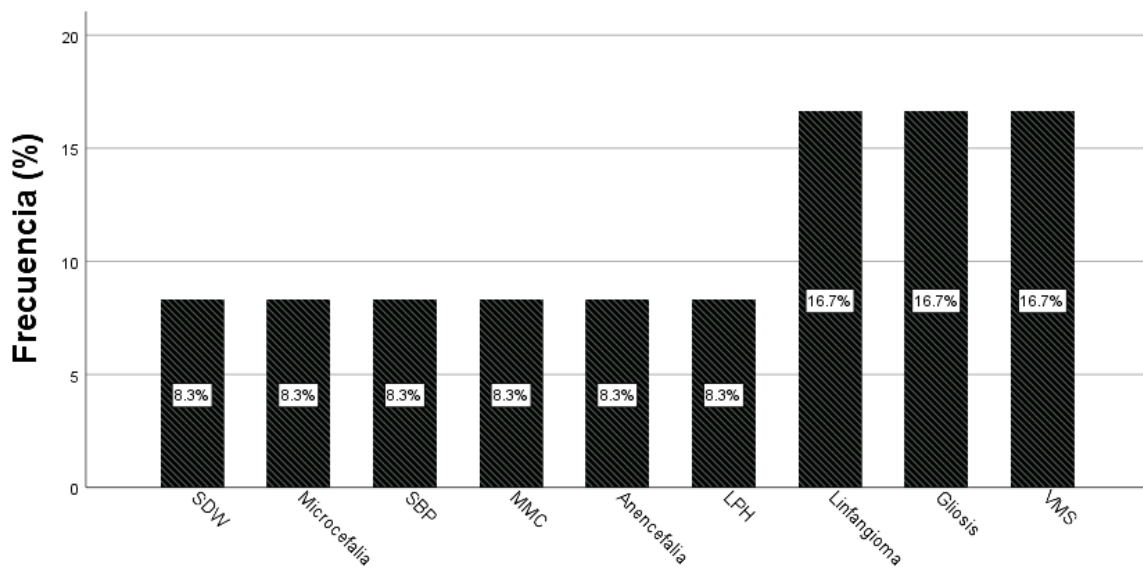
**Figura 12.** Labio y paladar hendido. A) Se observa feto en corte coronal, a nivel de labio superior presenta pérdida de la continuidad derecha e izquierda sugestiva de labio hendido bilateral. B) Se observa en un corte axial a nivel de paladar, pérdida de continuidad bilateral.

En la Tabla 1 se muestra resumen comparativo de los resultados obtenidos por ecografía, Resonancia Magnética Fetal y estudios postnatales de gabinete del recién nacido para la serie de casos incluida en el presente estudio.

**Tabla 1. Relación del diagnóstico pre y postnatal en la serie de casos**

<b>Casos</b>	<b>Hallazgo ecográfico</b>	<b>Hallazgo de Resonancia Magnética Fetal</b>	<b>Diagnóstico postnatal</b>
1	Síndrome de Dandy Walker	Síndrome de Dandy Walker	Síndrome de Dandy Walker
2	Probable linfangioma	Linfangioma	Linfangioma
3	Esquizencefalia e hidrocefalia	Gliosis	Sin lesión a nivel sistema nervioso
4	Ventriculomegalia severa	Ventriculomegalia severa	Hidrocefalia
5	Embarazo monocorial biamniótico, quintero V, microcefalia, ventriculomegalia	Disminución del volumen cortical, disgenesia del cuerpo caloso, feto papiraceo	Microcefalia
6	Secuestro broncopulmonar	Secuestro broncopulmonar	Secuestro broncopulmonar
7	Probable linfangioma	Linfangioma	Linfangioma
8	Ventriculomegalia severa	Gliosis	Sin lesión a nivel sistema nervioso
9	Ventriculomegalia severa	Ventriculomegalia severa	Hidrocefalia
10	Mielomeningocele corregido, ventriculomegalia	Mielomeningocele corregido, ventriculomegalia	Mielomeningocele corregido
11	Anencefalia	Anencefalia	Anencefalia
12	Labio y paladar hendido	Labio y paladar hendido	Labio y paladar hendido

En el análisis de frecuencias de los resultados de diagnóstico fetal por Resonancia Magnética Fetal observamos que los diagnósticos de malformaciones fetales más frecuentes fueron: Linfangioma (16.7%), Gliosis (16.7%) y Ventriculomegalia severa (16.7%) (Figura 13).



### Digagnóstico por Resonancia Magnética

**Figura 13.** Resultados del diagnóstico fetal de la serie casos de alteración estructural mediante Resonancia Magnética. Abreviaturas: SDW, síndrome Dandy Walker; SBP, secuestro broncopulmonar; MMC, mielomeningocele corregido; LPH, labio y paladar hendido; VMS, Ventriculomegalia severa.

Los resultados del análisis de Kappa de Cohen muestran que la concordancia del USG frente a la confirmación por estudios postnatales del recién nacido fue buena (Kappa= 0.736; IC 95% 0.621-0.805), mientras que, los resultados de la Resonancia Magnética Fetal fueron comparables con los resultados ecográficos obteniendo un valor de Kappa bueno (Kappa=0.742; IC 95% 0.652-0.886). Ambos estudios fueron estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) (Tabla 2).

<b>Tabla 2. Concordancia del ultrasonido y resonancia magnética vs el diagnóstico postnatal</b>			
<b>Método diagnóstico</b>	<b>Kappa</b>	<b>IC (95%)</b>	<b>p</b>
Ecografía obstétrica	0.736	0.621-0.805	0.000
Resonancia Magnética Fetal	0.742	0.652-0.886	0.000

## 11. DISCUSIÓN

La Resonancia Magnética Fetal, con sus avances tecnológicos, se ha convertido en una herramienta de imagen adyuvante importante en la evaluación adicional del feto. Sin embargo, en México, existe una falta de consenso sobre su utilidad diagnóstica. En este estudio describimos nuestra experiencia con el uso de Resonancia Magnética Fetal en 12 casos de gestantes con hallazgos ultrasonográficos previos sugestivos de anomalías congénitas, con el fin de confirmar o descartar la patología inicial, obtener información sobre la gravedad y viabilidad del feto, así como determinar las posibles complicaciones asociadas. Encontramos que, todos los casos los hallazgos de Resonancia Magnética Fetal concuerdan con el diagnóstico postnatal y hubo concordancia con la ultrasonografía en los casos de síndrome de Dandy Walker, secuestro broncopulmonar, linfangioma, anencefalia y labio y paladar hendido.

En general observamos que la Resonancia Magnética Fetal resultó particularmente útil para mejorar la precisión diagnóstica de las anomalías del Sistema Nervioso Central y proporcionó información adicional a la obtenida por el examen de ultrasonido. Nuestro estudio coincidió con Tercanli & Prüfer et al. en que la resonancia magnética tiene una ventaja sobre la ecografía en la evaluación y detección de anomalías de la fosa posterior, causas de ventriculomegalia, anomalías intracraneales y anomalías craneofaciales.<sup>57</sup> La indicación más frecuente para la realización de una Resonancia Magnética Fetal fue ventriculomegalia detectada inicialmente por ultrasonografía, lo cual fue compatible con lo reportado en la literatura.<sup>11,57</sup>

La ventriculomegalia es un signo ecográfico que se puede asociar a diferentes entidades patológicas y es el marcador más sensible de la patología del sistema nervioso central fetal.<sup>58</sup> Se ha establecido que entre el 60% al 80% de los casos de ventriculomegalia están asociados a malformaciones congénitas.<sup>59</sup>

En este estudio se confirmaron 3 casos de ventriculomegalia por resonancia magnética, dos de ellos con dilatación ventricular severa que concluyó con diagnóstico postnatal de hidrocefalia, y un tercer caso de ventriculomegalia no



progresiva, asociado a mielomeningocele lumbosacro corregido. En nuestra experiencia, tras el uso de la resonancia magnética se obtuvo un mayor detalle anatómico de la dilatación ventricular comparado con la ultrasonografía, además de que hubo discrepancia entre los resultados ultrasonográficos y radiológicos en dos casos. Similar a lo reportado por Parazzini et al, que informaron un desacuerdo entre los resultados de la ecografía y la resonancia magnética, con un hallazgo superior de ventriculomegalia leve aislada en el 27.3% de los casos.<sup>60</sup>

En los dos casos de linfangioma, la Resonancia Magnética Fetal tuvo como ventaja adicional establecer la relación al compromiso de las vías aéreas fetales, demostrando la permeabilidad traqueo-esofágica, sin ocurrencia de síndrome de obstrucción congénita de vías aéreas altas. Además, permitió evaluar con mayor precisión la extensión de la tumoración, el compromiso de estructuras vecinas y el carácter invasivo hacia órganos adyacentes. Un linfangioma puede rodear y comprimir la tráquea y el esófago, lo que, en el útero, puede dificultar la deglución, provocando un exceso de líquido amniótico y un parto prematuro, y también puede provocar distocia de hombros durante el parto y/o problemas respiratorios.<sup>9</sup>

En consecuencia, la monitorización sistemática de los fetos para detectar la permeabilidad traqueo-esofágica y las complicaciones relacionadas ayudaría a decidir el parto oportuno y los tratamientos neonatales más apropiados.

Nuestros resultados también mostraron que la Resonancia Magnética Fetal permite visualizar en detalle los cambios morfológicos que tienen lugar durante el desarrollo cerebral prenatal como la capacidad de gliosis a diferencia de la ultrasonografía. Los resultados de la prueba de Kappa de Cohen demuestran la utilidad diagnóstica de la resonancia magnética fetal con valores de concordancia similares a lo obtenido por ecografía obstétrica, lo que apoya la teoría de la utilidad de esta técnica como apoyo complementario a la ecografía en la detección precisa de malformaciones congénitas.

A la vista de nuestros resultados, sugerimos que es necesario un estudio en profundidad de la morfología fetal mediante la Resonancia Magnética Fetal, debido a que esta demostró ser una herramienta útil que complementa el diagnóstico ultrasonográfico en determinados casos, como en la evaluación de anomalías

intracraneales de diagnóstico incierto detectadas por ultrasonografía. Sin embargo, algunas limitaciones de procedimiento incluyen su baja disponibilidad y elevado costo, lo que hace que su uso siga siendo limitado.

## **12. CONCLUSIONES**

La Resonancia Magnética Fetal es una herramienta complementaria útil en la evaluación de anomalías fetales diagnosticadas por ultrasonografía. En un porcentaje pequeño, pero clínicamente importante de casos, la Resonancia Magnética Fetal puede tener un impacto sustancial en el manejo del embarazo. Los hallazgos adicionales detectados con resonancia magnética a menudo ayudan a llegar a un diagnóstico definitivo, que es necesario para el asesoramiento de los padres y para guiar su manejo. Se necesitarán estudios más amplios en el futuro para definir las anomalías fetales que tienen más probabilidades de beneficiarse de del uso complementario de Resonancia Magnética Fetal.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chartier AL, Bouvier MJ, McPherson DR, Stepenosky JE, Taysom DA, Marks RM. The safety of maternal and fetal MRI at 3 T. *American Journal of Roentgenology*. 2019;213(5):1170–3.
2. Chartier AL, Bouvier MJ, McPherson DR, Stepenosky JE, Taysom DA, Marks RM. The safety of maternal and fetal MRI at 3 T. *American Journal of Roentgenology*. 2019;213(5):1170–3.
3. Navarrete-Hernández E, Canún-Serrano S, Valdés-Hernández J, Reyes-Pablo AE. Congenital malformations at birth: Mexico, 2008-2013. *Boletín Medico del Hospital Infantil de Mexico*. 2017 Jul 1;74(4):301–8.
4. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Consulta interactiva de datos. Mortalidad General. 2022.
5. Corsello G, Giuffrè M. Congenital malformations. Vol. 25, *Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine*. Informa Healthcare; 2012. p. 25–9.
6. Herrera CL, Byrne JJ, Clark HR, Twickler DM, Dashe JS. Use of Fetal Magnetic Resonance Imaging After Sonographic Identification of Major Structural Anomalies. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2020 Oct 1;39(10):2053–8.
7. Prayer D, Malinge G, Brugger PC, Cassady C, de Catte L, de Keersmaecker B, et al. ISUOG Practice Guidelines: performance of fetal magnetic resonance imaging. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. 2017 May 1;49(5):671–80.
8. Mallard JR, Hulchison J, Edelstein WA, Ling C, Reid A, Smith FW, et al. Nuclear magnetic resonance imaging and its safety implications. follow-up of 181 patients. Vol. 20, *Phil Trans Roy Soc Lond B*. 1981.
9. Hamisa M, Dabees N, Ataalla WM, Ziada DH. Magnetic resonance imaging versus Ultrasound examination in detection of prenatal fetal brain anomalies. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2013 Sep;44(3):665–72.
10. Ray JG, Vermeulen MJ, Bharatha A, Montanera WJ, Park AL. Association between MRI exposure during pregnancy and fetal and childhood outcomes. *JAMA - Journal of the American Medical Association*. 2016 Sep 6;316(9):952–

61.

11. Masselli G, Vaccaro Notte MR, Zacharzewska-Gondek A, Laghi F, Manganaro L, Brunelli R. Fetal MRI of CNS abnormalities. Vol. 75, *Clinical Radiology*. W.B. Saunders Ltd; 2020. p. 640.e1-640.e11.
12. Bahado-Singh RO, Goncalves LF. Techniques, terminology, and indications for MRI in pregnancy. Vol. 37, *Seminars in Perinatology*. 2013. p. 334–9.
13. Reddy UM, Abuhamad AZ, Levine D, Saade GR. Fetal imaging: Executive summary of a joint Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development, society for maternal-fetal medicine, American Institute of ultrasound in medicine, American College of Obstetricians and gynecologists, American College of radiology, society for pediatric radiology, and society of radiologists in ultrasound fetal imaging workshop. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2014 May 1;33(5):745–57.
14. Levine D, Smith AS, McKenzie C. Tips and tricks of fetal MR imaging. Vol. 41, *Radiologic Clinics of North America*. W.B. Saunders; 2003. p. 729–45.
15. Weisstanner C, Kasprian G, Gruber GM, Brugger PC, Prayer D. MRI of the Fetal Brain. Vol. 25, *Clinical Neuroradiology*. Urban und Vogel GmbH; 2015. p. 189–96.
16. Victoria T, Jaramillo D, Roberts TPL, Zarnow D, Johnson AM, Delgado J, et al. Fetal magnetic resonance imaging: Jumping from 1.5 to 3 tesla (preliminary experience). Vol. 44, *Pediatric Radiology*. Springer Verlag; 2014. p. 376–86.
17. Landrigan C. Preventable Deaths and Injuries during Magnetic Resonance Imaging. *N Engl J Med* [Internet]. 2001;345(13):999–1001. Available from: [www.nejm.org](http://www.nejm.org)
18. Shellock FC, Crues J v. MR procedures: Biologic effects, safety, and patient care. Vol. 232, *Radiology*. 2004. p. 635–52.
19. Stecco A, Saponaro A, Carriero A. Patient safety issues in magnetic resonance imaging: state of the art. *Radiologia Medica*. 2007 Jun;112(4):491–508.
20. Patenaude Y, Pugash D, Lim K, Morin L, Bly S, Butt K, et al. The Use of Magnetic Resonance Imaging in the Obstetric Patient. *Journal of Obstetrics*

and Gynaecology Canada. 2014;36(4):349–55.

21. Glenn OA. Fetal central nervous system MR imaging. Vol. 16, Neuroimaging Clinics of North America. 2006. p. 1–17.
22. Cannie MM, de Keyzer F, van Laere S, Leus A, de Mey J, Fourneau C, et al. Potential heating effect in the gravid uterus by using 3-T MR imaging protocols: Experimental study in miniature pigs. *Radiology*. 2016 Jun 1;279(3):754–61.
23. Brunel H, Girard N, Confort-Gouny S, Viola A, Chaumoitre K, D'Ercole C, et al. Fetal brain injury. *Journal of Neuroradiology*. 2004;31(2):123–37.
24. Wataganara T, Ebrashy A, Aliyu LD, Moreira De Sa RA, Pooh R, Kurjak A, et al. Fetal magnetic resonance imaging and ultrasound. *Journal of Perinatal Medicine*. 2016 Jul 1;44(5):533–42.
25. Senapati GM, Levine D, Smith C, Estroff JA, Barnewolt CE, Robertson RL, et al. Frequency and cause of disagreements in imaging diagnosis in children with ventriculomegaly diagnosed prenatally. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. 2010 Nov;36(5):582–95.
26. Grant RA, Heuer GG, Carrión GM, Adzick NS, Schwartz ES, Stein SC, et al. Morphometric analysis of posterior fossa after in utero myelomeningocele repair. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. 2011 Apr;7(4):362–8.
27. Krishnamurthy U, Neelavalli J, Mody S, Yeo L, Jella PK, Saleem S, et al. MR imaging of the fetal brain at 1.5T and 3.0T field strengths: Comparing specific absorption rate (SAR) and image quality. *Journal of Perinatal Medicine*. 2015 Mar 1;43(2):209–20.
28. MRI Safety During Pregnancy Magnetic resonance imaging (MRI) [Internet]. 2022. Available from: <http://www.radiologyinfo.org>
29. Matsuoka S, Takeuchi K, Yamanaka Y, Kaji Y, Sugimura K, Maruo T. Comparison of magnetic resonance imaging and ultrasonography in the prenatal diagnosis of congenital thoracic abnormalities. *Fetal Diagnosis and Therapy*. 2003;18(6):447–53.
30. Rossi AC, Prefumo F. Additional value of fetal magnetic resonance imaging in the prenatal diagnosis of central nervous system anomalies: A systematic review of the literature. Vol. 44, *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*.

John Wiley and Sons Ltd; 2014. p. 388–93.

31. Guimaraes CVA, Linam LE, Kline-Fath BM, Donnelly LF, Calvo-Garcia MA, Rubio EI, et al. Prenatal MRI findings of fetuses with congenital high airway obstruction sequence. *Korean Journal of Radiology*. 2009 Apr;10(2):129–34.
32. Gerards FA, Twisk JWR, Tibboel D, van Vugt JMG. Congenital diaphragmatic hernia: 2D lung area and 3D lung volume measurements of the contralateral lung to predict postnatal outcome. *Fetal Diagnosis and Therapy*. 2008 Oct;24(3):271–6.
33. Cannie M, Jani J, Meersschaert J, Allegaert K, Done' E, Marchal G, et al. Prenatal prediction of survival in isolated diaphragmatic hernia using observed to expected total fetal lung volume determined by magnetic resonance imaging based on either gestational age or fetal body volume. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. 2008 Oct;32(5):633–9.
34. Mayer S, Klaritsch P, Petersen S, Done E, Sandaite I, Till H, et al. The correlation between lung volume and liver herniation measurements by fetal MRI in isolated congenital diaphragmatic hernia: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Prenatal Diagnosis*. 2011 Nov;31(11):1086–96.
35. Deprest J, de Coppi P. Antenatal management of isolated congenital diaphragmatic hernia today and tomorrow: Ongoing collaborative research and development. Vol. 47, *Journal of Pediatric Surgery*. W.B. Saunders; 2012. p. 282–90.
36. Bollmann R. Associated malformations and chromosomal defects in congenital diafragmatic hernia. *Fetal Diagn Ther*. 1995;10(2):52–9.
37. Ngercham S, Kitsommart R. Fetal neck myofibroma [Internet]. Article in *Journal of the Medical Association of Thailand = Chotmai het thangphaet*. 2007. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/6430949>
38. Barkovich A. *Pediatric neuroimaging*. 6th ed. Vol. 4. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. 456–459 p.
39. Tortori-Donati P, Fondelli MP, Rossi A, Carini S, Tortori-Donati R, Fondelli MR, et al. Cystic malformations of the posterior cranial fossa originating from a

defect of the posterior membranous area Mega cisterna magna and persisting Blake's pouch: two separate entities. Vol. 12, *Child's Nerv Syst.* Springer-Verlag; 1996.

40. Calabrò Arcuri J R, Jinkins FT, Ospedali Galliera EO, R Jinkins IJ. Blake's pouch cyst: an entity within the Dandy-Walker continuum. Vol. 42, *Neuroradiology.* Springer-Verlag; 2000.
41. Golden J. Dandy-Walker Syndrome and Associates Anomalies. *Pediatr Neurosci.* 2008;13:38–44.
42. Boddaert N, Klein O, Ferguson N, Sonigo P, Parisot D, Hertz-Pannier L, et al. Intellectual prognosis of the Dandy-Walker malformation in children: The importance of vermian lobulation. Vol. 45, *Neuroradiology.* Springer Verlag; 2003. p. 320–4.
43. Klein O, Pierre-Kahn A, Boddaert N, Parisot D, Brunelle F. Dandy-Walker malformation: Prenatal diagnosis and prognosis. *Child's Nervous System.* 2003 Aug 1;19(7–8):484–9.
44. Weig SG, Marshall PC, Abroms IF, Gauthier NS. Original Articles Patterns of Cerebral Injury and Clinical Presentation in the Vascular Disruptive Syndrome of Monozygotic Twins. 1995.
45. Russ PD, Pretorius DH, Manco-Johnson ML, Rumack CM. The fetal spine. Vol. 28, *Neuroradiology.* 1986.
46. Simon EM. MRI of the fetal spine. Vol. 34, *Pediatric Radiology.* 2004. p. 712–9.
47. Blaicher W, Mittermayer C, Messerschmidt A, Deutinger J, Bernaschek G, Prayer D. Fetal skeletal deformities - The diagnostic accuracy of prenatal ultrasonography and fetal magnetic resonance imaging. *Ultraschall in der Medizin.* 2004 Jun;25(3):195–9.
48. Nemeč U, Nemeč SF, Weber M, Brugger PC, Kasprian G, Bettelheim D, et al. human long Bone Development in Vivo: Analysis of the Distal Femoral Epimetaphysis on MR Images of Fetuses 1. 2013;267(2).
49. Gilligan LA, Calvo-Garcia MA, Weaver KN, Kline-Fath BM. Fetal magnetic resonance imaging of skeletal dysplasias. *Pediatric Radiology.* 2020 Feb



1;50(2):224–33.

50. Chauvin NA, Victoria T, Khwaja A, Dahmouh H, Jaramillo D. Magnetic resonance imaging of the fetal musculoskeletal system. *Pediatric Radiology*. 2020 Dec 1;50(13):2009–27.
51. Matsubara Y, Higaki T, Tani C, Kamioka S, Harada K, Aoyama H, et al. Demonstration of human fetal bone morphology with mr imaging: A preliminary study. *Magnetic Resonance in Medical Sciences*. 2020;19(4):310–7.
52. Cai X, Chen X, Wei X, Liu W, Hou X, Gong T, et al. Use of magnetic resonance imaging in the diagnosis of fetal vertebral abnormalities in utero: a single-center retrospective cohort study. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*. 2022 Jun 1;12(6):3391–405.
53. de Laveaucoupet J, Audibert F, Guis F, Rambaud C, Suarez B, Boithias-Guérot C, et al. Fetal magnetic resonance imaging (MRI) of ischemic brain injury. *Prenatal Diagnosis*. 2001;21(9):729–36.
54. Whitby EH, Paley MNJ, Sprigg A, Rutter S, Davies NP, Wilkinson ID, et al. Comparison of ultrasound and magnetic resonance imaging in 100 singleton pregnancies with suspected brain abnormalities [Internet]. Available from: [www.blackwellpublishing.com/bjog](http://www.blackwellpublishing.com/bjog)
55. Coakley F v, Hricak H, Filly RA, Barkovich AJ, Harrison MR. Complex Fetal Disorders: Effect of MR Imaging on Management-Preliminary Clinical Experience 1. 1999.
56. Sonel B, Yalçın P, Arif E, Ztürk O, Isik I, Kesoy B. Butterfly vertebra: A case report.
57. Tercanli S, Prüfer F. Fetal Neurosonography: Ultrasound and Magnetic Resonance Imaging in Competition. Vol. 37, *Ultraschall in der Medizin* (Stuttgart, Germany : 1980). 2016. p. 555–7.
58. McKechnie L, Vasudevan C, Levene M. Neonatal outcome of congenital ventriculomegaly. Vol. 17, *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*. 2012. p. 301–7.
59. Kutuk MS, Ozgun MT, Uludag S, Dolanbay M, Poyrazoglu HG, Tas M. Postnatal outcome of isolated, nonprogressive, mild borderline fetal

ventriculomegaly. *Child's Nervous System*. 2013 May;29(5):803–8.

60. Parazzini C, Righini A, Doneda C, Rustico M, Lanna M, Triulzi F. Response to “Is fetal magnetic resonance imaging indicated when ultrasound isolated mild ventriculomegaly is present in pregnancies with no risk factors?” Vol. 34, *Prenatal Diagnosis*. John Wiley and Sons Ltd; 2014. p. 919–919.

## 14. ANEXOS

ANEXO I: Instrumento de recolección de datos:

Nombre del proyecto: <b>“Uso de la Resonancia Magnética como complemento diagnóstico en fetos con alteraciones estructurales en un Hospital de tercer nivel”</b> Investigador responsable: Jorge Alfredo Urióstegui Domínguez
Fecha:_____ No. Caso:_____ Iniciales de la paciente:_____
Descripción de los hallazgos ecográficos: _____ _____ _____
Descripción de los hallazgos de RMF: _____ _____ _____ _____
Diagnóstico post natal: _____ _____ _____ _____
Notas adicionales: _____ _____ _____

