

# CERPO

Centro de Referencia Perinatal Oriente

Facultad de Medicina, Universidad de Chile



# NOCIONES DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR FETAL

**Dr. Jorge Mocarquer Tapia**

Programa de Especialización Medicina Materno Fetal

Facultad de Medicina, Universidad de Chile

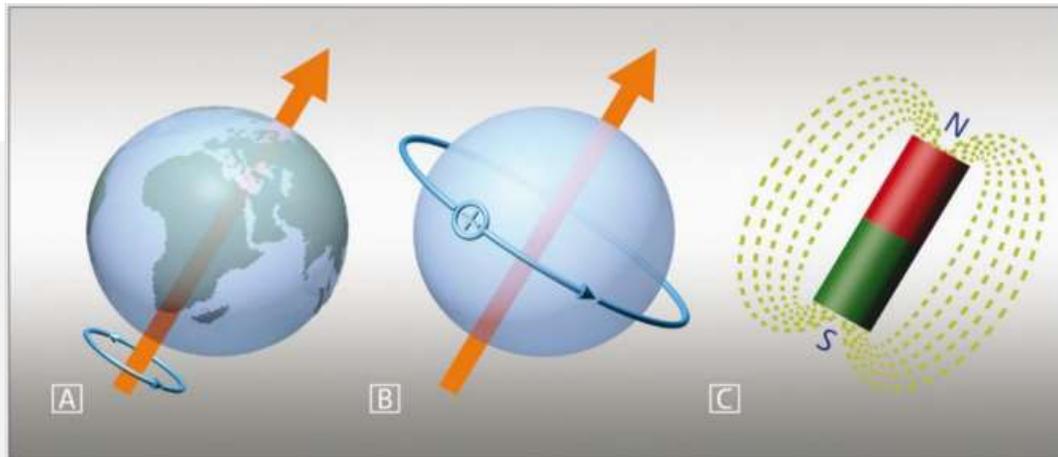
Julio 2024

# Introducción

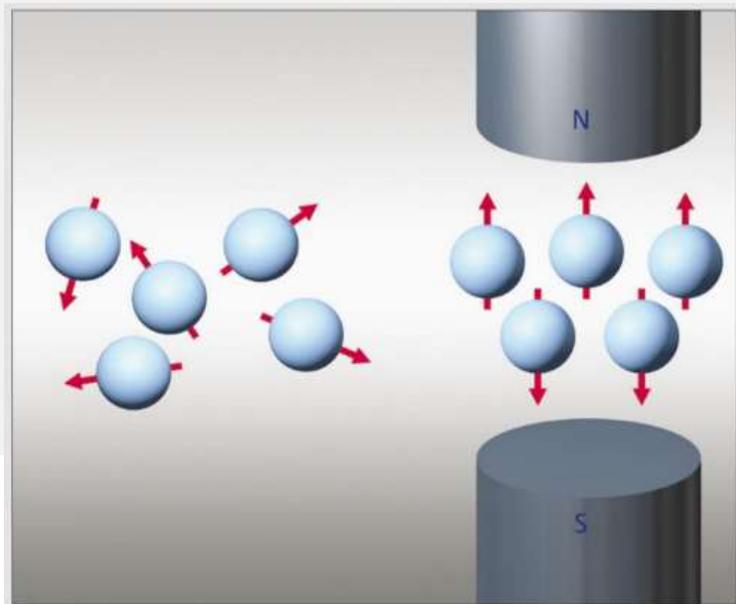


- La ecografía continúa siendo el pilar fundamental del diagnóstico de anomalías prenatales
- El uso de la RNM ha crecido y se considera complementaria al ultrasonido.
- Las ventajas de la RNM son que no se encuentra limitada por oligohidroamnios, la posición fetal u obesidad y la visualización del cerebro no se ve restringida por el cráneo

# Generalidades

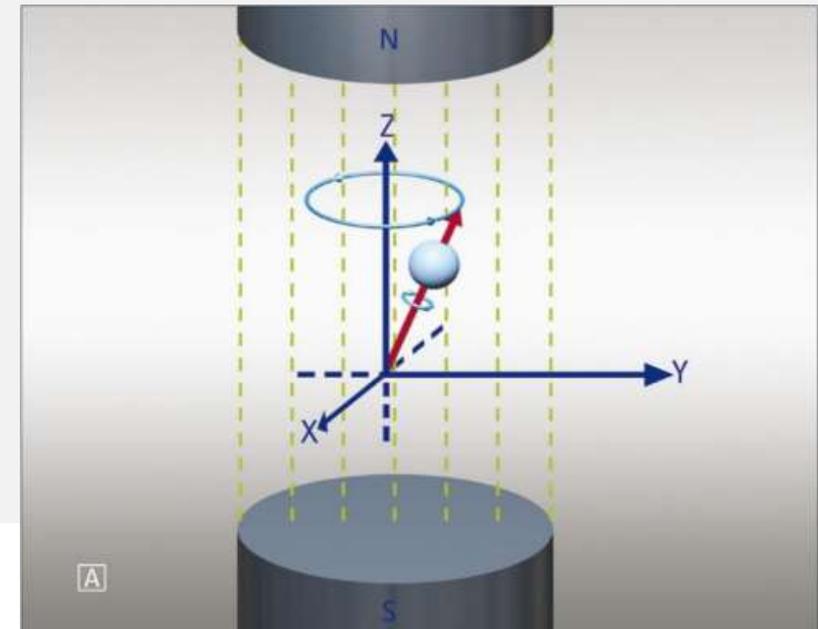
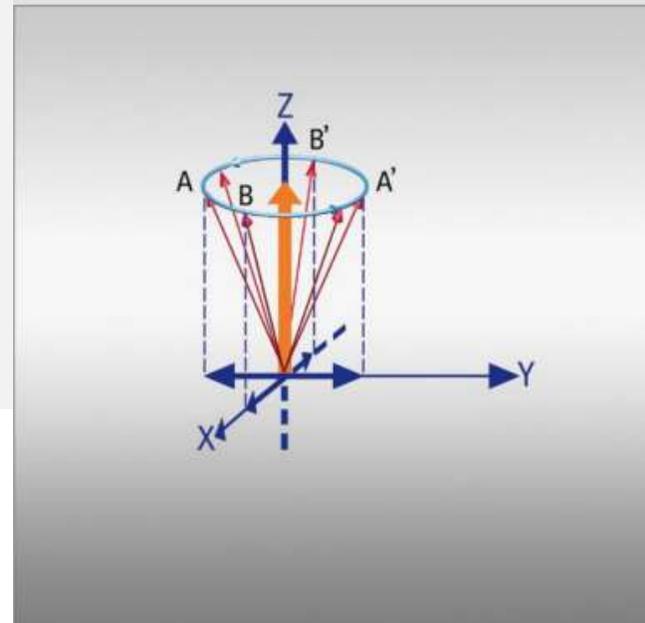
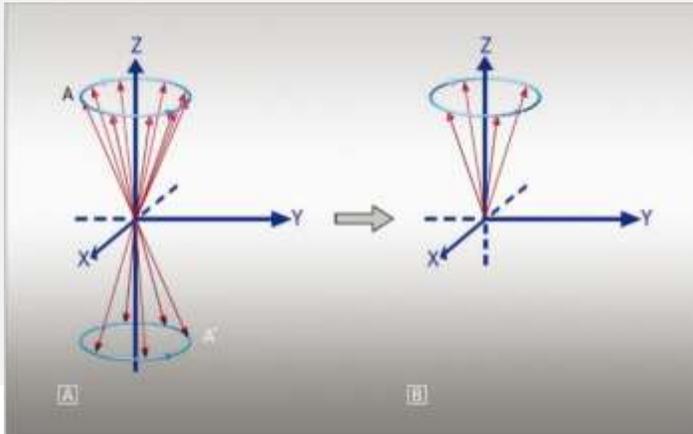
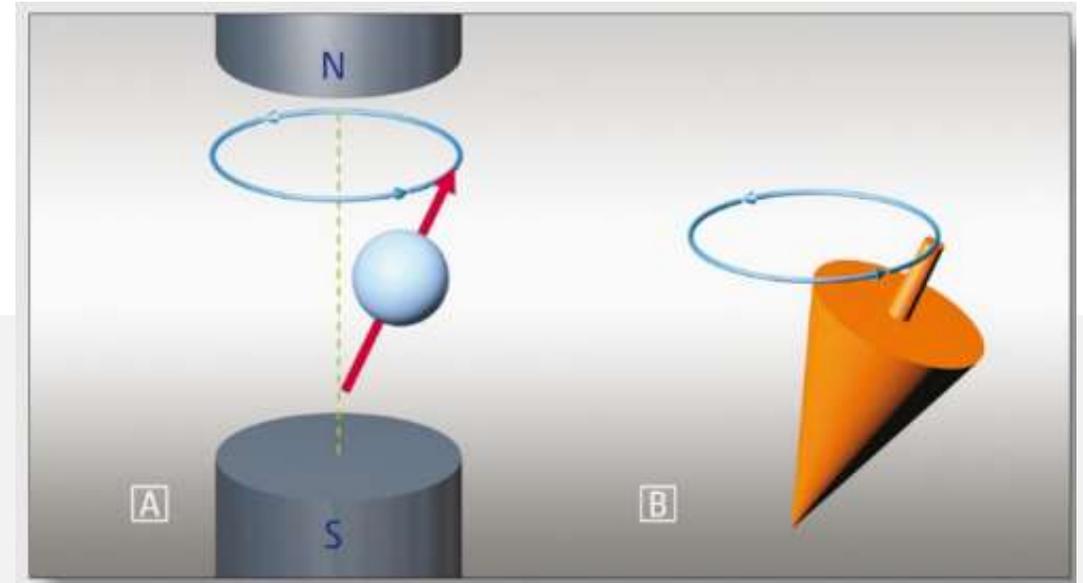


- Los protones se encuentran girando alrededor de un eje magnético (spin)
- Al someterlos a un campo magnético externo los protones se alinean, en sentido paralelo (Menos energía) o antiparalelo (más energía)



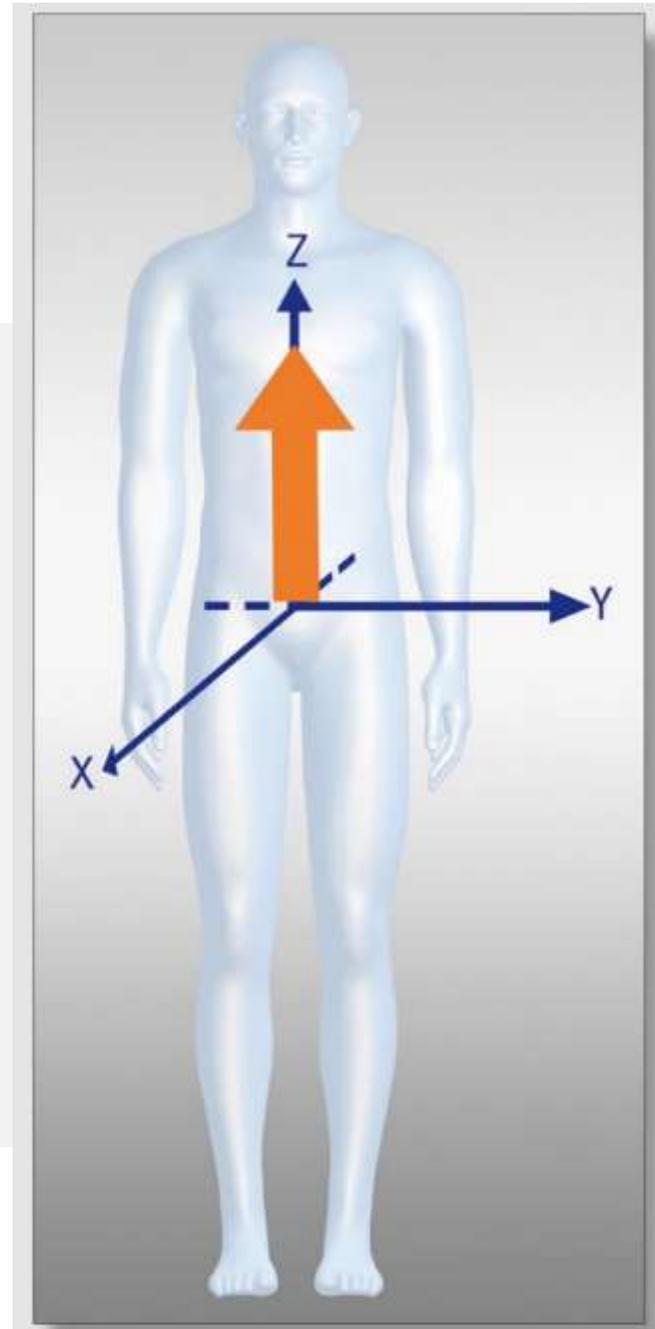
# Generalidades

- Además de la dirección paralela y antiparalela los protones se mueven alrededor del campo magnético de forma bamboleante o movimiento de precesión
- Las fuerzas magnéticas en direcciones opuestas se cancelan
- El resultado final es la suma de los vectores magnéticos



# Generalidades

- Al colocar al paciente dentro de un imán resulta en un nuevo vector magnético en dirección del campo magnético externo
- Esta no se puede medir porque está en la misma dirección magnética que el campo.



# Generalidades

- Se aplican ondas de **radiofrecuencia (RF)** que transmite energía a los protones.
- El pulso de radiofrecuencia tiene dos efectos
- Hace que algunos protones pasen a estados de mayor energía (Antiparalelo)
- Y que otros protones precesen acompasados

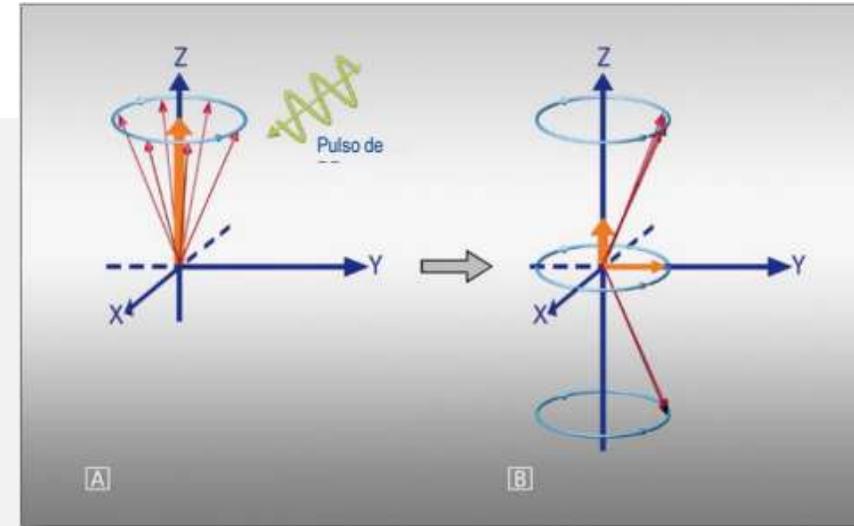


Fig. 12: El dibujo de las ondas de radio se asemeja a un látigo y las ondas de radio en la IRM tienen también una acción de látigo.

# Generalidades

- Se aplican ondas de **radiofrecuencia (RF)** que transmite energía a los protones.
- El pulso de radiofrecuencia tiene dos efectos
- Hace que algunos protones pasen a estados de mayor energía (Antiparalelo)
- Y que otros protones precesen acompasados
- Aparece un nuevo vector de magnetización transversal en la dirección en que precesan los protones
- Posteriormente la magnetización transversal desaparece
- **Relajación transversal**
- La magnetización longitudinal vuelve a su tamaño original
- **Relajación longitudinal**

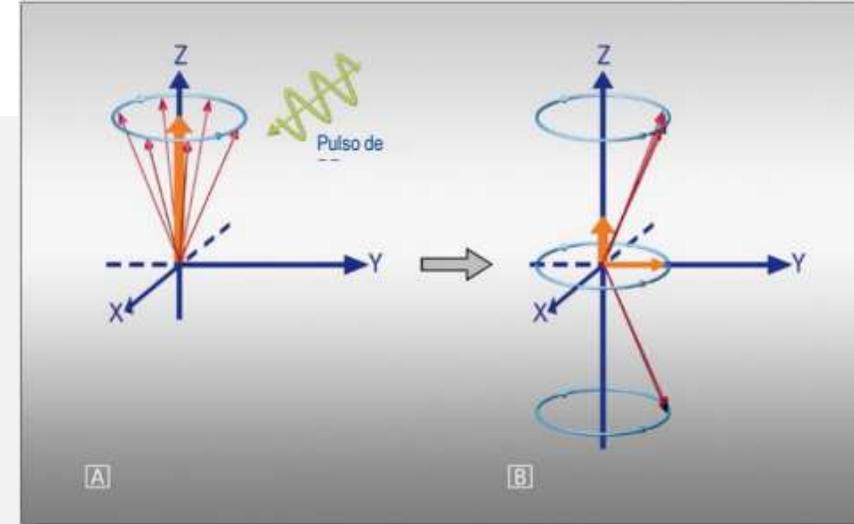
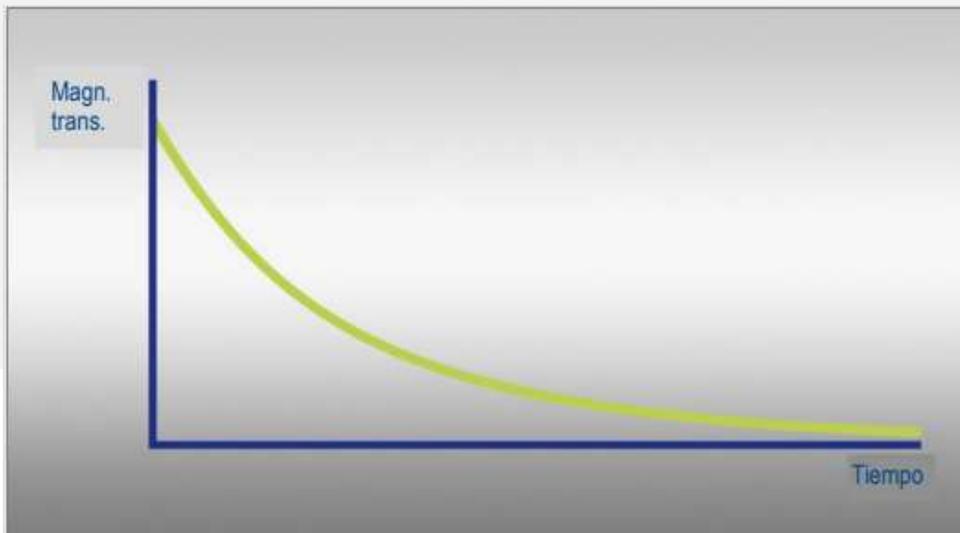


Fig. 12: El dibujo de las ondas de radio se asemeja a un látigo y las ondas de radio en la IRM tienen también una acción de látigo.

# Generalidades



- Si llevamos la magnetización longitudinal a una gráfica en función del tiempo obtenemos la curva de T1

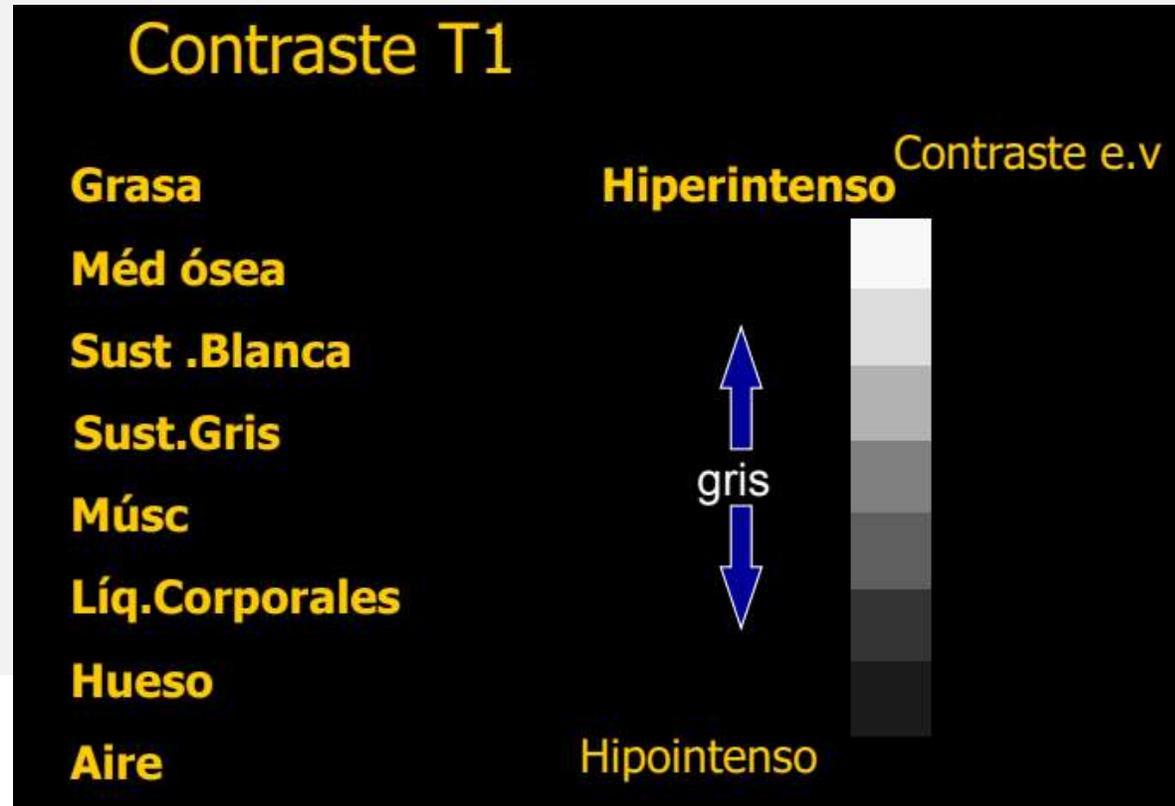
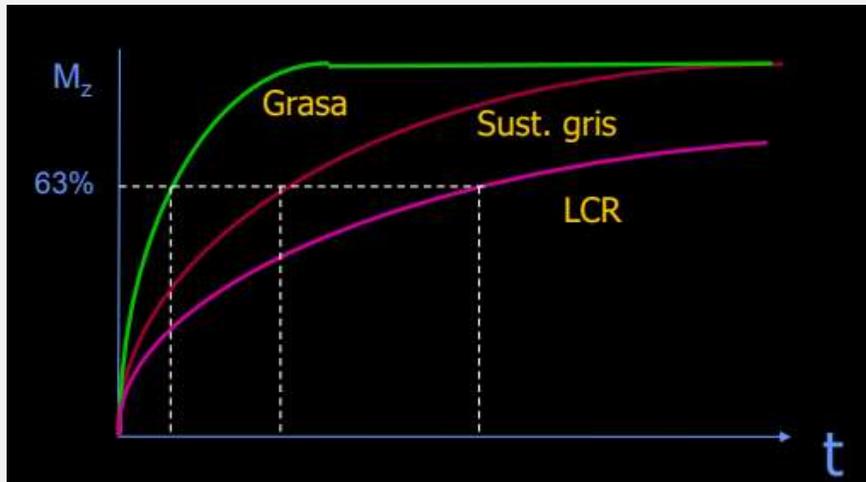


- La pérdida de la precesión de los protones luego de interrumpida la radiofrecuencia es la relajación transversal, que en función del tiempo entrega la curva T2

# Generalidades

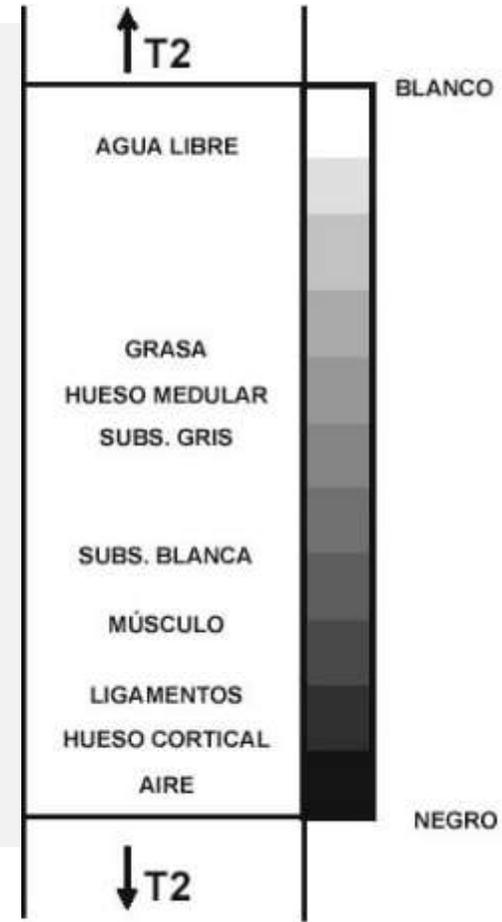
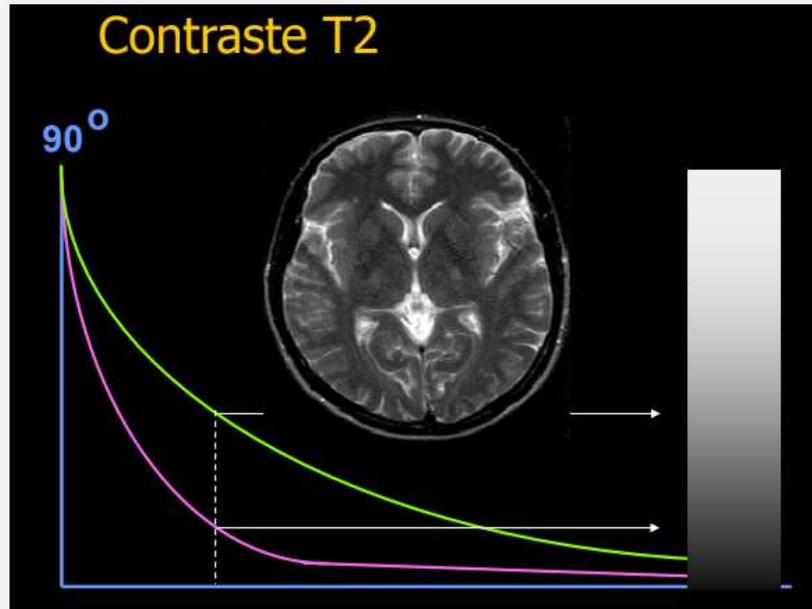


- Representación de curvas de T1 de distintos tejidos



# Generalidades

- Curvas de contraste en T2



# Seguridad



- No se han demostrado efectos secundarios ni secuelas cuando no se administra medio de contraste
- No existe evidencia de daño acústico al feto, especialmente con las nuevas tecnologías de reducción de ruido

# Desafíos



- La obtención de imágenes de un feto es un proceso dinámico y requiere de un enfoque especial de parte del radiólogo que realiza la exploración y las secuencias empleadas.
- Se inicia con un localizador inicial seguido de las demás secuencias, cada una de las cuales actúa como localizador de la siguiente, con el objetivo de adquirir imágenes en los 3 planos anatómicos.
- Cuando los movimientos fetales son repetitivos, es necesario priorizar y enfocarse en los planos de imagen que mejor demuestren la anatomía para responder a la pregunta clínica.

TABLE 2. Typical MR Parameters Used for Fetal Imaging (1.5 T GE Healthcare, Milwaukee, WI)

|                                     | T2 ssFSE       | T2 FSE        | 3D FIESTA     | DWI     | FLAIR          | T1            | MOVIE   |
|-------------------------------------|----------------|---------------|---------------|---------|----------------|---------------|---------|
| Repetition time                     | Minimum (2000) | Minimum (4.2) | Minimum (4.4) | 4000    | Minimum (2700) | Minimum (6.2) | 4.6     |
| Time to Echo                        | 120            | Minimum (2.2) | Minimum (2.4) | Minimum | 122            | Minimum (3.3) | 3       |
| Flip angle                          | —              | 70            | 60            | —       | —              | 45            | 45      |
| Bandwidth (kHz)                     | 37             | 100           | 125           | 250     | 41             | 31            | 166     |
| Inversion time                      | —              | —             | —             | —       | 2000           | —             | —       |
| PREP TIME                           | —              | —             | —             | —       | —              | 2000          | —       |
| NEX                                 | 1              | 1             | 0.75          | 4       | 0.5            | 1             | 1       |
| Slice thickness / slice gap (mm)    | 4/0            | 3/0.3         | 2.0–2.6/0     | 4/0.5   | 4/0.4          | 4/0           | 18      |
| Field of view (adjusted to patient) | 32x32          | 38x34         | 32x26         | 40x36   | 35x35          | 38x32         | 42x42   |
| Freq/phase matrix                   | 256/256        | 384/256       | 320/256       | 128/128 | 256/192        | 192/128       | 192/256 |
| B value                             |                |               |               | 600–800 |                |               | —       |
| Approx. scan time (sec)             | 32             | 92            | 21            | 64      | 54             | 51            | 50      |

Jarvis, D.A. and Griffiths, P.D. (2019), Current state of MRI of the fetal brain in utero. J. Magn. Reson. Imaging, 49: 632-646. <https://doi.org/10.1002/jmri.26316>

# Imágenes ponderadas en T2



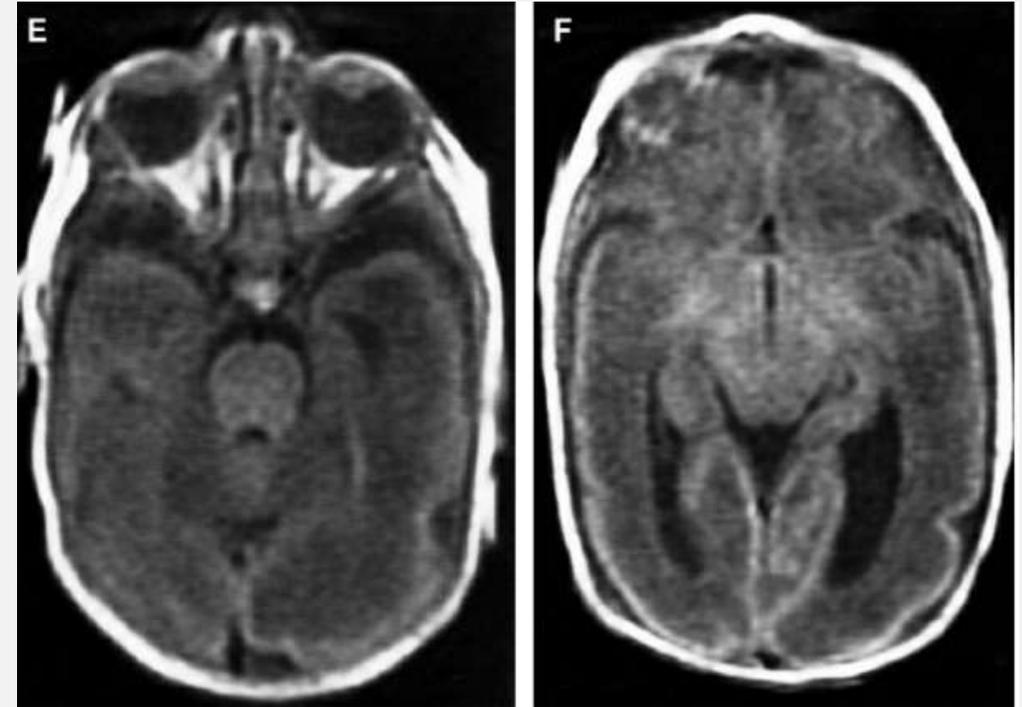
- Las imágenes en T2W son el contraste mas informativo cuando se obtienen imágenes del feto, ya que permiten la visualización de las características cambiantes del cerebro fetal en cualquier etapa del desarrollo.
- Las secuencias T2W de eco espín rápido se pueden realizar en fetos que no se mueven mucho y proporcionan la definición más clara de las capas transitorias y de la mielinización temprana.
- Los tiempos de adquisición suelen ser superiores a 1 minuto, siendo muy sensible al movimiento fetal. El eco espín rápido de disparo único (ssFSE) es una secuencia ultrarapida de 30-40 segundos que puede proporcionar imágenes en cualquier plano elegido, lo que la convierte en el método principal utilizado para la iuMR. La ventaja de este método es que si el feto se mueve durante la adquisición, solo se ven afectados los cortes de imágenes donde se produjo este movimiento



# Imágenes ponderadas en T1

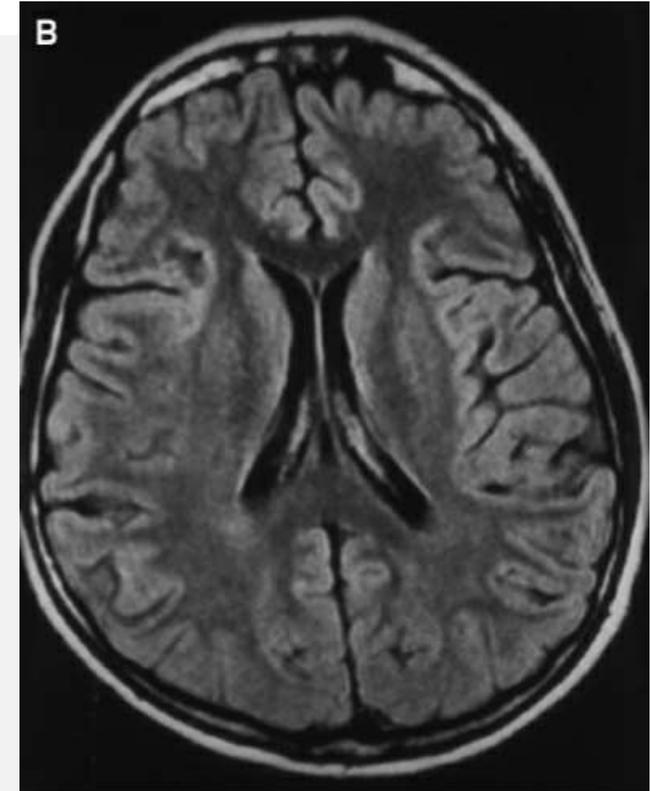


- El alto contenido de agua en todas las partes del cerebro en desarrollo proporciona poco contraste T1 entre el parénquima cerebral y el LCR y las capas transitorias dentro de la corteza.
- Las imágenes T1W son posibles utilizando secuencias de eco gradientes ultrarrápidas, pero debido a los tiempos de adquisición prolongados, son más propensas a artefactos de movimientos que ssFSE.
- Debido a esto, las imágenes en T1W se utilizan para realizar una evaluación general en lugar de delinear estructuras anatómicas más pequeñas → hemorragia, grasa y microcalcificación. En el 3er trimestre se utilizan para demostrar los cambios de señal del proceso de mielinización, particularmente cuando es anormal, ya que se manifiesta antes que en las imágenes T2W

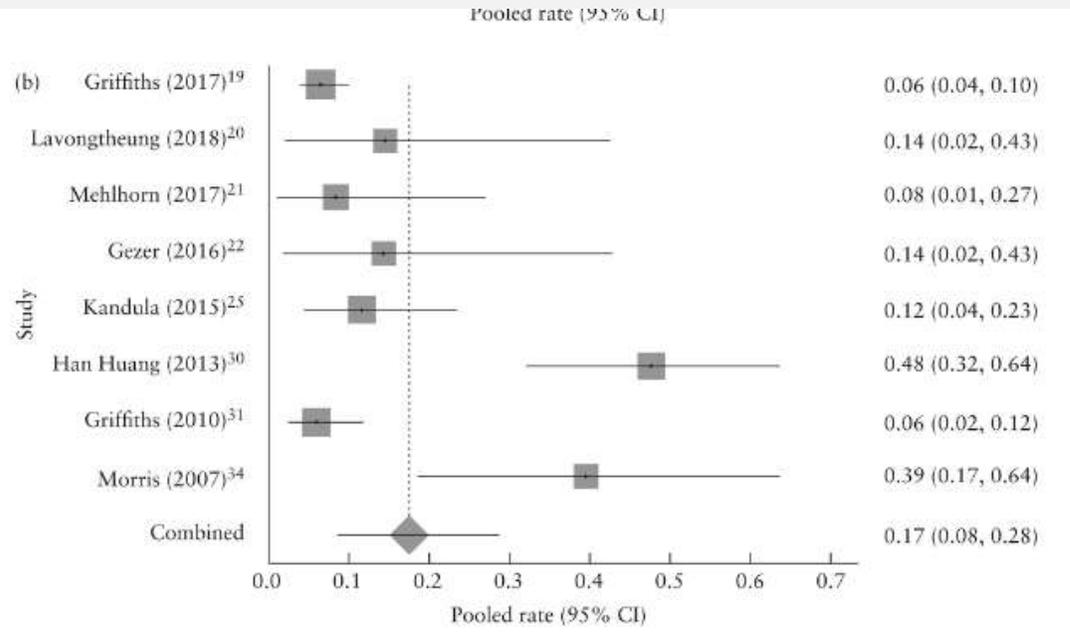


# Secuencias FLAIR (Fast Fluid Attenuated Inversion Recovery)

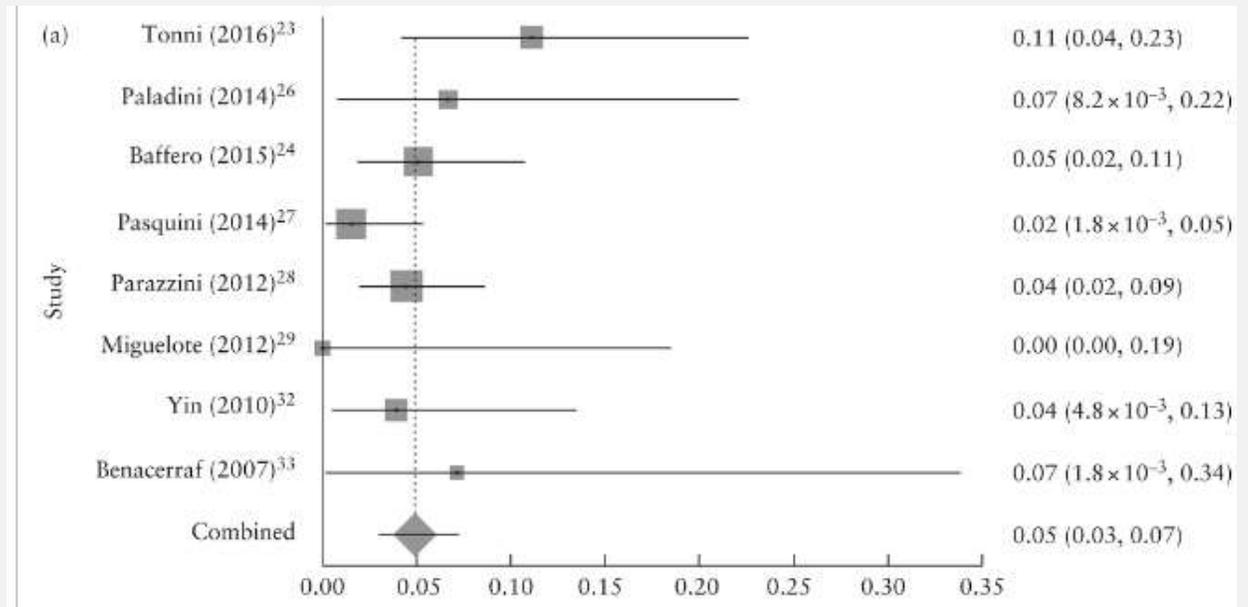
- Las secuencias FLAIR pueden ser útiles para aclarar áreas de cambio de señal y, a veces, proporcionan información T1, pero al igual que las imágenes T1, tienen un tiempo de adquisición prolongado y, por lo tanto, tienden a verse más afectadas por el movimiento



# Ultrasonido vs RNM



Evaluación estándar del cerebro



Neurosonografía multiplanar

Di Mascio, D., Sileo, F.G., Khalil, A., Rizzo, G., Persico, N., Brunelli, R., Giacotti, A., Panici, P.B., Acharya, G. and D'Antonio, F. (2019), Role of magnetic resonance imaging in fetuses with mild or moderate ventriculomegaly in the era of fetal neurosonography: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 54: 164-171

# Ultrasonido vs RNM



**Table 3** Pooled proportions of rate of additional central nervous system (CNS) anomalies detected on magnetic resonance imaging in fetuses with prenatal diagnosis of isolated mild or moderate ventriculomegaly on ultrasound, according to ultrasound assessment

| CNS anomaly                 | All cases   |               |                       |                    | Multiplanar neurosonography |                |                       |                    | Standard brain assessment |               |                       |                    |
|-----------------------------|-------------|---------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|---------------|-----------------------|--------------------|
|                             | Studies (n) | Fetuses (n/N) | Pooled proportion (%) | I <sup>2</sup> (%) | Studies (n)                 | Fetuses (n /N) | Pooled proportion (%) | I <sup>2</sup> (%) | Studies (n)               | Fetuses (n/N) | Pooled proportion (%) | I <sup>2</sup> (%) |
| Callosal                    | 16          | 15/1159       | 1.42 (0.7–2.4)        | 26.0               | 8                           | 2/596          | 0.67 (0.2–1.5)        | 0                  | 8                         | 13/563        | 2.92 (1.1–5.7)        | 46.3               |
| Septal                      | 16          | 2/1159        | 0.45 (0.1–0.9)        | 0                  | 8                           | 0/596          | 0 (0–0.9)             | 0                  | 8                         | 2/563         | 0.66 (0.2–1.5)        | 0                  |
| Posterior fossa             | 16          | 5/1159        | 0.56 (0.2–1.1)        | 5.8                | 8                           | 2/596          | 0.44 (0.1–1.1)        | 0.8                | 8                         | 3/563         | 0.85 (0.2–2.1)        | 19.7               |
| Hemorrhage                  | 16          | 14/1159       | 1.43 (0.6–2.5)        | 35.4               | 8                           | 5/596          | 1.07 (0.3–2.4)        | 32.1               | 8                         | 9/563         | 1.97 (0.6–4.1)        | 39.2               |
| Cortical                    | 16          | 15/1159       | 1.55 (0.9–2.3)        | 0                  | 8                           | 8/596          | 1.56 (0.7–2.7)        | 0                  | 8                         | 7/563         | 1.53 (0.7–2.7)        | 0                  |
| Periventricular heterotopia | 16          | 0/1159        | 0 (0–0.7)             | 0                  | 8                           | 0/596          | 0 (0–0.9)             | 0                  | 8                         | 0/563         | 0 (0–0.9)             | 0                  |
| White matter                | 16          | 15/1159       | 1.39 (0.6–2.5)        | 32.8               | 8                           | 8/596          | 1.57 (0.7–2.7)        | 0                  | 8                         | 7/563         | 1.75 (0.3–4.4)        | 57.9               |
| Periventricular cyst        | 16          | 2/1159        | 0.41 (0.1–0.9)        | 0                  | 8                           | 1/596          | 0.45 (0.01–1.1)       | 0                  | 8                         | 1/563         | 0.36 (0.03–1.0)       | 0                  |
| Complex                     | 16          | 8/1159        | 0.85 (0.4–1.5)        | 0                  | 8                           | 1/596          | 0.44 (0.01–1.1)       | 0                  | 8                         | 7/563         | 1.55 (0.7–2.7)        | 0                  |
| Other                       | 16          | 16/1159       | 1.68 (0.5–3.5)        | 67.9               | 8                           | 1/596          | 0.38 (0.001–1.0)      | 0                  | 8                         | 15/563        | 4.03 (0.7–9.9)        | 82.8               |

Data in parentheses are 95% CI.

Di Mascio, D., Sileo, F.G., Khalil, A., Rizzo, G., Persico, N., Brunelli, R., Giacotti, A., Panici, P.B., Acharya, G. and D'Antonio, F. (2019), Role of magnetic resonance imaging in fetuses with mild or moderate ventriculomegaly in the era of fetal neurosonography: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 54: 164-171

# Ultrasonido vs RNM

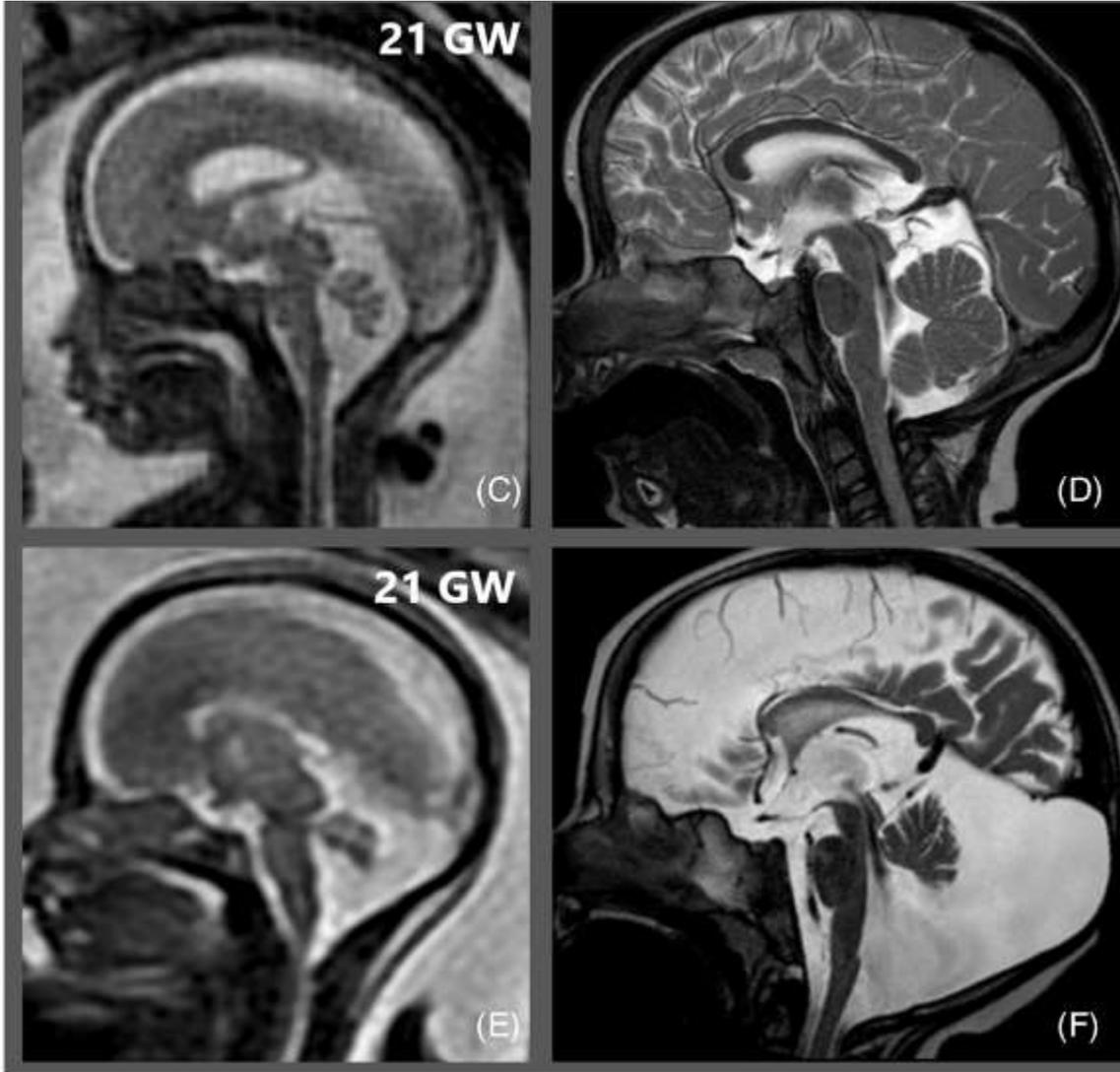


TABLE 2 .Meta-analysis of the diagnostic accuracy of US and IUMRI

| Authors        | US    |      |      |      |      | IUMRI |       |      |      |      | US and IUMRI agreement rate | Added value of IUMRI | Added value of US |
|----------------|-------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-----------------------------|----------------------|-------------------|
|                | sen   | spe  | acc  | PPV  | NPV  | Sen   | Spe   | Acc  | PPV  | NPV  |                             |                      |                   |
| Gonçalves      | 72.2% | 100% | N/A  | N/A  | N/A  | 88.9% | 97.7% | N/A  | N/A  | N/A  | N/A                         | 22.2%                | N/A               |
| Griffiths      | 99.7  | 52   | N/A  | 68.1 | 99.5 | 99.7  | 58    | N/A  | 92.4 | 98.2 | N/A                         | 0.4%                 | 0.9%              |
| Raafat         | 56.7  | 95.3 | 77.5 | N/A  | N/A  | 97.3  | 100   | 98.7 | N/A  | N/A  | 56.76%                      | 43.2%                | 8.1%              |
| Hart           | N/A   | N/A  | 67   | 64   | 81   | N/A   | N/A   | 92   | 69   | 80   | N/A                         | N/A                  | N/A               |
| Griffiths 2017 | N/A   | N/A  | 68%  | N/A  | N/A  | N/A   | N/A   | 93%  | N/A  | N/A  | 74%                         | 25%                  | 1%                |

- La RNM y el US fueron concordantes en un 72.5% en el diagnóstico. La RNM añadió un 21.7% de información adicional, mientras que el US sólo un 1.48%

# Imágenes patológicas

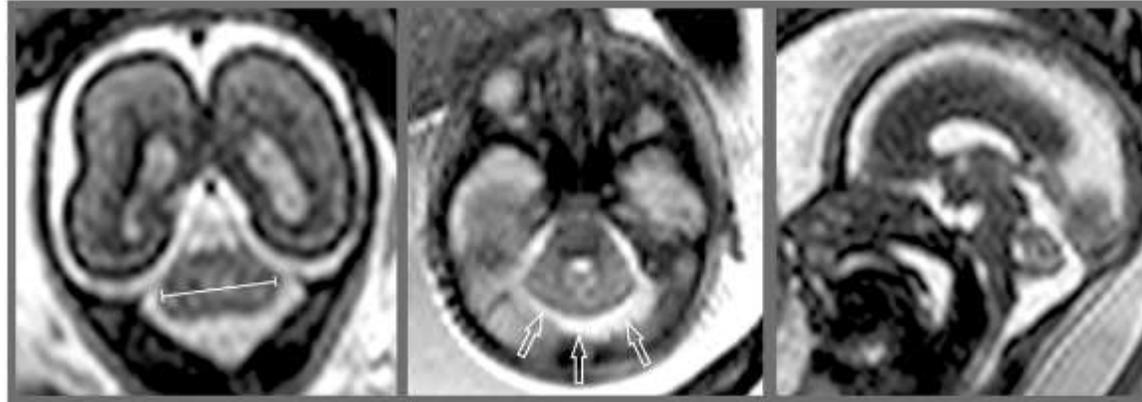
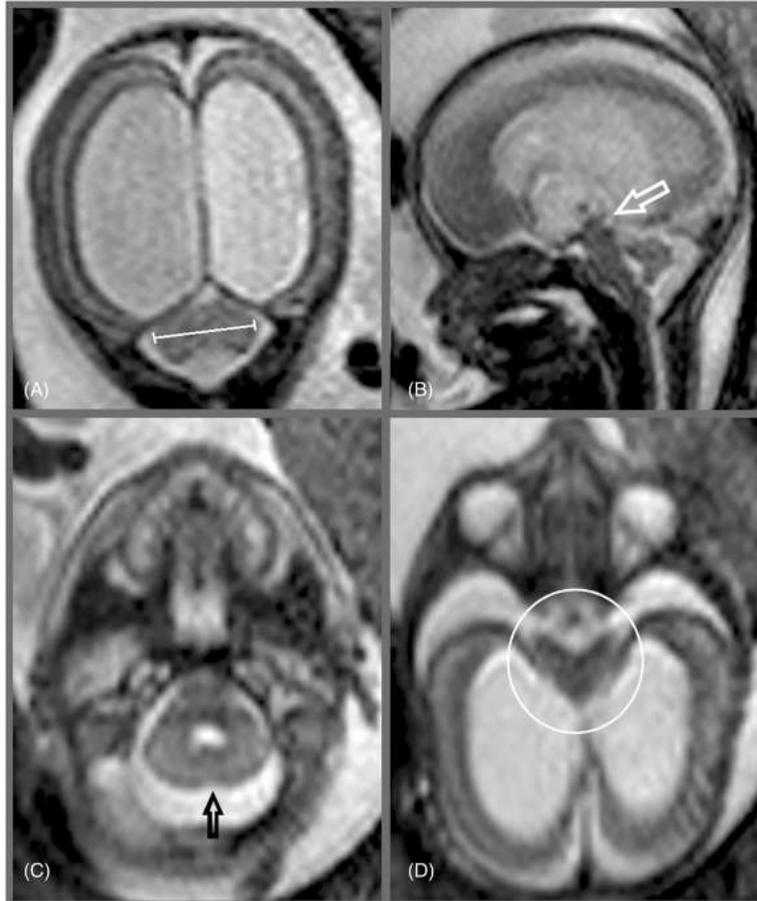


Quiste de Blake

Malformación de Dandy-Walker

Fileva N, Severino M, Tortora D, Ramaglia A, Paladini D, Rossi A. Second trimester fetal MRI of the brain: Through the ground glass. *J Clin Ultrasound*. 2023; 51(2): 283-299.

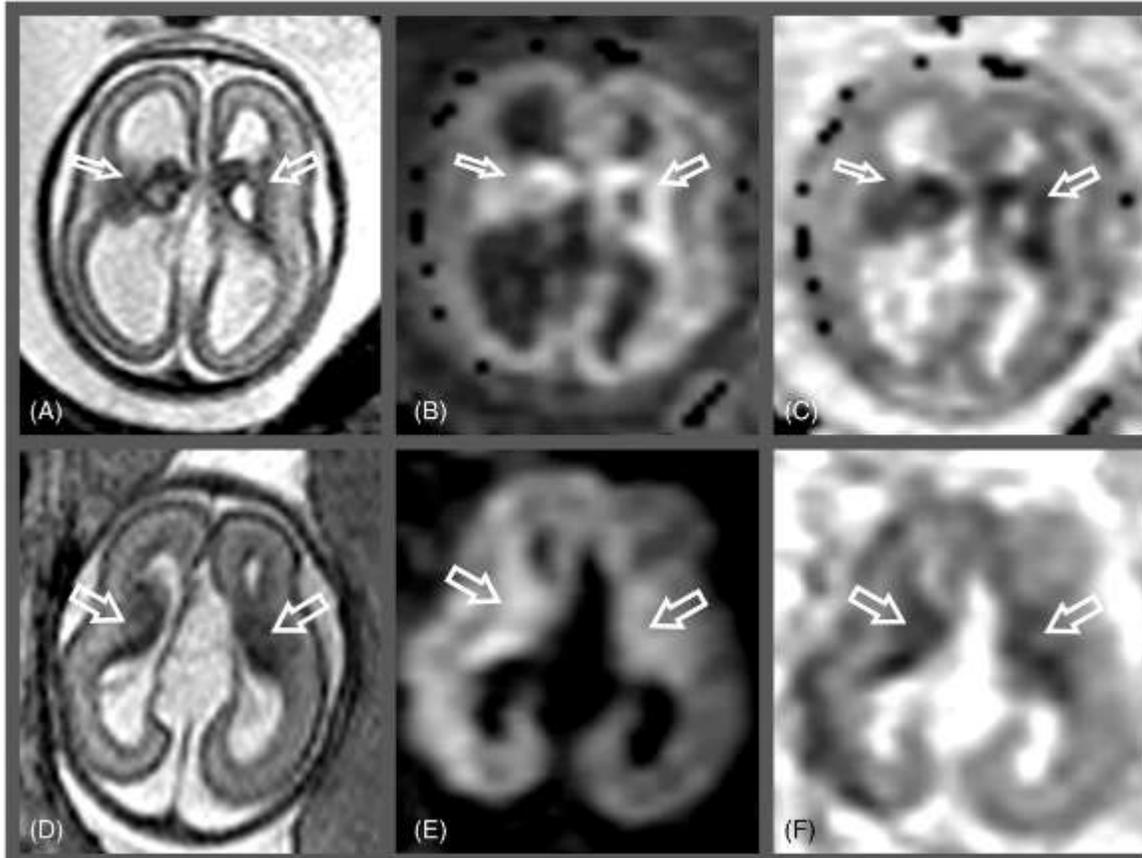
# Imágenes patológicas



Rombencefalosinapsis 22semanas

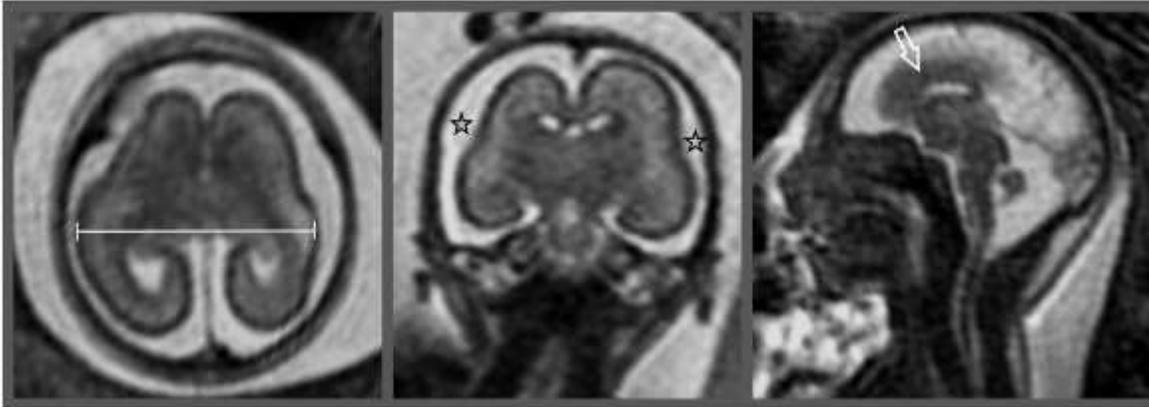
- Rombencefalosinapsis 21s.
- A) Diámetro TC disminuido sin
  - B) Estenosis acueductal
  - C) Cerebelo con un solo hemisferio
  - D) Mesencefalosinapsis

# Imágenes patológicas

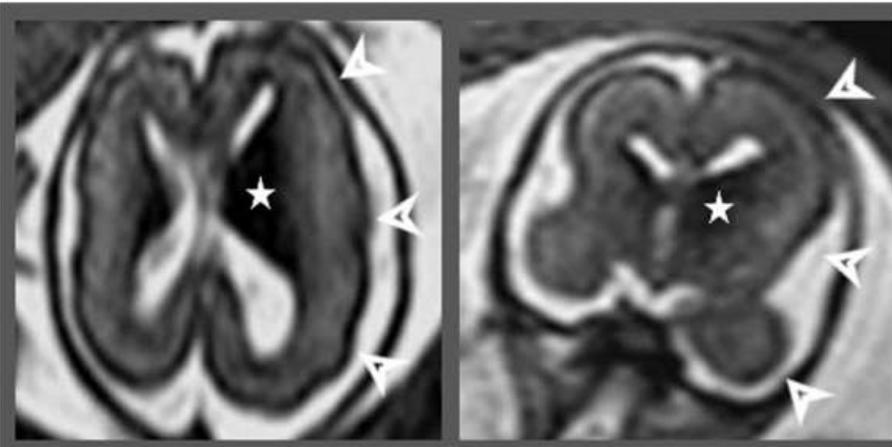


Anomalías de la eminencia ganglionar  
A-C Feto 21 semanas con cavitaciones en eminencia ganglionar  
D-F Feto 21 semanas con agenesia de CC y quiste interhemisférico

# Imágenes patológicas

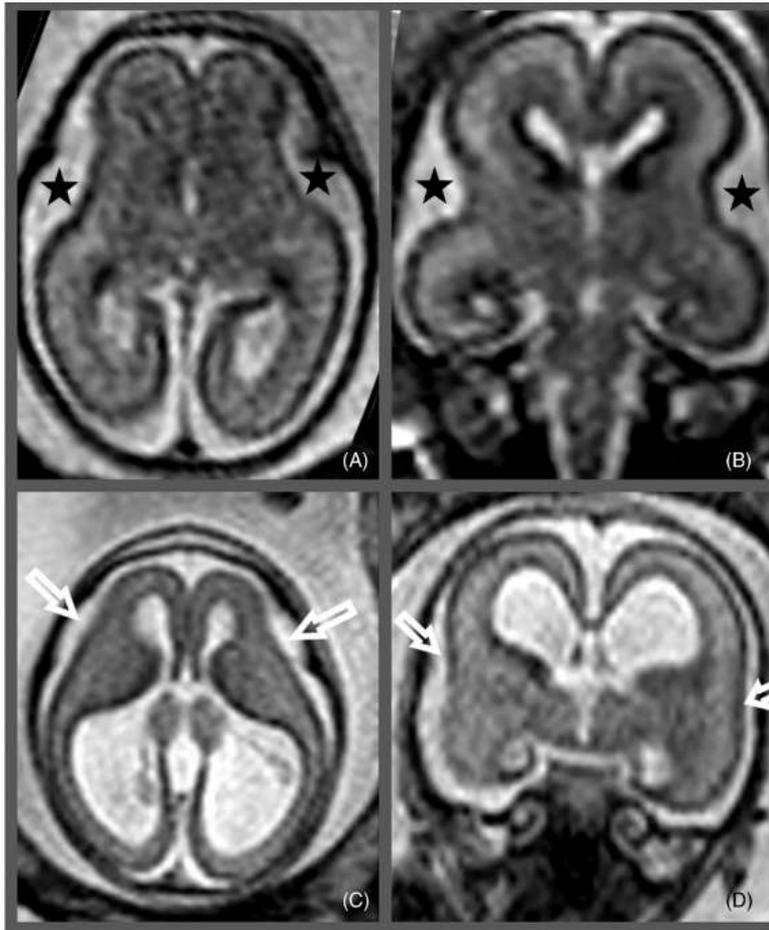


Microcefalia en Feto de 21  
semanas



Hemimegalencefalia 21s

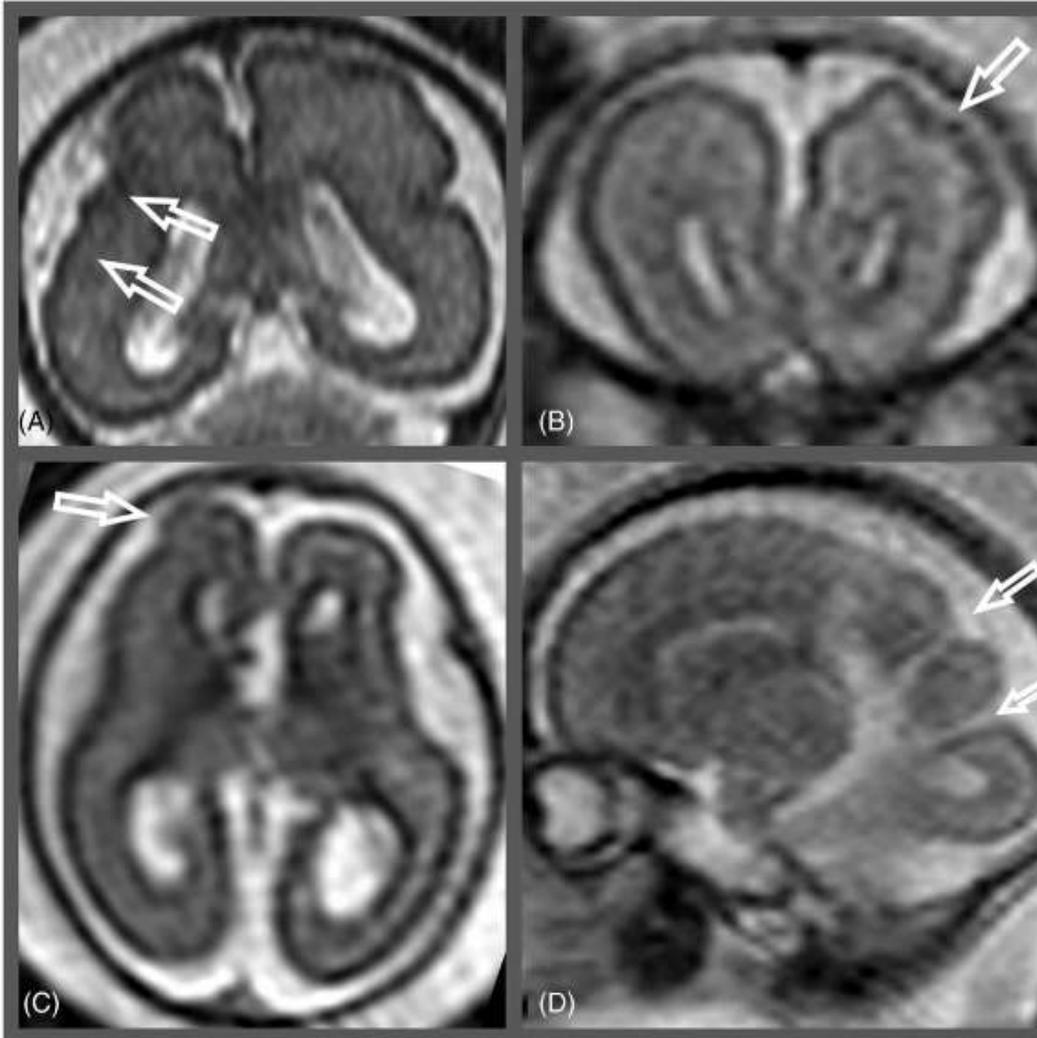
# Imágenes patológicas



Comparación de desarrollo normal (A-B) en feto de 21 semanas

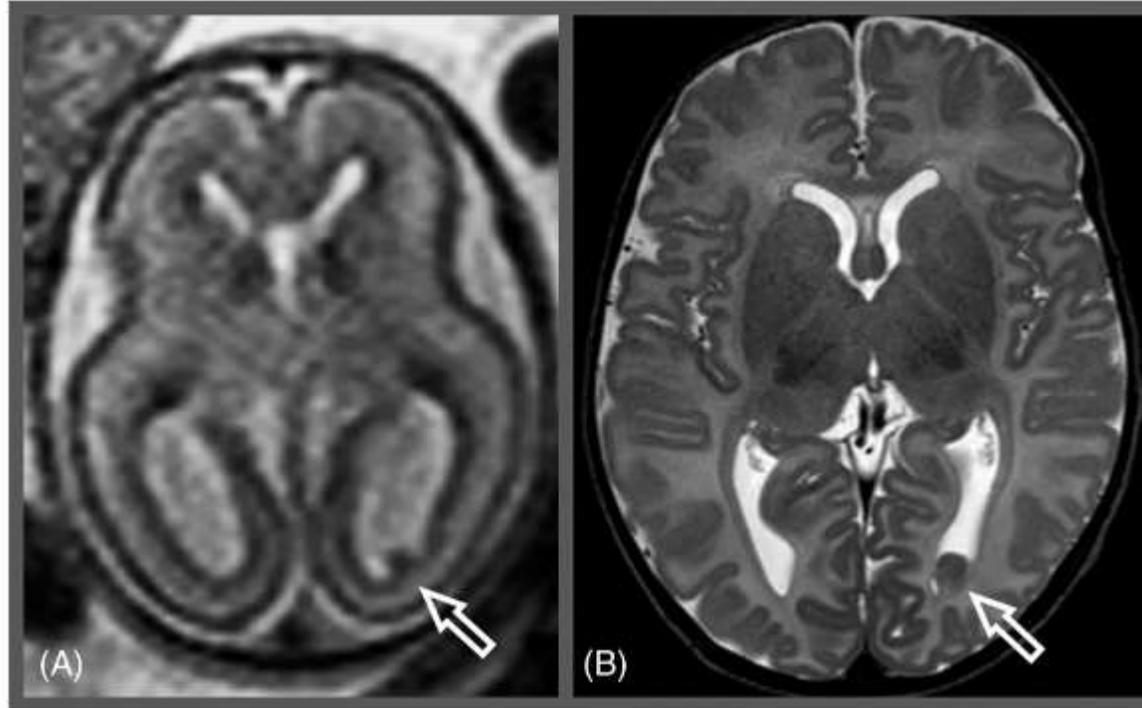
C-D Feto de 21 semanas con agenesia de CC. Destaca ausencia de surco primario

# Imágenes patológicas



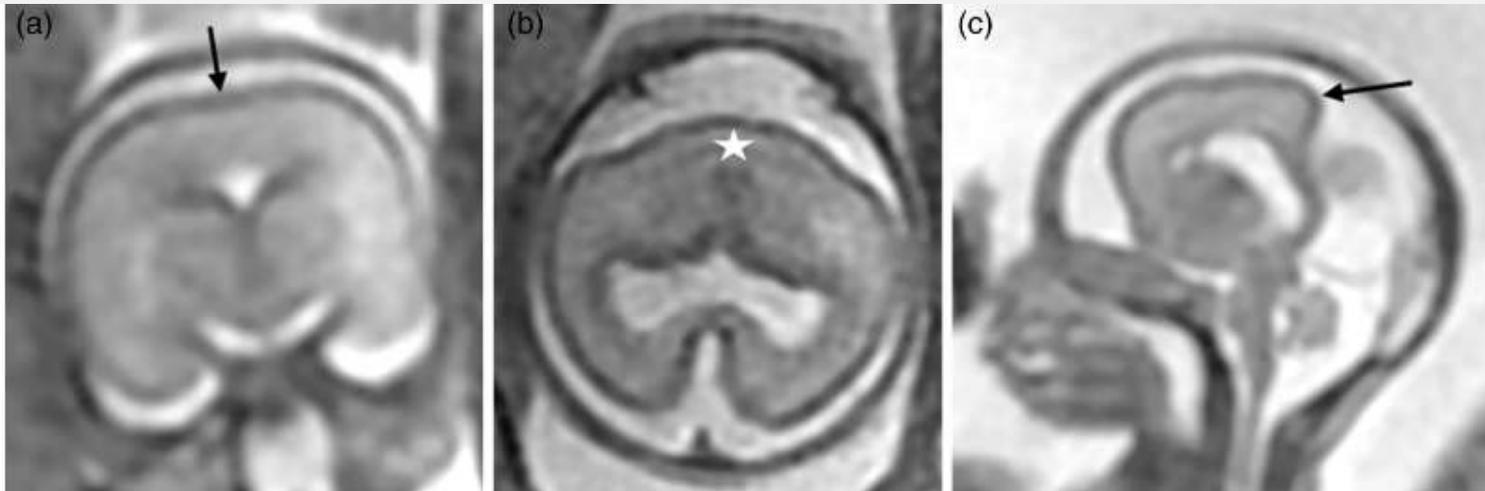
Polimicrogiria con signo de sierra

# Imágenes patológicas



Heterotopia de sustancia gris 21  
semanas

# Imágenes patológicas



Holoprosencefalia semilobar 21  
semanas



# Conclusiones

- El uso de la resonancia magnética del cerebro fetal se ha desarrollado y mejorado su resolución
- Esto gracias a métodos de adquisición de imágenes ultrarápidos
- Existe evidencia que mejora el rendimiento diagnóstico en neurpatología fetal
- Esta mejora en el rendimiento no es tan evidente cuando se compara con neurosonografía fetal multiplanar

# CERPO

Centro de Referencia Perinatal Oriente

Facultad de Medicina, Universidad de Chile



# NOCIONES DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR FETAL

**Dr. Jorge Mocarquer Tapia**

Programa de Especialización Medicina Materno Fetal

Facultad de Medicina, Universidad de Chile

Julio 2024