

Gradu Amaierako Lana / Trabajo Fin de Grado

Medikuntza Gradua / Grado en Medicina

Atlas ecográfico del desarrollo del cerebro fetal durante el II trimestre

Análisis de parámetros biométricos cerebrales y su relación con la edad
gestacional

Egilea /Autor:

Lucía Bañares Díaz de Guereñu

Zuzendaria / Director/a:

Álvaro Gorostiaga Ruíz-Garma

Leioa, 2022ko apirilaren 26a / Leioa, 26 de abril de 2022

RESUMEN:

Objetivo principal: Mediante el presente estudio se pretende crear un atlas de imágenes del desarrollo del cerebro fetal durante el II trimestre de gestación, periodo clave del desarrollo del encéfalo fetal y en el diagnóstico de patologías.

Objetivos secundarios: Analizar el desarrollo de biometrías cerebrales en el estudio del desarrollo del encéfalo fetal y obtener un método de obtención de imágenes tridimensionales de planos sagitales del cerebro del feto.

Material y métodos: El atlas ecográfico ha sido elaborado con datos e imágenes seleccionadas durante exámenes obstétricos efectuados a 160 gestantes como parte del control gestacional protocolizado en dicho centro. Posteriormente, las imágenes han sido seleccionadas con criterios de calidad de imagen y se han comparado con datos publicados acerca de anatomía e histología cerebrales fetales. Por otro lado, paralelamente a la obtención de imágenes durante los controles, han sido medidos los parámetros biométricos (CC, DBP, DCereb, vermis y cuerpo calloso) necesarios para el estudio. Con los datos obtenidos se han creado curvas de crecimiento de biometrías valorando su relación con la edad gestacional.

Resultados: Se han podido identificar estructuras cerebrales desde la semana 18 de gestación, semana de inicio de nuestro estudio. Ya para el inicio de la edad de estudio era posible identificar la CIH, el cuerpo calloso (CC) en su totalidad, el cavum del septum pellucidum (CSP), los tálamos, el III ventrículo con su plexo coroideo, la lámina cuadrigémina, los tres cuernos de los ventrículos laterales y las astas del fórnix, y en la fosa posterior, el vermis, el IV ventrículo y la cisterna Magna. Las edades gestacionales más tempranas en las que se pudieron observar surcos específicos en cualquier feto fueron las siguientes: cisura lateral en las semanas 19-20, cisura parietooccipital y calcarina en las 21-22 semanas, surco calloso en la 25 así como el surco cingulado en ciertos casos. Por último, los surcos de la convexidad han sido visibles con mayor precisión desde las 27-28 semanas.

En cuanto al estudio estadístico de las biometrías cerebrales, en la mayoría de los casos, se han observado correlaciones estadísticamente significativas entre las medidas

biométricas obtenidas y la edad gestacional (incrementándose éstas linealmente con la edad gestacional). Los datos obtenidos han sido consistentes con los estudios anatómicos y la literatura previa

Conclusiones: Mediante este estudio se ha verificado la gran utilidad de la ecografía en la identificación de diversos surcos y cisuras, siendo este un método fiable para evaluar el desarrollo cerebral del feto durante la gestación. El adecuado conocimiento de la cronología del desarrollo cerebral normal permite a los profesionales identificar precozmente fetos en riesgo de trastornos del desarrollo neurológico fetal.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. NEUROSONOGRAFÍA FETAL: IMPORTANCIA	1
1.2. DESARROLLO CEREBRAL EMBRIOLÓGICO EN EL 1º TRIMESTRE	1
1.2.1 Desarrollo del disco germinativo trilaminar	1
1.2.2. Neurulación	2
1.2.3. Desarrollo de las vesículas primarias.....	2
1.3. DESARROLLO CEREBRAL FETAL NORMAL EN EL 2º TRIMESTRE DE GESTACIÓN.....	3
1.4. PLANOS ANATÓMICOS ECOGRÁFICOS ÚTILES EN EL ESTUDIO DEL DESARROLLO CEREBRAL FETAL.....	4
1.4.1. Planos axiales	4
1.4.1.1. Corte axial transventricular	5
1.4.1.2. Corte axial transtalámico.....	5
1.4.1.3. Corte axial transcerebelar	5
1.4.2. Planos coronales	6
1.4.2.1. Corte coronal transfrontal	6
1.4.2.2. Corte coronal transcaudado	6
1.4.2.3. Corte coronal transtalámico.....	6
1.4.2.4. Corte coronal transcerebelar	6
1.4.3. Planos sagital y parasagital	7
1.5. PARÁMETROS BIOMÉTRICOS DE UTILIDAD EN EL ESTUDIO DEL DESARROLLO CEREBRAL FETAL.....	7
1.5.1 Diámetro biparietal (DBP).....	7

1.5.2. Circunferencia craneal (HC)	7
1.5.3. Diámetro cerebelar transverso (DCereb).....	8
1.5.4. Longitud del cuerpo caloso (CCaloso)	8
1.5.5. Longitud craneocaudal del vermis cerebeloso (Vermis).....	9
2. MATERIAL Y MÉTODOS	10
2.1. MATERIAL	10
2.1.1. Obtención de información.....	10
2.1.2. Obtención de imágenes y datos.....	10
2.2. METODOLOGÍA.....	11
2.2.1. Protocolo	11
2.2.2. Elección y lectura de ecografías.....	12
2.2.3. Curvas biométricas	12
2.2.4. Aspectos éticos.....	12
3. RESULTADOS	13
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA	13
3.2. RESULTADOS DE PARÁMETROS BIOMÉTRICOS	13
3.3. RELACIÓN ENTRE LAS BIOMETRÍAS ENCEFÁLICAS Y LA EDAD GESTACIONAL.....	14
3.4. REGRESIÓN LINEAL DE LAS BIOMETRÍAS.....	15
3.5. PROPOSICIÓN DE MÉTODO PARA ESTUDIO 3D DE LÍNEA MEDIA Y FOSA POSTERIOR.....	18
3.5.1. Obtención de las imágenes	18
3.5.2. Procesado de las imágenes	19
3.6. ATLAS ECOGRÁFICO DEL DESARROLLO CRONOLÓGICO DEL CEREBRO FETAL EN EL II TRIMESTRE DE EMBARAZO.....	20

3.6.1. Semanas 18-20+6: Fin de la construcción cerebral.....	21
3.6.1.1. Resumen	21
3.6.1.2. Imágenes.....	22
3.6.1.3. Puntos esenciales observados.....	25
3.6.2. Semanas 21-24+6: Aparición de las primeras cisuras cerebrales.....	25
3.6.2.1. Resumen	25
3.6.2.2. Imágenes.....	26
3.6.2.3 Puntos esenciales observados.....	29
3.6.3. Semanas 25-28+6: Fin de la configuración de las cisuras primarias e inicio de la maduración de la corteza cerebral (mielinización y sinaptización).....	30
3.6.3.1. Resumen	30
3.6.3.2. Imágenes.....	31
3.6.3.3. Puntos esenciales observados	33
3.6.4. Semanas 29-32+6: Hacia el III trimestre. Inicio de la giración definitiva	34
3.6.4.1. Resumen	34
3.6.4.2. Imágenes.....	35
3.6.4.3. Puntos esenciales observados	38
4. DISCUSIÓN	39
4.1. RELACIÓN DE LA EDAD GESTACIONAL CON LAS MEDIDAS BIOMÉTRICAS	39
4.2. VISUALIZACIÓN DE SURCOS Y CISURAS CEREBRALES.....	40
4.3. VISUALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LOS DIFERENTES CORTES ...	43
4.4. LIMITACIONES	44
4.5. IMPLICACIONES FUTURAS.....	44
5. CONCLUSIONES.....	45

6. BIBLIOGRAFÍA..... 47
7. ANEXOS i

1. INTRODUCCIÓN

1.1. NEUROSONOGRAFÍA FETAL: IMPORTANCIA

La neurosonografía es una técnica que combina las características de la ecografía con la neurología fetal, siendo ésta de suma importancia en el diagnóstico prenatal de anomalías fetales (ISUOG 2007; Ginath et al., 2013).

El cerebro fetal experimenta una constante evolución durante el embarazo. Por ello los médicos, en especial los obstetras, deben conocer las características del desarrollo cerebral específicas de cada período de gestación. La evaluación del sistema nervioso central (SNC) del feto a través de la utilización de ultrasonidos puede hacerse desde etapas muy tempranas (Hernández-Rojas & García de Yéguéz, 2016). Sin embargo, no es hasta el segundo y tercer trimestre, cuando es posible realizar una precisa evaluación cronológica de la morfología del cerebro en cada semana de gestación, debido a la aparición de puntos de referencia anatómicos. El adecuado conocimiento sobre el desarrollo normal del SNC fetal puede proporcionar datos relevantes y es de utilidad para evitar diagnósticos erróneos de ciertas anomalías cerebrales (Lipa et al., 2017).

1.2. DESARROLLO CEREBRAL EMBRIOLÓGICO EN EL 1º TRIMESTRE

1.2.1 Desarrollo del disco germinativo trilaminar

Tras las primeras fases del desarrollo embrionario (fecundación, implantación y segmentación), en la segunda semana de gestación el embrión está formado por una estructura bilaminar con una capa superior epiblastica y otra inferior hipoblastica. Durante la tercera semana comienza la fase de gastrulación, donde el disco embrionario pasa a ser trilaminar. La invaginación de las células epiblasticas a partir de la línea primitiva (engrosamiento del epiblasto en el extremo caudal) da lugar a las células mesenquimales que migran entre el epiblasto y el hipoblasto. En este momento, el epiblasto pasa a denominarse ectodermo embrionario. Las células mesenquimales forman el proceso notocordal que finaliza con la formación de la notocorda, futura columna vertebral (Sadler, 2012a; Moore et al., 2013a).

El período de organogénesis transcurre entre la tercera y la octava semana del desarrollo. Durante esta etapa, las tres capas germinales (ectodermo, mesodermo y endodermo), dan lugar a diversos tejidos y órganos específicos, entre ellos el cerebro fetal (Sadler, 2012a; Moore et al., 2013a).

1.2.2. Neurulación

El tejido nervioso tiene su origen en la hoja ectodérmica del embrión. La neurulación se inicia durante la cuarta semana y consiste en la formación de la placa y tubo neural. Las células de esta placa forman el neuroectodermo, que tras un proceso de hundimiento progresivo da lugar al canal neural que finalmente se desprende del ectodermo formando el tubo neural. La porción caudal estrecha del tubo neural forma la médula espinal; y la porción cefálica, mucho más ancha, experimenta una serie de dilataciones que dan lugar a las vesículas encefálicas primarias que darán lugar al futuro cerebro (Sadler, 2012a; Moore et al., 2013a).

1.2.3. Desarrollo de las vesículas primarias

Inicialmente, durante la quinta semana, se forman tres vesículas encefálicas primarias: prosencéfalo, mesencéfalo y rombencéfalo. El rombencéfalo, posteriormente, se divide caudalmente en mielencéfalo que se convertirá en el bulbo raquídeo; y rostralmente, en metencéfalo que formará la protuberancia y cerebelo. La cavidad de la vesícula formará el canal central del bulbo raquídeo y el cuarto ventrículo.

El mesencéfalo forma un estrechamiento que dará lugar al acueducto cerebral, que comunicará el tercer con el cuarto ventrículo.

Por último, en el prosencéfalo se desarrollan un par de divertículos en localización dorsal y rostral que reciben el nombre de vesículas telencefálicas. Estas últimas son los primordios de los hemisferios cerebrales y sus cavidades darán lugar a los ventrículos laterales. La porción caudal del prosencéfalo corresponde al diencéfalo, cuya cavidad contribuye a la formación del tercer ventrículo (Sadler, 2012b; Moore et al., 2013b).

1.3. DESARROLLO CEREBRAL FETAL NORMAL EN EL 2º TRIMESTRE DE GESTACIÓN

Durante la evaluación ecográfica del neurodesarrollo es posible observar las vesículas cerebrales desde la sexta semana, las cuales se definen como imágenes anecoicas en la porción cefálica embrionaria (Hernández-Rojas & García de Yéguez, 2016; Sadler, 2005).

La superficie del cerebro fetal durante el primer y parte del segundo trimestre de la gestación es lisa (Monteagudo & Timor-Tritsch, 1997). Posteriormente aparecen hendiduras que reciben el nombre de surcos primarios. Los surcos secundarios y terciarios son ramificaciones de los surcos primarios y aparecen en una etapa posterior de desarrollo. Una cisura se ve primero como un pequeño hoyuelo en la superficie del cerebro y posteriormente, formará una hendidura en forma de V. Finalmente, la hendidura se profundiza y es visible como una muesca en la superficie y una línea ecogénica que se extiende a lo largo del cerebro (Chi et al., 1977; Garel et al., 2001; Ghai et al., 2006; Zhang et al., 2013).

Existe correlación entre los hallazgos de estudios anatómicos del desarrollo cerebral fetal y las imágenes obtenidas en exámenes ecográficos, pero el tiempo de aparición de las diferentes cisuras no es totalmente concordante, probablemente debido a limitaciones de las diferentes técnicas, diferentes métodos para determinar la edad fetal, etc. En general, la visibilidad de los surcos en las técnicas de imagen está ligeramente por detrás de la informada para los exámenes anatómicos (Toi et al, 2004).

Estudios anatómicos muestran la presencia de algunos surcos hemisféricos mediales ya en las semanas 16-19 de gestación (Toi et al., 2004). Estos surcos hemisféricos mediales incluyen la cisura parietooccipital y la calcarina en la semana 16; y el surco cingulado en la semana 18 (Ghai et al., 2006). Por otro lado, en un estudio que incluye 107 cerebros fetales, identifican tempranamente la cisura lateral o de Silvio a partir de la semana 14 (Chi et al., 1977).

Los surcos de la convexidad, es decir, los de las superficies convexas externas de los hemisferios cerebrales, aparecen a las 20-24 semanas (Chi et al., 1977; Ghai et al.,

2006; Toi et al., 2004). Se incluyen como surcos de la convexidad el surco central, precentral, postcentral y el surco temporal superior.

1.4. PLANOS ANATÓMICOS ECOGRÁFICOS ÚTILES EN EL ESTUDIO DEL DESARROLLO CEREBRAL FETAL

El cerebro es una estructura tridimensional, por lo que es necesario observarlo en tres planos básicos: axial, coronal y sagital (**Figura 1**).

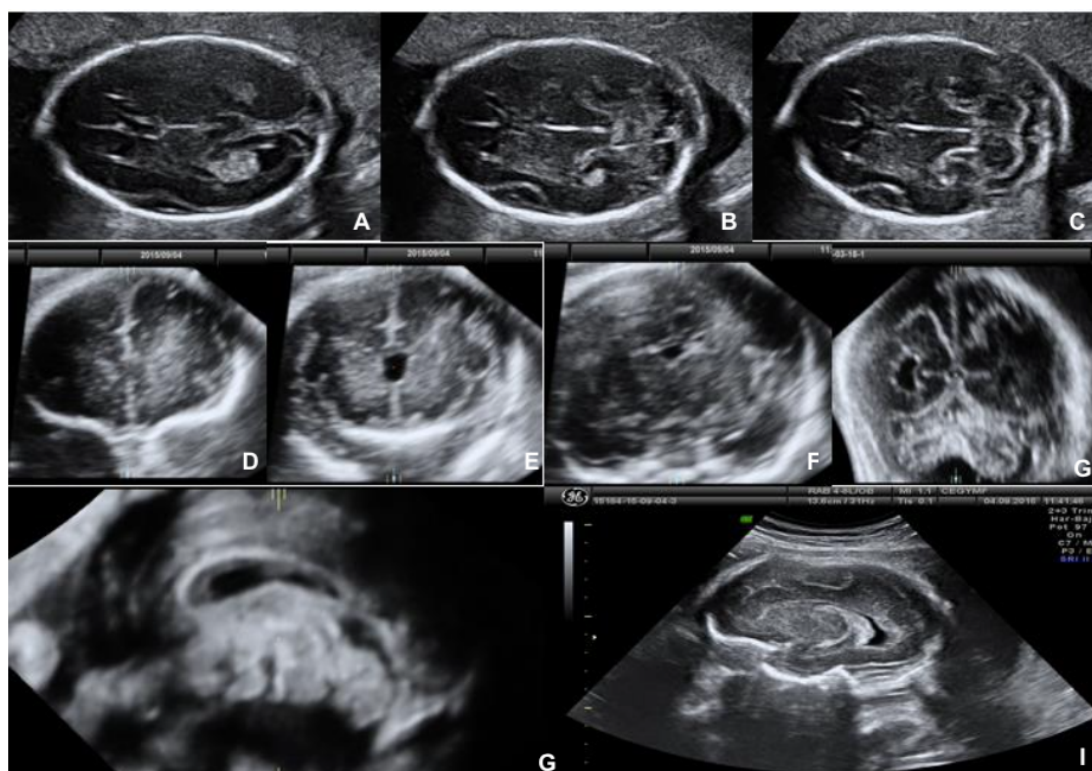


Figura 1. Planos ecográficos. Se muestran todos los planos ecográficos útiles durante la realización del estudio. A: Axial transventricular; B: Axial transtalámico; C: Axial transcerebelar; D: Coronal transfrontal; E: Coronal transcaudado; F: Coronal transtalámico; G: Coronal transcerebelar; H: Sagital; I: Parasagital. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

1.4.1. Planos axiales

El plano axial (o transversal), es el utilizado con mayor frecuencia en obstetricia, siendo el más útil para la obtención de las medidas biométricas cefálicas. Dentro de los planos axiales resultan de utilidad tres cortes.

1.4.1.1. Corte axial transventricular

Es el corte axial más superior. En dicho nivel se pueden observar desde una posición anterior hacia una posterior las siguientes estructuras: la cisura interhemisférica (CIH), el surco y cuerpo calloso (CC), el cavum del septum pellucidum (CSP), las astas anteriores de los ventrículos laterales a cada lado y, en la parte más posterior, se pueden ver las astas posteriores con los plexos coroideos en su interior.

1.4.1.2. Corte axial transtalámico

Se sitúa en un plano ligeramente inferior. En él, se pueden apreciar de delante hacia detrás las siguientes estructuras cerebrales: la CIH, el surco y cuerpo calloso, el CSP, las astas anteriores de los ventrículos laterales, ambos tálamos, el III ventrículo y el hipocampo. Este corte es el de elección para la medición del diámetro biparietal (DBP) y la circunferencia cefálica (HC) (ISOUG, 2007).

1.4.1.3. Corte axial transcerebelar

Es el de mayor utilidad para el estudio de la fosa posterior. Incluye de delante a atrás la CIH, el surco y cuerpo calloso, astas anteriores de los ventrículos laterales, CSP, tálamos, cerebelo y cisterna magna. La presencia de una cisterna magna mayor de 10 mm se considera anormal (Haimovici et al., 1997), así como la ausencia de visualización de esta, incluso en el I trimestre, ya que sugiere la presencia de una espina bífida (Chaoui & Nicolaides, 2010; Chaoui et al., 2011; García-Posada et al., 2013; Lachmann et al., 2011). La medición de la cisterna magna entre 2-11 mm y el ancho auricular de los ventrículos laterales <10mm tiene un valor predictivo negativo muy alto para la detección de anomalías cerebrales (Filly et al., 1989; Lipa et al., 2017; Robinson, 2014).

Este corte se emplea para medir el diámetro cerebelar transverso (D. Cereb), siendo de interés para estudiar el desarrollo del cerebelo durante la gestación (Snijders y Nicolaides, 1994; Vinkesteyn et al., 2000).

1.4.2. Planos coronales

Distinguimos de delante hacia atrás los siguientes cortes:

1.4.2.1. Corte coronal transfrontal

Discurre a través de las astas frontales de los ventrículos laterales. La CIH, las órbitas y el espacio subaracnoideo son observables en este corte.

1.4.2.2. Corte coronal transcaudado

Corte situado a nivel de la rodilla del cuerpo calloso (que interrumpe la fisura interhemisférica) y del núcleo caudado (BCNatal, 2015). A esta altura pueden observarse la CIH, el surco y las fibras del cuerpo calloso cruzando entre ambos hemisferios, el CSP con las astas anteriores a cada lado y los núcleos caudados por debajo y, finalmente, la cisura lateral o de Silvio (CL).

1.4.2.3. Corte coronal transtalámico

Como su propio nombre indica, es un corte a nivel de los tálamos. Se aprecian las mismas estructuras que en el corte anterior, pudiendo observarse los tálamos a cada lado del tercer ventrículo.

En el borde medial de la cisura lateral, puede verse el lóbulo de la ínsula, cuya operculización (fenómeno por el que se cubre por los lóbulos temporal, parietal y frontal), produce cambios en la morfología de la cisura lateral durante la evolución de la gestación (Govaert et al., 2004).

1.4.2.4. Corte coronal transcerebelar

Se sitúa en un plano a nivel occipital y se obtiene orientando el transductor hacia la fontanela posterior (BCNatal, 2015) lo que facilita la visualización del CIH, astas posteriores de los ventrículos laterales, tentorio, hemisferios cerebelosos, vermis, cisterna magna y también la cisura calcarina (sobre todo a partir de la semana 19-20). Es el plano más útil para el estudio de la patología de la fosa posterior.

1.4.3. Planos sagital y parasagital

Son planos orientados perpendicularmente al plano coronal. El plano sagital permite estudiar la línea media del cerebro y observar el CC, el CSP y el cavum vergae, la corteza cerebral, el III ventrículo, la región intertalámica y la tela coroidea del III ventrículo, la lámina cuadrigémina, el IV ventrículo, tronco del encéfalo, vermis, fosa posterior y tentorio. Este corte se obtiene mediante visión transfrontal (Viñals et al., 2007). El corte sagital resulta de utilidad para la obtención de imágenes diagnósticas y biometrías del CC y el vermis cerebeloso (Cignini et al., 2016; Gorostiaga, 2018; Pasahj et al., 2013; Viñals et al., 2007).

Por otro lado, en el corte parasagital se observan las astas o cuernos frontal, temporal y occipital de los ventrículos laterales permitiendo evaluar su morfología y contenido (BCNatal, 2015).

1.5. PARÁMETROS BIOMÉTRICOS DE UTILIDAD EN EL ESTUDIO DEL DESARROLLO CEREBRAL FETAL

1.5.1 Diámetro biparietal (DBP)

Se trata de uno de los primeros parámetros biométricos utilizados para estudiar la edad gestacional durante el estudio ecográfico ya en el primer trimestre (Campbell, 1968; Sabbagha et al., 1974). Como su propio nombre indica, es la distancia entre ambos huesos parietales de la cabeza del feto (**Figura 2**).

Tanto el DBP como la circunferencia cefálica, de la que hablaremos brevemente a continuación, reflejan el crecimiento de la cabeza lo que a su vez se traduce en el crecimiento cerebral (Villamonte et al., 2013). Ambas se consideran las mediciones ideales para las biometrías de la cabeza fetal y del cerebro (Deter et al., 1982) y se obtienen en un corte transtalámico.

1.5.2. Circunferencia craneal (HC)

Corresponde al contorno externo del cráneo fetal (BCNatal, 2015) (**Figura 2**).

1.5.3. Diámetro cerebelar transverso (DCereb)

Resulta de gran utilidad para el estudio del desarrollo del cerebelo durante la gestación (Snijders & Nicolaidis, 1994; Vinkesteyn et al., 2000). Se obtiene en un corte transcerebelar (**Figura 2**).

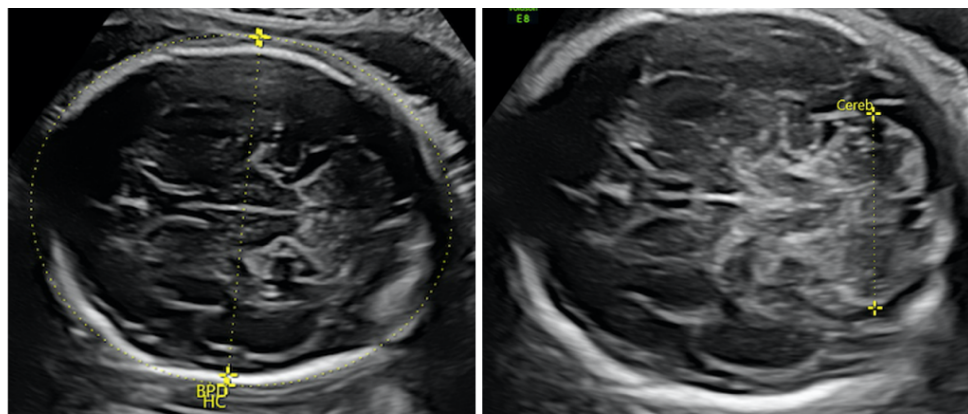


Figura 2. Izquierda: Medición ecográfica del DBP y HC. Medición por ecografía del DBP (línea central que cruza la cabeza fetal de parietal a parietal) y la HC (circunferencia dibujada alrededor del perímetro craneal). **Derecha: Medición ecográfica del DCereb.** Nota: BPD: diámetro biparietal; HC: circunferencia craneal; Cereb: diámetro cerebelar transverso. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

1.5.4. Longitud del cuerpo calloso (CCaloso)

El cuerpo calloso es una estructura cerebral de sustancia blanca ubicado en el fondo de la fisura longitudinal que conecta ambos hemisferios cerebrales. Está formado por un pico o rostrum (porción anterior más estrecha), una rodilla, un cuerpo que se arquea posteriormente y termina con una porción engrosada denominada esplenio (Olave et al., 2012). Su medición se realiza en un corte sagital desde la parte más anterior de la rodilla a la parte más posterior del esplenio (BCNatal, 2015) (**Figura 3**).

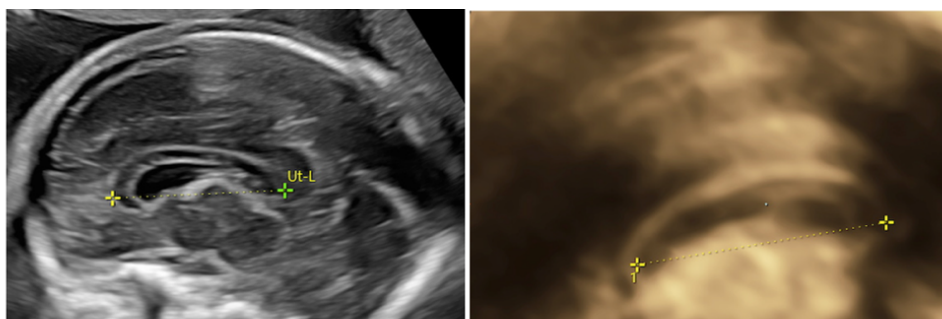


Figura 3. Medición ecográfica de la longitud del CC. Izquierda: ecografía 2D. Derecha: ecografía 3D. Nótese como el cuerpo calloso es menos distinguible en la imagen 3D. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

1.5.5. Longitud craneocaudal del vermis cerebeloso (Vermis)

El desarrollo del vermis no se completa hasta la 20^a-22^a semana por lo que en exploraciones precoces puede dar la sensación de falsa comunicación entre el IV ventrículo y la cisterna magna debido a un defecto del vermis, que en la mayoría de los casos no tiene transcendencia médica posterior (SEGO, 2015). La medida se obtiene en un corte sagital, desde la porción más craneal del culmen a la porción más caudal de la úvula cerebelosa (BCNatal, 2015) (**Figura 4**).

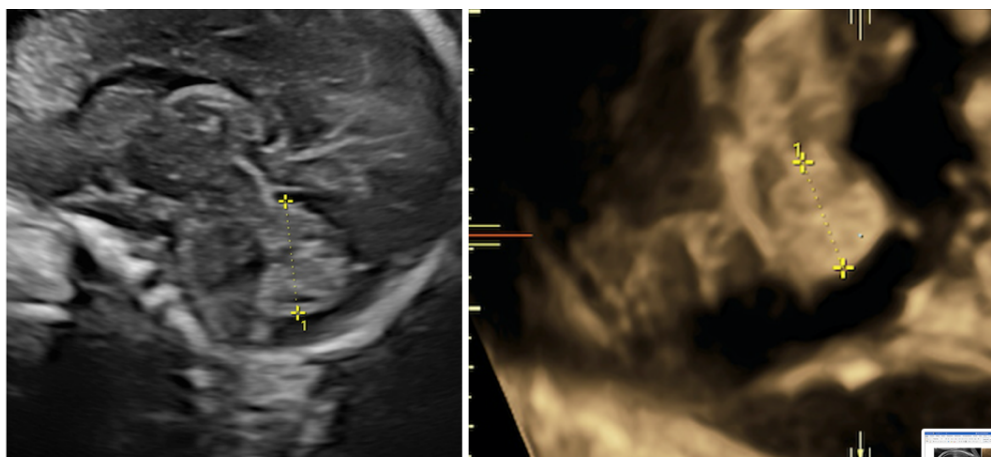


Figura 4. Medición ecográfica de la longitud craneocaudal del vermis cerebeloso. Izquierda: ecografía 2D. Derecha: ecografía 3D. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un estudio prospectivo realizado durante el periodo comprendido entre septiembre de 2021 y abril de 2022 en la Unidad de Medicina Fetal y Ecografía del Centro de Ginecología y Medicina Fetal (CEGYMF), en Bilbao, que ha incluido un total de 160 gestantes (embarazo único). El **objetivo** principal es crear un atlas de imágenes del desarrollo cerebral fetal durante el II trimestre de gestación. Objetivos secundarios son analizar el desarrollo de biometrías cerebrales y obtener un método de obtención de imágenes tridimensionales de planos sagitales del cerebro fetal.

2.1. MATERIAL

2.1.1. Obtención de información

La búsqueda de información para la realización de la parte introductoria de este trabajo se ha llevado a cabo en diferentes fuentes. En primer lugar, la base de datos más utilizada ha sido PubMed. Para obtener los artículos se utilizaron diversas combinaciones de las siguientes palabras clave: “fetal neurosonography”, “brain development”, “fetal brain”, “second trimester”, “biometric parameters”. También fueron útiles para la búsqueda de artículos otras bases de datos como ResearchGate. Asimismo, han resultado de utilidad artículos de la Sociedad Española de Ginecología y Obstetricia (SEGO) y del Centro de Medicina Fetal-Neonatal de Barcelona. Los artículos seleccionados han sido referenciados en el apartado de Bibliografía al final de este trabajo.

2.1.2. Obtención de imágenes y datos

El atlas ecográfico ha sido elaborado con datos e imágenes seleccionadas durante exámenes efectuados en CEGYMF como parte del control gestacional protocolizado en dicho centro, habiéndose descartado con antelación la presencia de patología prenatal mediante ecografía de alta resolución. La presencia de patología postnatal, sin embargo, no ha sido posible de descartar por encontrarse fuera del tiempo de estudio. Finalmente, se han incluido 160 pacientes (de 18 semanas cumplidas a 32+6 semanas). Los sujetos a estudio no han sido diferenciados por sexo.

La edad gestacional ha sido determinada por la fecha de la última regla (FUR) y confirmada siempre por la medición del embrión durante la ecografía del I trimestre (Robinson, 1973), realizada siempre antes de la semana 13 de gestación y expresada en semanas de gestación cumplidas. Se han obtenido imágenes del II trimestre ya que es en este periodo en el que se desarrollan el mayor número de giros y circunvoluciones. Las imágenes obtenidas han sido posteriormente comparadas con láminas anatómicas (Bayer & Altman, 2005; Mendoza & Foundas, 2007).

2.2. METODOLOGÍA

2.2.1. Protocolo

El estudio se ha hecho con un equipo de alta resolución (Voluson E8, GE, Kretztechnik, Zipf, Austria) por vía transabdominal y transvaginal, con la paciente en decúbito supino o en posición de litotomía dorsal modificada, en un ambiente cálido y con luz tenue. Las imágenes se han obtenido con una sonda convex (C2-9).

En ciertos casos, se empleó la volumetría (3D) con sonda modelo RAB4-8L cuando no era posible obtener buenas imágenes en 2D. Los volúmenes se adquirieron con captación de calidad alta, con ángulo de adquisición entre 0-45° y con un ángulo de barrido entre 45 y 60°. Para ello era importante optimizar previamente la imagen en 2D lo máximo posible ajustando la visión a la zona a explorar. El volumen de adquisición englobaba siempre todo el contenido craneal fetal. Durante el barrido de la imagen, era imprescindible la apnea materna y la ausencia de movimientos fetales. Para el manejo de volúmenes obtenidos, se empleó el programa 4D View (4D View v10.5 BT12, GE Healthcare. Austria. GmbH & Co. OG).

En cada examen, se guardaron imágenes según un protocolo preestablecido. Se obtuvieron imágenes del cerebro fetal en cortes axiales (transventricular, transtalámico y transcerebelar), coronales (transfrontal, transcaudado, transtalámico y transventricular) y sagi/parasagiales (sagital medio y parasagital). Además, se midieron correctamente las biometrías fetales siguiendo recomendaciones de la International Society of Ultrasound in Obstetrics (ISUOG, 2007).

Las medidas 2D fueron siempre tomadas por un experto en ecografía prenatal (Álvaro Gorostiaga, miembro de CEGYMF), especialista en Obstetricia y Ginecología y titulado como experto docente por la Sociedad Española de Obstetricia y Ginecología (SEGO), director del TFG, en el plano representativo; y las medidas volumétricas por la autora del TFG (Lucía Bañares), siendo posteriormente supervisadas por el director.

2.2.2. Elección y lectura de ecografías

Las imágenes han sido seleccionadas con criterios de calidad de imagen por la autora (Lucía Bañares) con el visto bueno del director y, posteriormente, se han comparado con datos publicados acerca de anatomía e histología cerebrales fetales (Bayer & Altman, 2005; Mendoza & Foundas, 2007).

2.2.3. Curvas biométricas

Con los datos obtenidos se han creado curvas de crecimiento de parámetros biométricos (CC, DBP, DCereb, vermis y cuerpo calloso) valorando su relación con la edad gestacional. Para ello, se ha utilizado el programa IBM SPSS versión 28.0 (Statistical Package for the Social Sciences, SPSS Inc, Chicago; IL, EEUU), habiendo sido volcados previamente los datos desde Excel (Microsoft Corporation, Richmond, WA, USA). Estas curvas obtenidas reflejan bien la relación del crecimiento con la edad gestacional pero tienen limitaciones, por el reducido tamaño muestral, para ser utilizadas como tablas de referencia.

2.2.4. Aspectos éticos

El estudio ha sido elaborado respetando los principios establecidos en la declaración de Helsinki (1964) última versión Fortaleza, Brasil 2013, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los Derechos Humanos y la Biomedicina (1997), y en la normativa sobre investigación biomédica, protección de datos de carácter personal. Ley 14/2007 de Investigación Biomédica.

Así mismo, el estudio ha sido aprobado por el Comité de Ética de CEGYMF y el de Comité Ético de Investigación (CEI) del Hospital Universitario Basurto. Por último, todas las pacientes fueron correctamente informadas y dieron su Consentimiento Informado por escrito al estudio y a la ecografía.

3. RESULTADOS

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA

Se estudiaron un total de 160 gestantes, las cuales acudieron a consulta durante el período de estudio (septiembre 2021- abril 2022).

Tabla 1. Características de la población a estudio.

CARACTERÍSTICAS (N:160)	Edad (años)	Altura	Peso	IMC
Media	35,37	1,64	60,43	22,32

3.2. RESULTADOS DE PARÁMETROS BIOMÉTRICOS

Durante los estudios ecográficos se han tomado medidas de los diferentes parámetros biométricos predefinidos: DBP, HC, DCereb, CCaloso y Vermis. En la mayoría de las pacientes se ha conseguido medir todos los parámetros, si bien en algún caso no se ha podido tomar alguna de las medidas ya que la posición del feto lo impedía.

Con los citados parámetros biométricos, se obtuvieron estadísticos descriptivos para la edad gestacional, los cuales se muestran por bloques en las 4 tablas siguientes (**Tablas 2-5**). Destacar que el DBP se encontraban en un rango entre 40,90 y 88,8 mm. (correspondiendo siempre a edades gestacionales entre 18 y 32+6 semanas).

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de biometrías cerebrales en el periodo de 18-20+6 semanas.

Parámetros	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
DBP	28	47,5868	40,90	53,70	3,78332
HC	28	174,3589	148,90	195,20	13,94699
DCEREC	27	20,9141	17,70	23,45	1,54546
CCALLOSO	28	17,4276	8,50	23,20	4,28818
VERMIS	26	10,7358	8,10	13,10	1,11150

NOTA: N= tamaño muestra; DBP= diámetro biparietal; HC= circunferencia craneal; D CEREB= diámetro cerebelar; CCALLOSO= cuerpo calloso. La medición se expresa en milímetros (mm).

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de biometrías cerebrales en el periodo de 21-24+6 semanas.

Parámetros	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
DBP	53	54,0302	47,20	62,20	3,45035
HC	53	192,2792	76,60	235,60	23,00514
DCEREC	52	23,5756	20,80	28,80	1,66142
CCALLOSO	53	23,0972	17,80	32,10	3,06334
VERMIS	52	12,1838	10,50	17,00	1,22398

NOTA: N= tamaño muestra; DBP= diámetro biparietal; HC= circunferencia craneal; D CEREB= diámetro cerebelar; CCALLOSO= cuerpo calloso. La medición se expresa en milímetros (mm).

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de biometrías cerebrales en el periodo de 25-28+6 semanas.

Parámetros	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
DBP	40	66,8535	56,10	77,50	4,72219
HC	40	243,1890	210,90	278,50	14,52080
DCEREC	40	30,7423	27,60	37,00	2,11455
CCALLOSO	40	31,3750	24,40	44,50	3,56527
VERMIS	39	15,9538	12,20	20,30	1,72105

NOTA: N= tamaño muestra; DBP= diámetro biparietal; HC= circunferencia craneal; D CEREB= diámetro cerebelar; CCALLOSO= cuerpo calloso. La medición se expresa en milímetros (mm).

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de biometrías cerebrales en el periodo de 29-32+6 semanas.

Parámetros	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
DBP	38	79,5500	71,90	88,80	4,09744
HC	38	285,4605	237,60	325,50	16,35135
DCEREC	36	38,5600	33,90	45,10	2,51226
CCALLOSO	35	36,0771	30,90	40,00	2,49648
VERMIS	35	19,6954	14,80	22,00	1,62630

NOTA: N= tamaño muestra; DBP= diámetro biparietal; HC= circunferencia craneal; D CEREB= diámetro cerebelar; CCALLOSO= cuerpo calloso. La medición se expresa en milímetros (mm).

3.3. RELACIÓN ENTRE LAS BIOMETRÍAS ENCEFÁLICAS Y LA EDAD GESTACIONAL

A continuación, se ha analizado la relación entre la biometría de las estructuras cerebrales y la edad gestacional. La **Tabla 6** muestra los coeficientes de correlación de Pearson (R) y el de determinación lineal (R^2) entre las biometrías cerebrales y la edad gestacional y el nivel de significación (p). El coeficiente de correlación mide la fuerza de asociación entre dos variables. Se considera una asociación muy fuerte cuando la R de Pearson es $>0,6$; fuerte cuando está entre 0,4-0,6 y moderada si el coeficiente está entre 0,2-0,4. El coeficiente de determinación lineal muestra la capacidad explicativa del modelo.

Como se observa en la **Tabla 6**, las biometrías DBP, HC, D Cereb, C Calloso y Vermis aumentaron de manera significativa durante la gestación, observando correlaciones estadísticamente significativas entre dichas medidas y la edad gestacional (se incrementan linealmente con la edad gestacional). Sin embargo, hemos encontrado alguna excepción. En primer lugar, en las semanas 21-24 de gestación, se observa que la relación de crecimiento de la circunferencia craneal con las semanas de gestación es

fuerte, pero con una $p=0,056$. Por otro lado, en las semanas 29-32 se observa una relación débil con el crecimiento del cuerpo calloso durante dichas semanas. En cualquier caso, es importante subrayar el signo positivo de todos los coeficientes, lo que indica una relación directa entre las dos variables, es decir, que a medida que una aumenta, la otra también lo hace.

Tabla 6. Relación entre las curvas de crecimiento biométricas con la edad gestacional

Semanas gestación	Biometría Eco 2D	Correlación de Pearson (R)	Determinación lineal (R ²)
18-20	DBP	,791**	0,625
	HC	,913**	0,833
	D Cereb	,894**	0,799
	CC	,916**	0,839
	Vermis	,802**	0,643
	DBP	,693**	0,480
21-24	HC	,265 (p=0,056)	0,070
	D Cereb	,912**	0,831
	CC	,757**	0,573
	Vermis	,786**	0,617
	DBP	,726**	0,527
	HC	,741**	0,549
25-28	D Cereb	,753**	0,567
	CC	,550**	0,302
	Vermis	,585**	0,342
	DBP	,576**	0,331
	HC	,636**	0,404
	D Cereb	,849**	0,720
29-32	CC	,137**	0,018
	Vermis	,457**	0,208

NOTA: **: La correlación es significativa en el nivel 0,01; DBP= diámetro biparietal; HC= circunferencia craneal; D Cereb= diámetro cerebelar; CC= cuerpo calloso.

3.4. REGRESIÓN LINEAL DE LAS BIOMETRÍAS

A continuación, se representa gráficamente la regresión lineal estadística relativa a la edad gestacional de todas las biometrías tomadas por ecografía 2D y 3D. Los gráficos han sido agrupados en función del parámetro biométrico analizado en cada caso y para cada bloque de edad gestacional (**Figuras 5-9**). Se observa un crecimiento lineal de

las estructuras cerebrales en los cuatro grupos de edad, lo que concuerda con su significación estadística y con una correlación de Pearson alta.

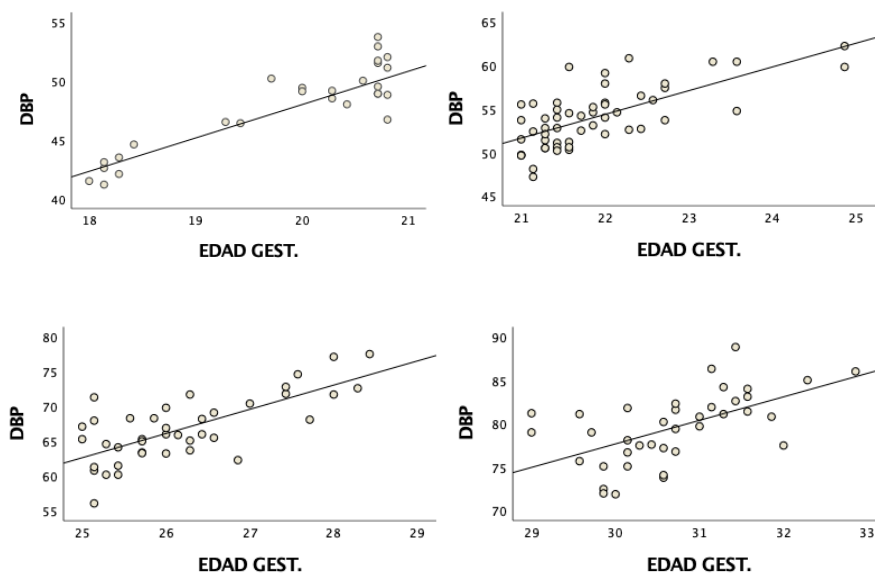


Figura 5. Análisis de la asociación del BDP con la edad gestacional. Arriba a la izquierda, gráfico del bloque de semanas 18-20+6, arriba a la derecha semanas 21-24+6, abajo a la izquierda semanas 25-28+6 y abajo a la derecha semanas 29-32+6.

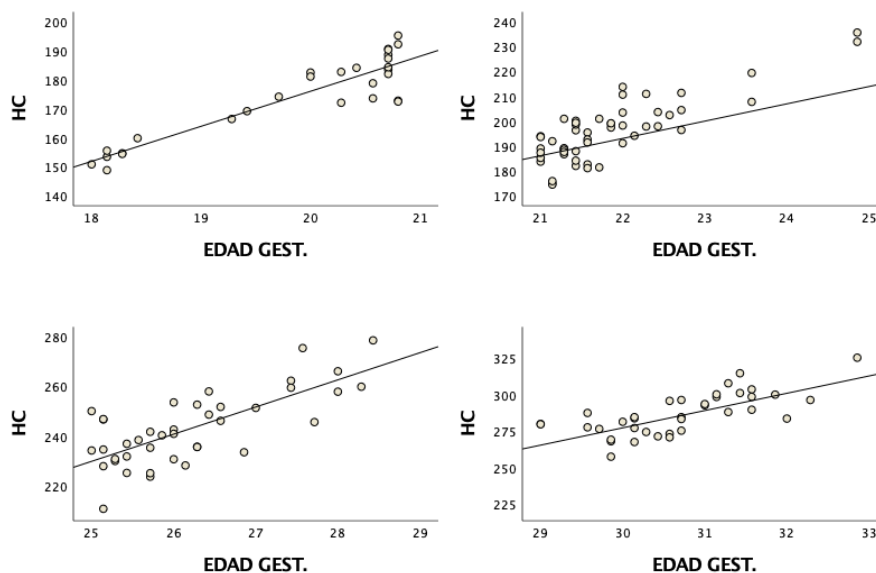


Figura 6. Análisis de la asociación del HC con la edad gestacional. Arriba a la izquierda, gráfico del bloque de semanas 18-20+6, arriba a la derecha semanas 21-24+6, abajo a la izquierda semanas 25-28+6 y abajo a la derecha semanas 29-32+6.

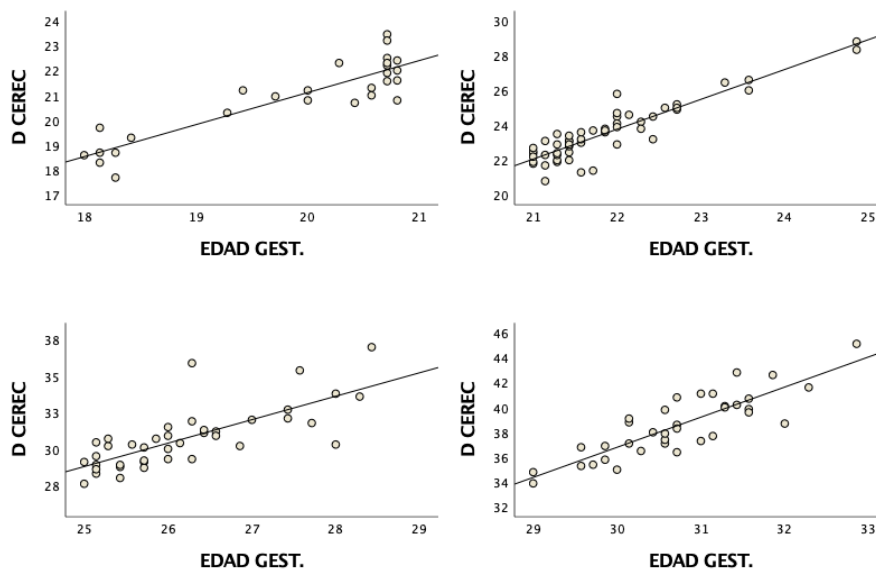


Figura 7. Análisis de la asociación de la D Cereb con la edad gestacional. Arriba a la izquierda, gráfico del bloque de semanas 18-20+6, arriba a la derecha semanas 21-24+6, abajo a la izquierda semanas 25-28+6 y abajo a la derecha semanas 29-32+6.

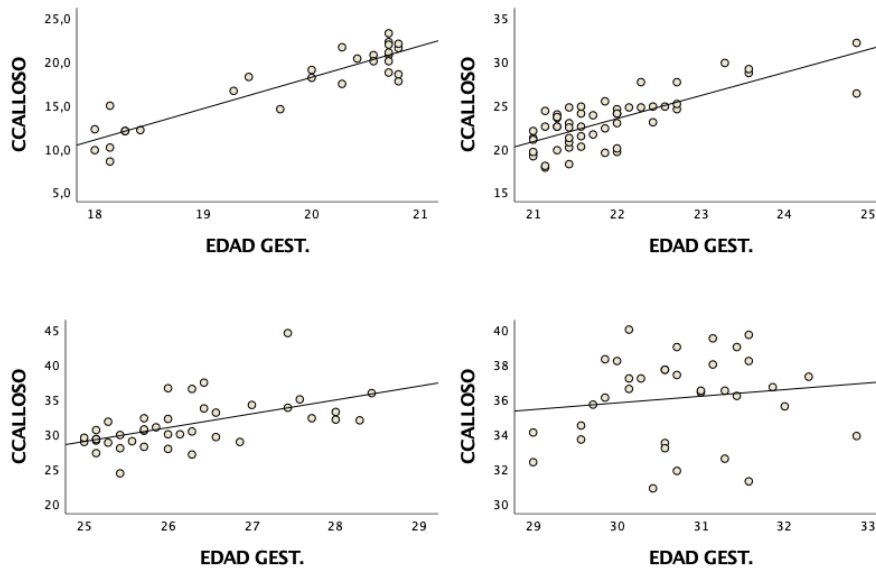


Figura 8. Análisis de la asociación del C. Calloso con la edad gestacional. Arriba a la izquierda, gráfico del bloque de semanas 18-20+6, arriba a la derecha semanas 21-24+6, abajo a la izquierda semanas 25-28+6 y abajo a la derecha semanas 29-32+6. En este último bloque de semanas se observa una mayor dispersión.

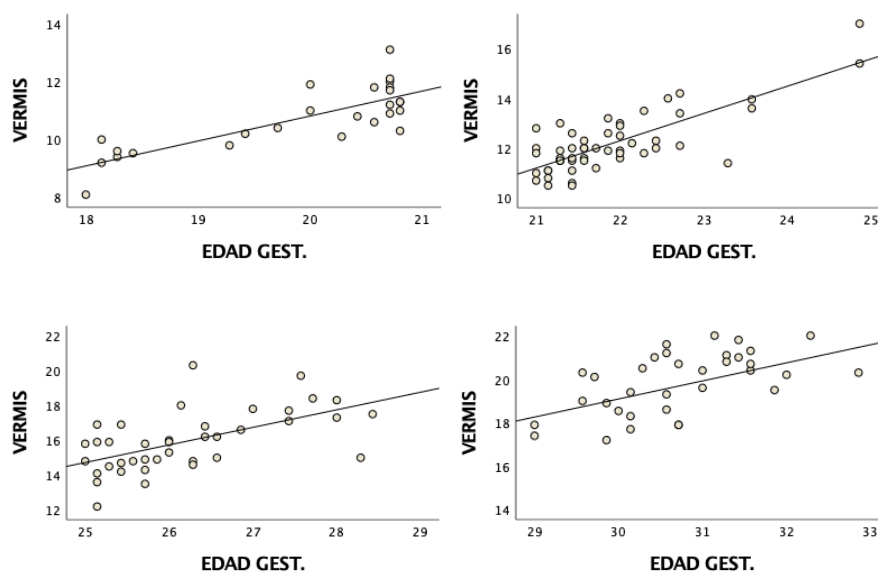


Figura 9. Análisis de la asociación del Vermis con la edad gestacional. Arriba a la izquierda, gráfico del bloque de semanas 18-20+6, arriba a la derecha semanas 21-24+6, abajo a la izquierda semanas 25-28+6 y abajo a la derecha semanas 29-32+6.

3.5. PROPOSICIÓN DE MÉTODO PARA ESTUDIO 3D DE LÍNEA MEDIA Y FOSA POSTERIOR

En ciertos controles ecográficos, debido a la situación del feto, resulta difícil obtener un plano sagital para realizar la medición del cuerpo calloso y del vermis. En estos casos resulta de gran utilidad el estudio 3D con una sonda volumétrica. Para ello, se propone un método que consideramos idóneo para su obtención y se explica su metodología tal y como lo hemos realizado en el presente trabajo.

3.5.1. Obtención de las imágenes

En primer lugar, se localiza la cabeza fetal en un plano axial. Una vez que el ecógrafo está bien posicionado, se activa la caja de volumen. En el interior de la caja se localizará la región de interés (en este caso la cabeza fetal). Posteriormente se inicia el barrido de la zona que se ha delimitado (ángulo de adquisición).

3.5.2. Procesado de las imágenes

Una vez captados los volúmenes, estos son procesados y estudiados. Para ello se activa el programa 4D View (4D View v10.5 BT12. GE Healthcare. Austria. GmbH & Co. OG). Inicialmente, tal y como se muestra en la **Figura 10**, en la pantalla del ecógrafo aparecen 3 paneles (A, B y C) que muestran las imágenes multiplanares adquiridas. Estas imágenes corresponden a los planos axial, coronal y sagital respectivamente, siempre y cuando la captación se haya realizado en plano axial, como en nuestro caso. Se activa, entonces, el VCI (Volume Contrast Imaging, GE Healthcare), para aumentar la resolución de contraste usando cortes laminares de 1,4-2 mm. El VCI es un software que agrupa cortes y disminuye los artefactos del ultrasonido, entre otras funciones que posee. Esta aplicación permite mostrar en una única imagen la fusión de varios cortes, lo que incrementa el contraste (**Figura 10**).

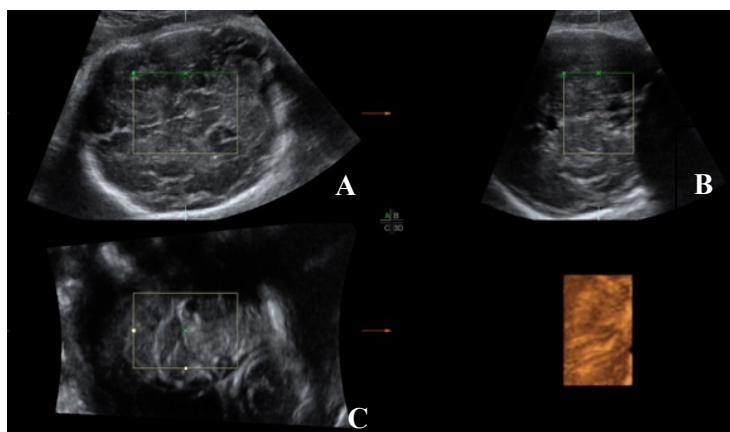


Figura 10. Display de inicio tras la captación axial. Se muestran las imágenes multiplanares adquiridas que corresponden al plano axial (A), plano coronal (B) y plano sagital (C). Abajo a la derecha, una imagen renderizada, no empleada en nuestro estudio. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

A partir de aquí, se aplica un protocolo de neuronavegación, manipulando los cortes axiales y coronales, con el fin de obtener una buena y adecuada visualización de un plano sagital perfecto, donde serán posibles las mediciones del CC y del vermis.

El volumen se manipula de la siguiente manera:

- a. Primero, se rota el panel A hasta situar la línea media en la horizontal y, posteriormente, en el panel B se realiza la misma función. En ese momento, se

observa en el panel C, el corte sagital (**Figura 11**), bien centrado, identificando el cuerpo calloso y vermis cerebeloso.

- b. Por último, se procede a la medición de ambos parámetros, de manera similar a como se realiza en ecografía 2D.

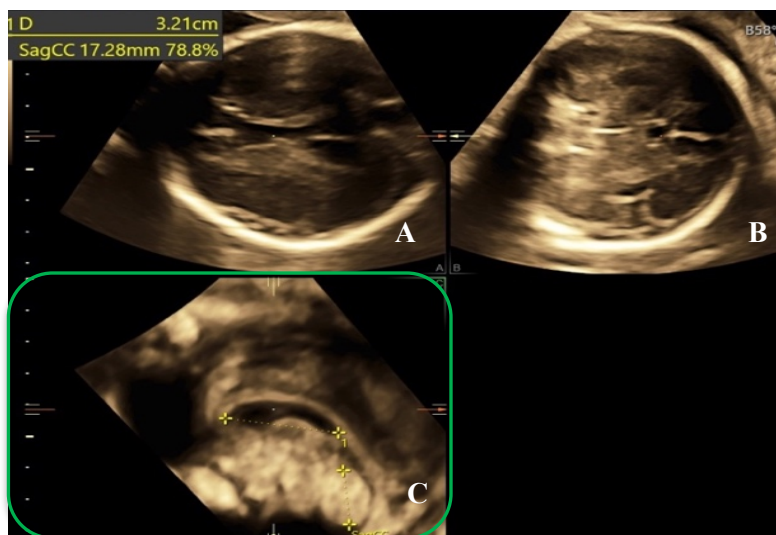


Figura 11. Plano sagital medio tras manipulación. En el panel encuadrado en verde, se observa el plano sagital central después de haber sido manipulados tanto el plano axial como coronal. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

Como hemos citado anteriormente, para el estudio de la fosa posterior, es preciso estudiar los volúmenes obtenidos con 45° sobre la horizontal.

3.6. ATLAS ECOGRÁFICO DEL DESARROLLO CRONOLÓGICO DEL CEREBRO FETAL EN EL II TRIMESTRE DE EMBARAZO

Una vez realizado el trabajo y tras recopilar todas las imágenes ecográficas durante las revisiones del segundo trimestre, se han estudiado y seleccionado entre miles, aquellas imágenes que nos han resultado más interesantes de cara a realizar un atlas cronológico del desarrollo cerebral fetal entre las semanas 18 y 32+6 de gestación. Tras el estudio de dichas imágenes y con los conocimientos adquiridos, hemos considerado oportuno dividir el desarrollo cerebral fetal en 4 etapas con el objetivo de facilitar su comprensión, ya que las diferencias observables en el desarrollo son más fáciles de detectar si se comparan dos periodos (comprendidos por 3-4 semanas cada uno) que si se comparan las diferencias semana a semana. Dentro de cada etapa, en un primer

lugar, se realiza una pequeña síntesis de las estructuras observables durante dichas semanas y posteriormente, se muestran las imágenes donde están identificadas dichas estructuras. Por último, se enumeran los puntos esenciales observados en cada etapa de una forma resumida.

3.6.1. Semanas 18-20+6: Fin de la construcción cerebral

3.6.1.1. Resumen

Al comienzo del II trimestre de gestación, ya es posible observar mediante neurosonografía ciertas estructuras cerebrales, cuya visualización es clave para asegurar el correcto desarrollo cerebral. En primer lugar, en un plano sagital ya desde la semana 18 es posible identificar el cuerpo calloso (CC) en su totalidad, el cavum del septum pellucidum (CSP), el III ventrículo con su plexo coroideo, la lámina cuadrigémina y los tubérculos mamilares junto a ella (**Figura 12**). Importante destacar la hipocogenicidad del CSP en la imagen ecográfica, lo que ayuda a su identificación y convierte a esa estructura en un punto clave anatómico. Sin embargo, el III ventrículo, el cual debería verse igual que el CSP por su contenido líquido, es más difícil de identificar ya que ambas paredes del ventrículo se encuentran tan cercanas que la ecografía no es capaz de crear un espacio entre ellas. Por otro lado, en la fosa posterior, es posible identificar el vermis, el IV ventrículo y la cisterna Magna. En un plano parasagital, es posible la identificación de los tres cuernos de los ventrículos laterales (frontal, temporal y occipital), así como las astas del fórnix y el hipocampo (**Figura 13**). En este corte, al inicio del II trimestre, se aprecia la superficie cerebral totalmente lisa, excepto a nivel de la cisura lateral o de Silvio.

En un plano axial, además de las estructuras previamente señaladas, es posible identificar los tálamos en el corte transtalámico (**Figura 14**). Entre ambos tálamos se puede intuir la presencia de un espacio que corresponde al tercer ventrículo. En un corte axial más inferior se observa la cisterna ambiens (**Figura 14**). En el corte tranventricular (**Figura 15**) se podrán medir los ventrículos laterales, los cuales irán sufriendo una disminución relativa de su tamaño (siendo siempre <10mm). Los plexos coroideos también irán progresivamente disminuyendo su tamaño en etapas posteriores. Además, este plano resulta de gran utilidad para la identificación de la

cisura de Silvio y su transformación a lo largo de la gestación. En estas edades se ve como una hendidura o mella poco profunda en la superficie cerebral (**Figura 15**).

En los cortes coronales es posible identificar algunas de las estructuras mencionadas previamente, así como el núcleo caudado bajo los ventrículos laterales en el corte transcaudado (**Figura 16**). En un corte más posterior se identifica el tálamo y en el corte transcerebelar se observan los ventrículos laterales con grandes plexos coroideos en su interior (**Figura 17**).

3.6.1.2. Imágenes

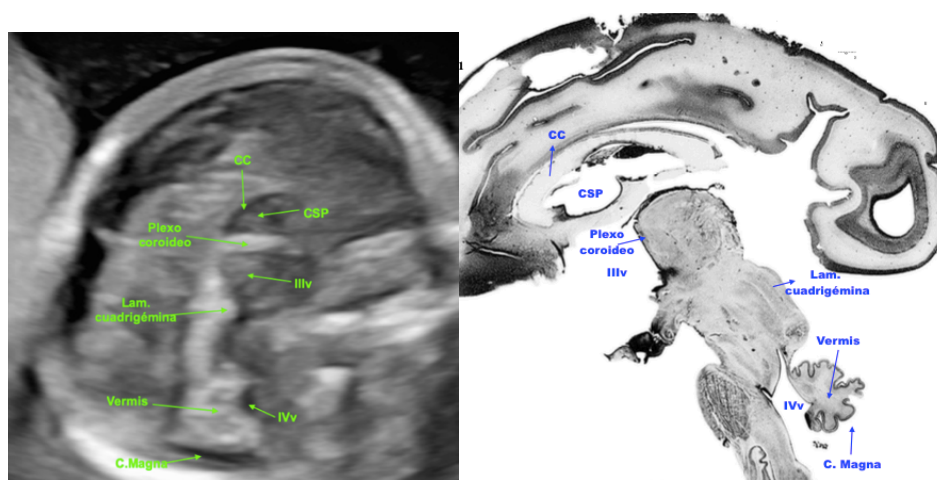


Figura 12. Izquierda: Semana 18. Corte sagital. En las primeras semanas de desarrollo cerebral se observa el cuerpo calloso como una fina línea hipocogénica, la cual irá aumentando tanto de grosor como de longitud a lo largo de las sucesivas semanas. Es importante tener en cuenta que el 3º ventrículo es un espacio virtual, razón por la que no se observa hipocogénico. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio. **Derecha: Semana 18. Corte sagital.** Corte anatómico comparativo. Fuente: Bayer & Altman, 2005. Nota: C. Magna: Cisterna Magna; IVv: cuarto ventrículo; IIIv: tercer ventrículo; CSP: cavum del septum pellucidum; CC: cuerpo calloso.

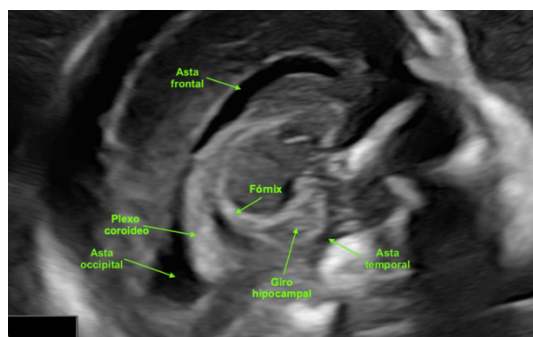


Figura 13: Semana 20+3. Corte parasagital. Son fácilmente identificables las astas frontal (o anterior), temporal y occipital (o posterior) de los ventrículos laterales (también denominados cuernos frontal, temporal y occipital). Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

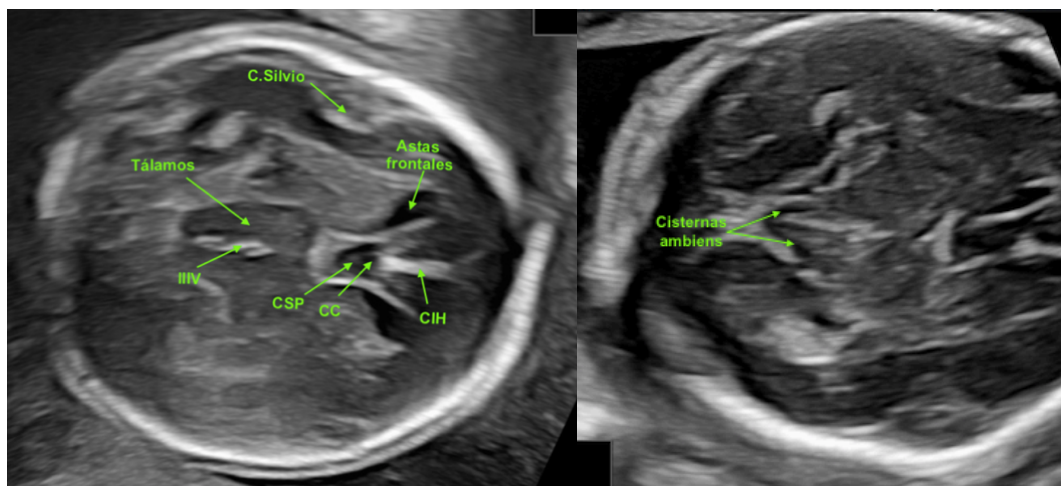


Figura 14. Izquierda: Semana 19+2. Corte axial transtalámico. Corte de utilidad para la visualización de los tálamos, entre los cuales se intuye la presencia del tercer ventrículo. **Derecha: Semana 20+2. Corte axial transtalámico.** Se observan las cisternas ambiens bilaterales y simétricas situadas a cada lado de la línea media entre la protuberancia y la cara interna del hemisferio cerebeloso. Nota: IIIv: tercer ventrículo; CSP: cavum del septum pellucidum; S. Calloso: surco calloso; CIH: cisura interhemisférica; CC: cuerpo calloso; C. Silvio: Cisura lateral o de Silvio. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

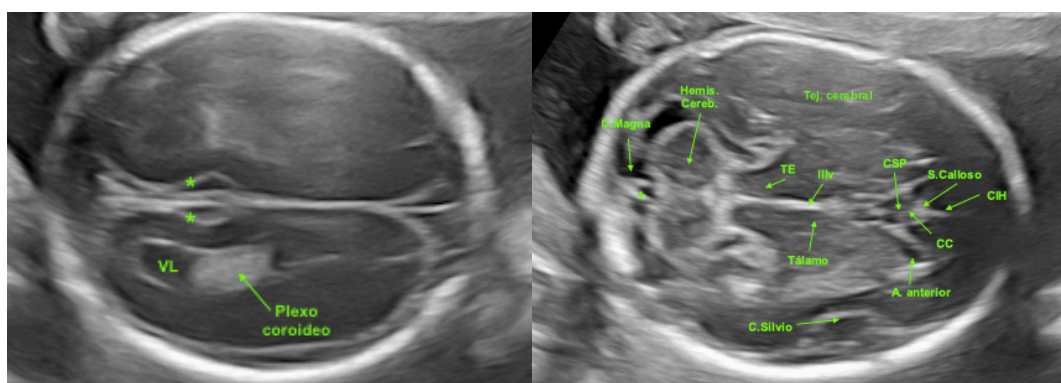


Figura 15. Izquierda: Semana 20+5. Corte axial transventricular. Plano de mayor utilidad para la medición de los ventrículos laterales, dentro de los cuales se observan grandes plexos coroideos. **Derecha: Semana 20+5. Corte axial transcerebellar.** En las primeras semanas de gestación la cisura lateral o de Silvio posee poca profundidad y ángulos muy obtusos. Nota: +: Leptomeninges y restos de la bolsa de Blake; *: se insinúa la cisura parietooccipital; A. anterior: asta anterior del ventrículo lateral; C. Magna: Cisterna Magna; CC: cuerpo calloso; CIH: cisura interhemisférica; CSP: cavum del septum pellucidum; Hemis. Cereb: hemisferio cerebelar; IIIv: tercer ventrículo; S. Calloso: surco calloso; TE: tronco del encéfalo; VL: ventrículo lateral. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

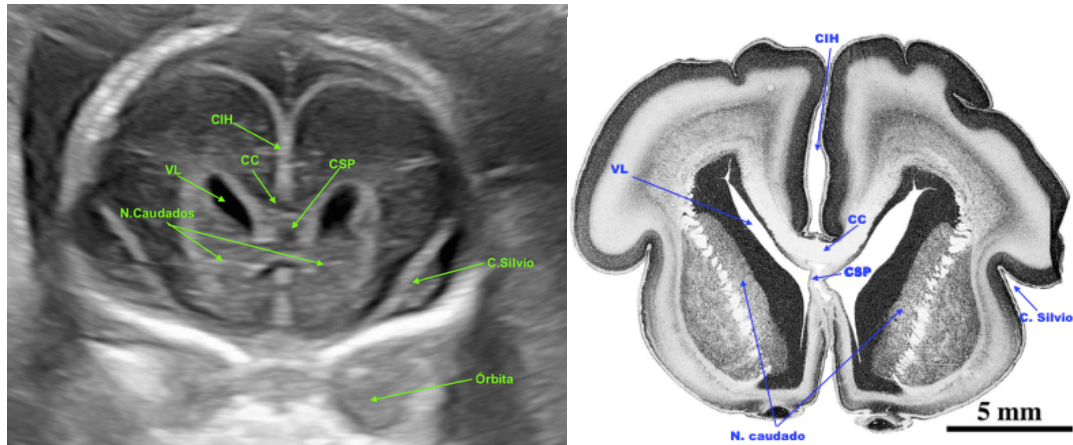


Figura 16. Izquierda: Semanas 20+3. Corte coronal transcaudado. Son visibles las fibras del cuerpo calloso cruzando entre ambos hemisferios, el CSP con las astas anteriores de los ventrículos laterales a cada lado y los núcleos caudados por debajo. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio. **Derecha: Semanas 20. Corte coronal transcaudado.** Corte anatómico comparativo. Fuente: Bayer y Altman, 2015. Nota: C. Silvio: cisura lateral o de Silvio; CC: cuerpo calloso; CIH: cisura interhemisférica; CSP: cavum del septum pellucidum; Illv: tercer ventrículo; N. Caudados: núcleos caudados; S. Calloso: surco calloso; VL: ventrículo lateral.

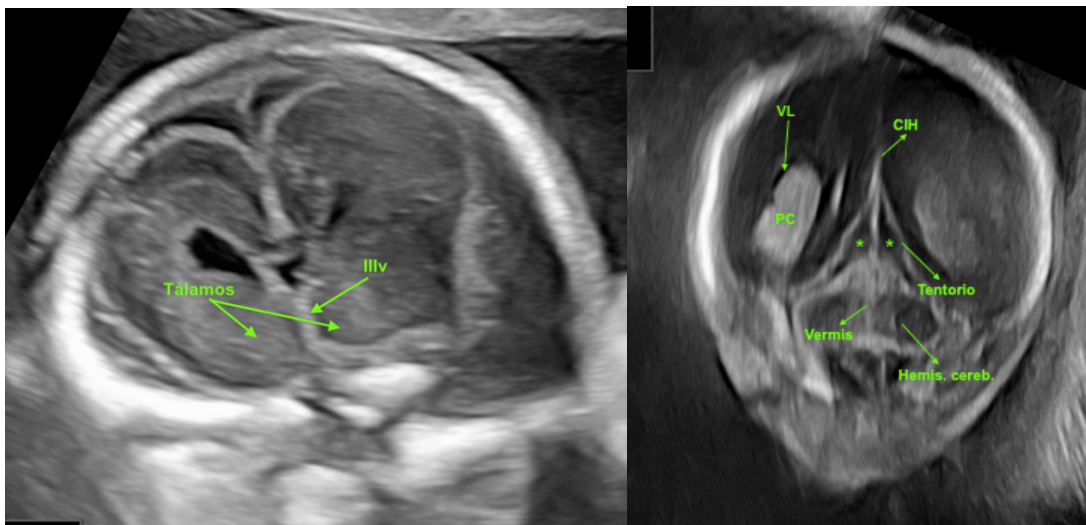


Figura 17. Izquierda: Semanas 19+5. Corte coronal transtalámico. Se observan los tálamos a ambos lados del tercer ventrículo, el cual no es claramente observable por ecografía, ya que, en las primeras semanas de desarrollo cerebral, se trata de un espacio virtual. **Derecha: Semana 19+2. Corte coronal transcerebellar.** Se identifican las astas posteriores de los ventrículos laterales con grandes plexos coroideos en su interior, los cuales irán reduciéndose de tamaño a medida que avanza el desarrollo cerebral. Nota: CIH: cisura interhemisférica; Hemis. Cereb: hemisferio cerebelar; PC: plexos coroideos del ventrículo lateral; VL; asta posterior del ventrículo lateral; *: cisternas supracerebellares; Illv: tercer ventrículo. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

3.6.1.3. Puntos esenciales observados

Entre las semanas 18 y 20+6 de gestación se pueden identificar ecográficamente las siguientes estructuras:

- ✓ En la línea media: CIH, el CSP (signo indirecto de presencia de cuerpo calloso) y el cuerpo calloso ya visible en su totalidad en corte sagital, así como el tercer ventrículo “virtual” con su plexo coroideo sobre él.
- ✓ Ventriculos laterales.
- ✓ En cuanto al parénquima cerebral, la cisura de Silvio será visible, pero de forma discreta en los tres planos.
- ✓ En la fosa posterior son identificables en su totalidad el cerebelo, el vermis, la cisterna magna y el IV ventrículo.

3.6.2. Semanas 21-24+6: Aparición de las primeras cisuras cerebrales

3.6.2.1. Resumen

En esta segunda etapa de desarrollo se observan las estructuras ya mencionadas previamente y comienzan a identificarse un mayor número de cisuras primarias.

En primer lugar, la cisura de Silvio en las semanas 21-22 de gestación posee unos márgenes angulares obtusos que a medida que avancemos en el desarrollo irán evolucionando hasta convertirse, a partir de la semana 24, en ángulos más agudos (**Figura 19**).

Por otro lado, ya es posible identificar el inicio de desarrollo de la cisura parietooccipital en un plano axial transventricular (**Figura 20**). Dicha cisura aparece a la altura en la que finalizan los plexos coroideos de las astas posteriores de los ventriculos laterales. En un corte coronal transcerebelar es posible identificar el inicio de la formación de la cisura calcarina a partir de la semana 24 (**Figuras 23-24**). Previamente a su aparición, se pueden observar en su lugar, trabéculas hiperecoicas en el interior del parénquima cerebral que corresponden a células en migración hacia la superficie de la corteza (**Figura 23**). En el corte coronal se observa también la matriz germinal, como una línea hiperecogénica alrededor de los ventriculos (**Figura 22 y 24**). En esta etapa ya es posible también la identificación de la ínsula (**Figura 20**), la

cisterna ambiens y el núcleo lentiforme (**Figura 21**). En el corte sagital, el cavum del septum vergae se observa claramente debido a su gran hipocogenicidad (**Figura 18**).

3.6.2.2. Imágenes

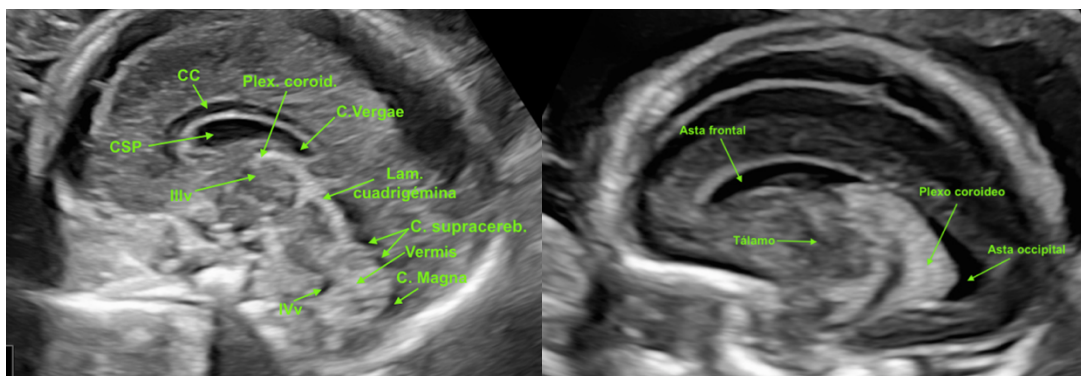


Figura 18. Izquierda: Semana 22. Corte sagital. Se observa claramente el cavum vergae que se corresponde con la prolongación posterior del CSP. **Derecha: Semana 21+1. Corte parasagital.** En comparación con el periodo anterior, en el plano parasagital no se observan grandes cambios. Este corte se ha realizado cercano a la línea media, razón por la que son identificables también los tálamos. Nota: C. Magna: Cisterna Magna; C. supracereb.: cisternas supracerebelares; C. Vergae: cavum vergae; CC: cuerpo calloso; CSP: cavum del septum pellucidum; IIIv: tercer ventrículo; IVv: cuarto ventrículo; Lam. Cuadrigemina: lámina cuadrigémina; Plex. Coroid.: plexo coroideo del 3º ventrículo. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

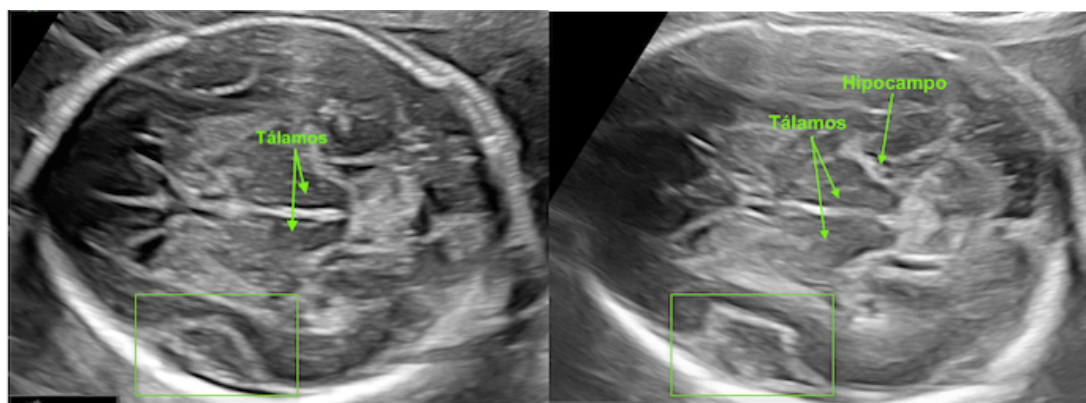


Figura 19. Izquierda: Semana 21+3. Corte axial transtalámico. Derecha: **Semana 23+1. Corte axial transtalámico.** Nótese el desarrollo morfológico que experimenta la cisura lateral o de Silvio (encuadrada en verde) a lo largo de un mismo periodo. Éste pasa de tener unos ángulos obtusos a unos ángulos más agudos. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

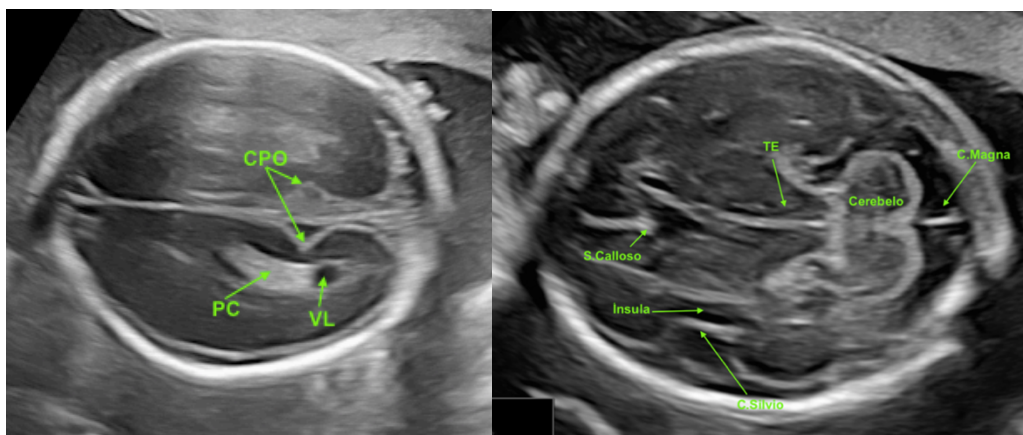


Figura 20. Izquierda: Semana 23. Corte axial transventricular. Se observan la CPO a la altura en la cual terminan los plexos coroideos de los ventrículos laterales. Respecto a etapas previas, los plexos coroideos de los ventrículos disminuyen progresivamente de tamaño. **Derecha: Semana 21+6. Corte axial transcerebelar.** Se aprecia la ínsula. Nota: CPO: cisura parietooccipital; PC: plexo coroideo de los ventrículos laterales; VL: ventrículos laterales C. Magna: cisterna Magna; S. Calloso: surco calloso; TE: tronco del encéfalo. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

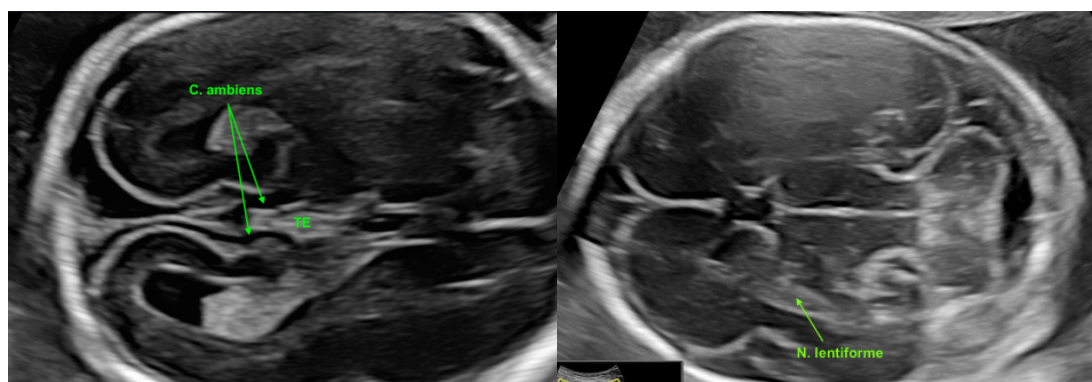


Imagen 21. Izquierda: Semana 21. Corte axial transventricular. Se observan las cisternas ambiens alrededor del tronco del encéfalo. **Derecha: Semana 21+3. Corte axial transcerebelar.** Se identifica el núcleo lentiforme, el cual se encuentra situado próximo a la línea media. Tiene forma de C con tres porciones: la cabeza en contacto con la pared de los ventrículos laterales, el cuerpo y la cola. Nota: C. ambiens: cisterna ambiens; N. lentiforme: núcleo lentiforme. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

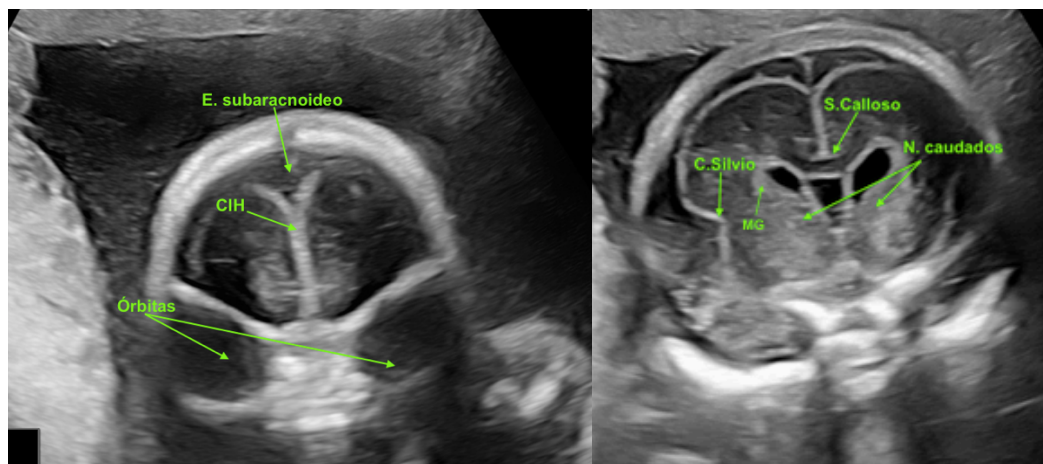


Figura 22. Izquierda: Semana 22. Corte coronal transfrontal. En este corte, la CIH no se encuentra interrumpida por ninguna estructura. **Derecha: Semana 22. Corte coronal transcantado.** En este corte, en cambio, la CIH aparece claramente interrumpida por el surco calloso, el cuerpo calloso y el CSP. Se identifica la matriz germinal como una línea hiperecogénica periventricular. Nota: CIH: cisura interhemisférica; C. Silvio: cisura lateral o de Silvio; E. subaracnoideo: espacio subaracnoideo; MG: matriz germinal; N. caudados: cabezas de los núcleos caudados; S. Calloso: surco calloso. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

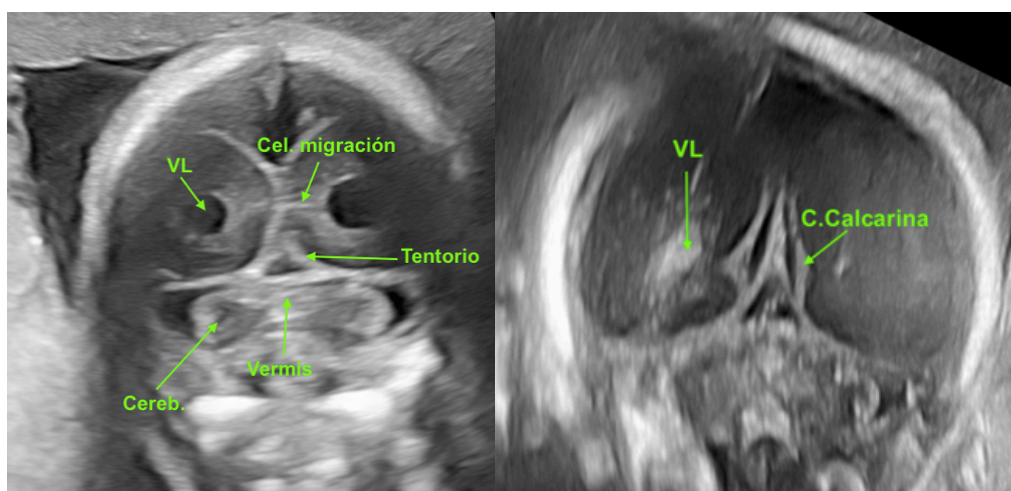


Figura 23. Izquierda: Semana 22. Corte coronal transcerebelar. Al inicio de este periodo, se pueden observar células en migración hacia la superficie de la corteza en el lugar donde posteriormente aparecerá la cisura calcarina (tal y como se observa en las figuras posteriores). **Derecha: Semana 23. Corte coronal transcerebelar.** Se insinúa la iniciación de la cisura calcarina a la altura de los ventrículos laterales. Nota: C. Calcarina: cisura calcarina; Cel. migración: células en migración; Cereb: cerebelo; VL: ventrículo lateral. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

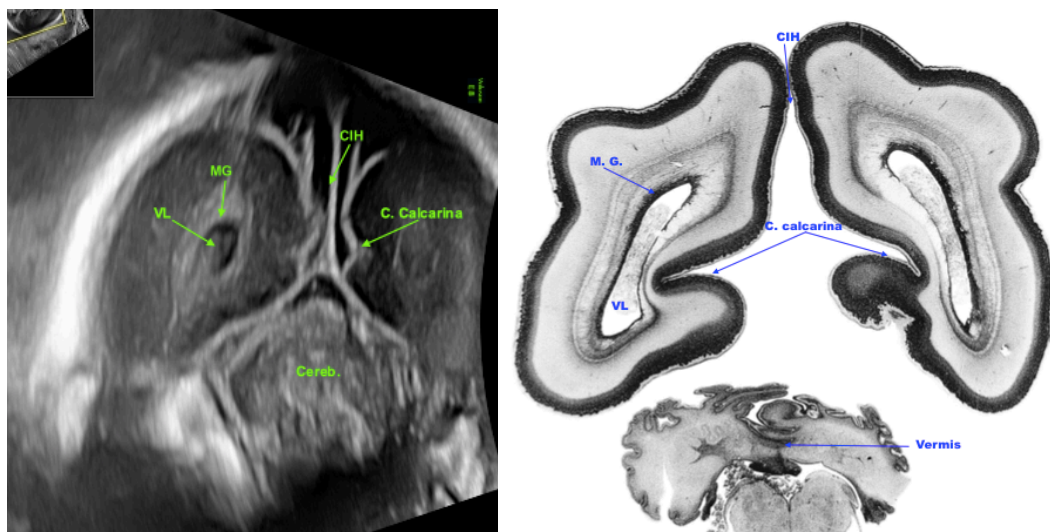


Figura 24. Izquierda: Semana 24+6. Corte coronal transcerebelar. Se puede observar una mayor profundidad de la cisura calcarina. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio. **Derecha: Semana 24. Corte coronal transcerebelar.** Corte anatómico comparativo. Fuente: Bayer y Altman. Nota: C. Calcarina: cisura calcarina; Cereb.: Cerebelo.; CIH: cisura interhemisférica; MG: matriz germinal; VL: ventrículo lateral.

3.6.2.3 Puntos esenciales observados

En esta etapa, el complejo anterior ya está bien formado y, además de las estructuras identificadas en las semanas de gestación previas, es importante identificar:

- ✓ En la línea media, el cavum vergae al final del cuerpo calloso.
- ✓ En la corteza cerebral:
 - Ambas cisuras laterales más marcadas.
 - Es posible visualizar la ínsula.
 - Inicio de desarrollo de la cisura parietooccipital y cisura calcarina (aparición de cisuras primarias precoces).
- ✓ Parénquima:
 - Homogéneo y libre de focos hiper o hipocogénico.
 - Línea hiperecogénica periventricular: matriz germinal.
 - Células en migración.
 - Núcleos de la base visibles. Tálamos visibles.
 - Espacios subaracnoideos visibles grandes. Cisternas supracerebelares y cisterna ambiens.
- ✓ Fosa posterior:

- Vermis, IV ventrículo con forma triangular (aspecto definitivo) y cisterna magna en corte sagital.
- Lámina cuadrigémina más ecogénica.

3.6.3. Semanas 25-28+6: Fin de la configuración de las cisuras primarias e inicio de la maduración de la corteza cerebral (mielinización y sinaptización)

3.6.3.1. Resumen

En esta etapa es posible una mejor visualización de todas las cisuras previamente mencionadas. Ya es posible identificar de forma evidente la cisura calcarina. El mejor corte para su visualización es el plano coronal transcerebelar (**Figura 30**). Para más índole, a partir de la semana 26 de gestación, el surco calloso es fácilmente identificable y es posible también identificar el surco cingulado en un plano sagital (**Figura 25**). El mayor tamaño del cerebro permite identificar con mayor detalle la anatomía, siendo posible visualizar el acueducto de Silvio (**Figura 25**) e incluso el foramen de Monro (**Figura 33**).

A lo largo de las semanas 27-28 se comienzan a apreciar algunos surcos de la convexidad, entre ello destacar el surco temporal superior, observable en el plano axial (**Figura 27 y 28**). Resulta de gran importancia prestar atención a la forma que adquiere la cisura de Silvio durante este período, la cual es cada vez más profunda y posee una operculización superior al 50% (**Figura 27 y 28**).

En cuanto a la fosa posterior, en ciertos cortes, la fisura primaria del vermis ya es identificable (**Figura 25**) y en el corte sagital el IV ventrículo adquiere ya su aspecto definitivo con una forma triangular (**Figura 25**). En este mismo corte, utilizando la ecografía Doppler es posible apreciar la vascularización pericallosa ya existente. (**Figura 26**). El plano parasagital no sufre cambios respecto a semanas previas (**Figura 26**).

Por último, respecto al parénquima cerebral, se distinguen los lóbulos temporales en cortes coronales (**Figura 30**).

3.6.3.2. Imágenes

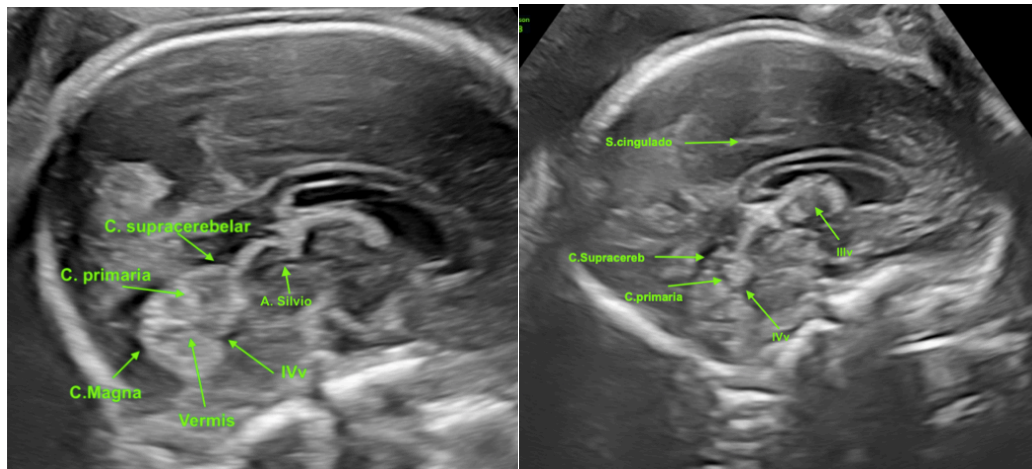


Figura 25. Izquierda: Semana 26. Corte sagital. En la fosa posterior, se identifica la fisura primaria del vermis cerebeloso. Además, en este corte es perfectamente identificable el acueducto de Silvio. **Derecha: Semana 28+2. Corte sagital.** Es posible visualizar el surco cingulado sobre el cuerpo y surco calloso. En la fosa posterior, se identifica la fisura primaria del vermis cerebeloso. Nota: A. Silvio: acueducto de Silvio; C. Magna: cisterna magna C. supracerebelar: cisternas supracerebelares; F. primaria: fisura primaria del vermis cerebeloso; S. cingulado: surco cingulado; IIIv: tercer ventrículo; IVv: cuarto ventrículo. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

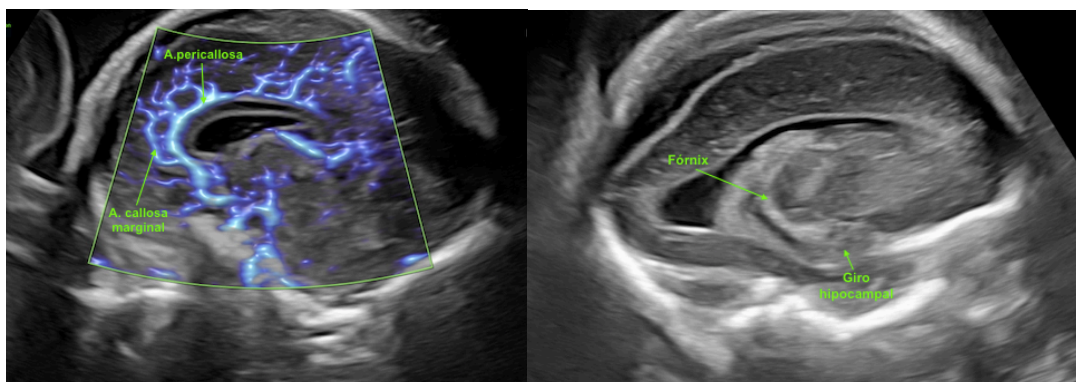


Figura 26. Izquierda: Semana 25+4. Corte sagital. Se observa con precisión la circulación pericallosa rodeando al cuerpo calloso. **Derecha: Figura 42. Semana 26. Corte parasagital.** Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

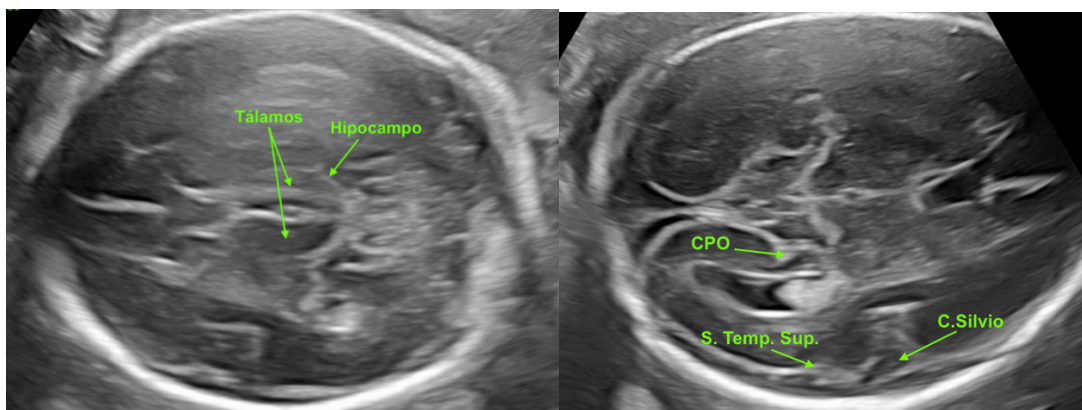


Figura 27. Izquierda: Semana 25+4. Corte axial transtalámico. Derecha: Semana 26+3. Corte axial transventricular. Se comienza a identificar el surco temporal superior, el cual será visible a partir de las semanas 27-28 de gestación. Nota: CPO: cisura parietooccipital; C. Silvio: cisura lateral o de Silvio; S. Temp. Sup: surco temporal superior. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

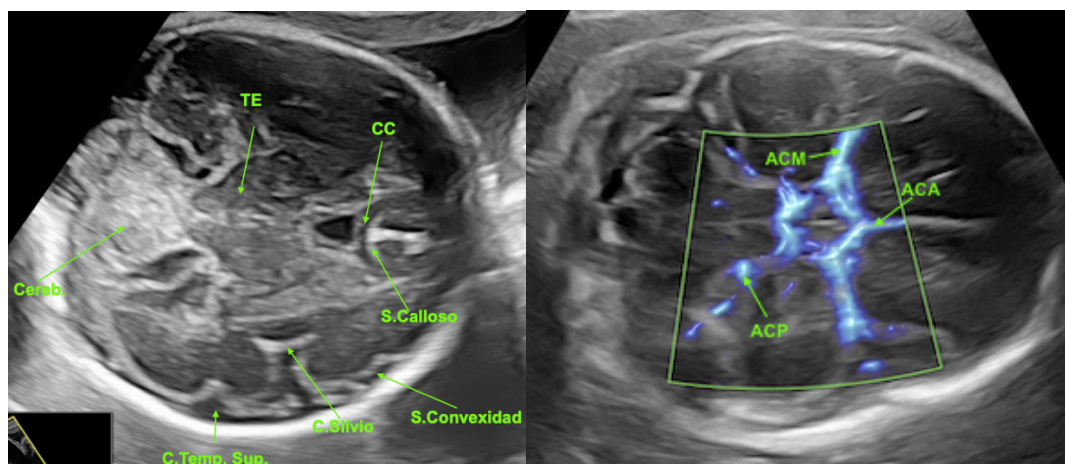


Figura 28. Izquierda: Semana 28. Corte axial transcerebelar. A partir de las semanas 27-28 la cisura temporal superior es fácilmente identificable, lateral a la cisura de Silvio. **Derecha: Semana 26+3. Corte axial.** Se observa la circulación cerebral en el plano axial, formando el denominado Polígono de Willis. Nota: ACA: arteria cerebral anterior; ACM: arteria cerebral media; ACP: arteria cerebral posterior; C. Silvio: cisura lateral o de Silvio; CC: cuerpo caloso; Cereb.: cerebelo; S. Callosos: surco caloso; S. Convexidad: surcos de la convexidad; S. Temp. Sup: surco temporal superior; TE: tronco del encéfalo. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

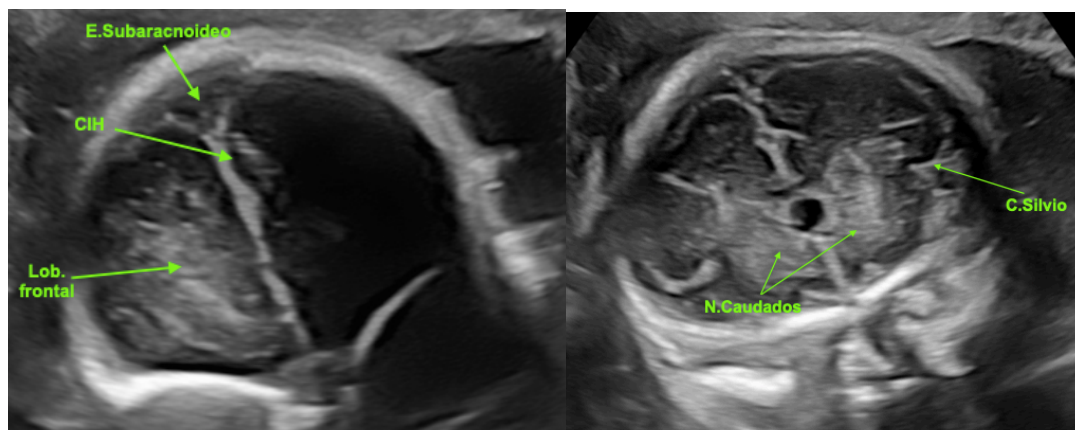


Figura 29. Izquierda: Semana 28+2. Corte coronal transfrontal. Derecha: Semana 28+2. Corte coronal transcuneal. Se identifica la cabeza del núcleo caudado más claramente, y la cisura de Silvio se observa más profunda y estrecha. Nota: C. Silvio: cisura lateral o de Silvio; CIH: cisura interhemisférica; E. subaracnoideo: espacio subaracnoideo; Lob. Frontal: lóbulo frontal N. caudados: núcleos caudados. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

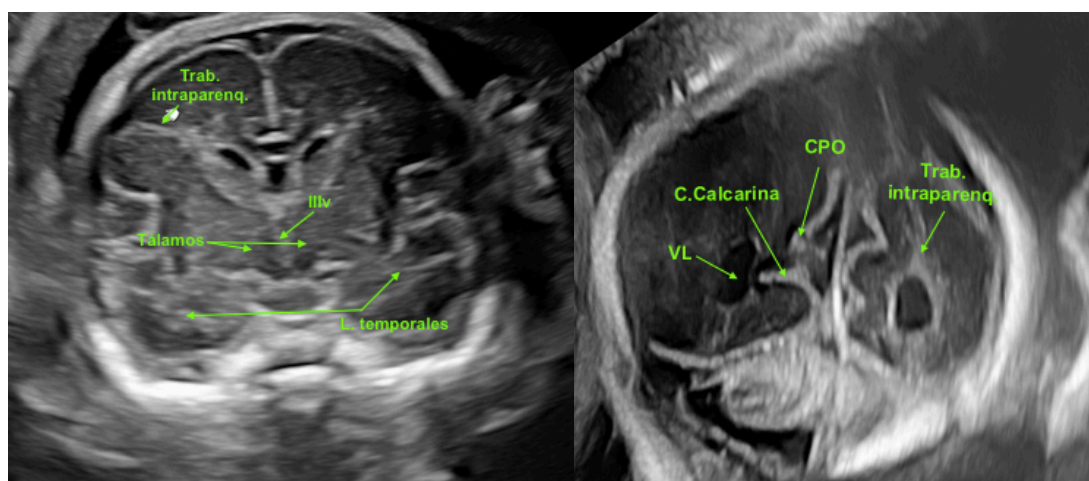


Figura 30. Izquierda: Semana 25+4. Corte coronal transtalámico. Derecha: Semana 28. Corte coronal transcerebelar. En este corte no se observan cambios de interés respecto a semanas previas, a excepción de la posibilidad de observar trabéculas intraparenquimatosas y comenzar a distinguirse ambos lóbulos temporales. Se trata de un corte coronal transcerebelar ligeramente oblicuo, lo que permite identificar ambas cisuras: la cisura parietooccipital y la calcarina. Nota: C. calcarina: cisura calcarina; CPO: cisura parietooccipital; Trab. Intraparenq.: trabéculas intraparenquimatosas; L. temporales: lóbulos temporales; IIIv: tercer ventrículo; VL: ventrículo lateral. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

3.6.3.3. Puntos esenciales observados

Durante esta tercera etapa, para asegurarnos un correcto desarrollo cerebral, se debe comprobar:

- ✓ La cisura de Silvio se vuelve cada vez más profunda, comenzando el proceso de operculización.
- ✓ La CPO y CC ya son siempre visibles.
- ✓ Se observa el surco cingulado en algunos planos.
- ✓ Desarrollo del surco temporal superior (sobre todo a partir de la semana 28).
- ✓ Los surcos de la convexidad visibles desde semanas 27-28.
- ✓ En el parénquima:
 - Lóbulos temporales en cortes coronales.
 - Trabéculas intraparenquimatosas más visibles.
- ✓ En la fosa posterior, la fisura primaria del vermis ya puede ser identificada.

3.6.4. Semanas 29-32+6: Hacia el III trimestre. Inicio de la giración definitiva

3.6.4.1. Resumen

Hacia el final del segundo trimestre el cerebro fetal comienza a alcanzar su aspecto definitivo. En la línea media se observarán las mismas estructuras visibles hasta ahora pero ya de una forma más nítida. Es el periodo óptimo para un estudio inicial de la giración y maduración cortical definitiva.

La cisura parietoccipital y la calcarina se observan como líneas finas hiperecogénicas en el corte axial transventricular (**Figura 35**) y coronal transcerebelar (**Figura 38**) respectivamente. En un corte sagital es posible observar ambas cisuras formando una imagen característica en “Y” (**Figura 31**). En este mismo plano el surco cingulado ya es visible completamente (**Figura 31**). También serán identificables el surco temporal superior y otros surcos de la convexidad (**Figura 35**).

En el parénquima cerebral, los lóbulos temporales, que ya habían comenzado a verse previamente, van a cubrir la ínsula completamente debido a su progresivo aumento (fenómeno de operculización), conformando una imagen característica de la cisura lateral o de Silvio, la cual se hace todavía más profunda y adquiere su aspecto definitivo, con una imagen típica que recuerda a una pagoda china (**Figura 37**). Asimismo, en planos coronales la cisura calcarina va adquiriendo también su morfología definitiva siendo cada vez más estrecha y profunda (**Figura 38**).

Tal y como se observa en la **Figura 34**, a diferencia de lo contemplado inicialmente, la superficie cerebral ya no es lisa observándose totalmente lobulada.

En la fosa posterior se identifica la fisura secundaria del cerebelo y cisternas supracerebelares como la cisterna vermiana superior (**Figura 32**). Además, será posible observar las folias y las amígdalas cerebelosas de forma precisa (**Figura 36**).

3.6.4.2. Imágenes.

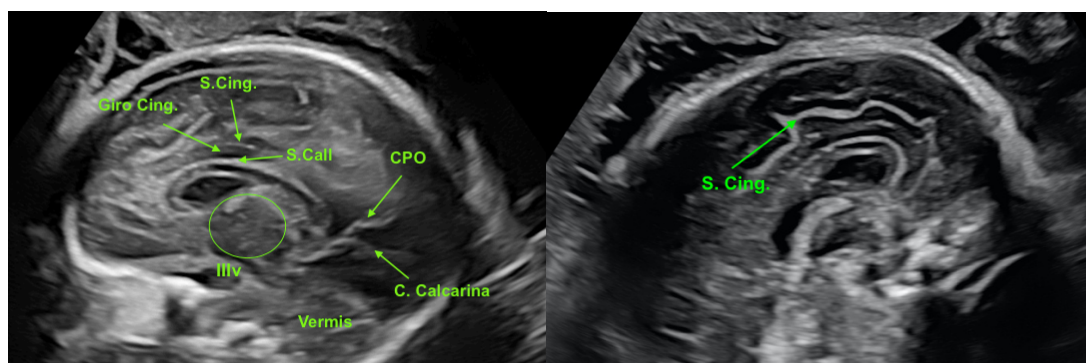


Figura 31. Izquierda: Semana 30+1. Corte sagital. La CPO y la cisura calcarina forman una imagen característica en “Y”. **Derecha: Semana 31. Corte sagital.** Se identifica el surco cingulado totalmente desarrollado. Nota: C. Calcarina: cisura calcarina; CPO: cisura parietooccipital; Giro cing.: giro cingulado; S. cing.: surco cingulado; S. Call.: surco calloso. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

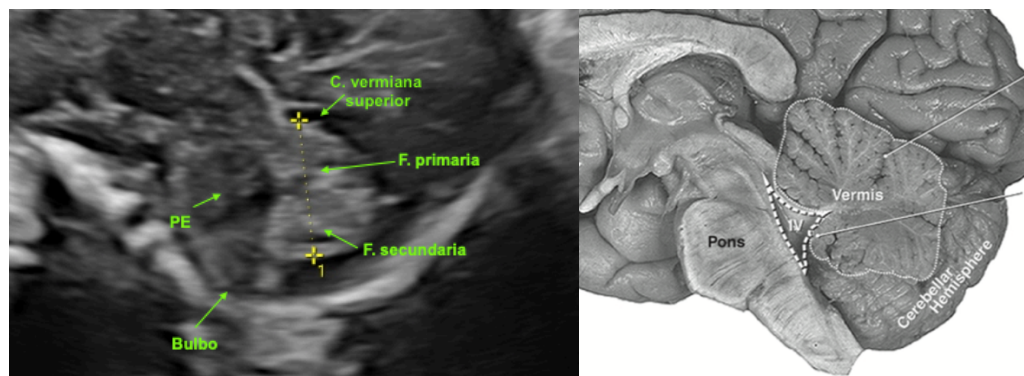


Figura 32. Izquierda: Semana 30+1. Corte sagital. Visualización del vermis cerebeloso en corte sagital donde es posible observar tanto la fisura primaria como la secundaria de este. Además, ya es posible identificar las diferentes zonas del tronco del encéfalo con mayor detalle. Nota: C. vermiana superior: cisterna vermiana superior; F. primaria: fisura primaria del vermis; F. secundaria: fisura secundaria del vermis; ME: mesencéfalo; PE: puente del encéfalo. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio. **Derecha: Corte sagital en cerebro adulto.** Corte anatómico comparativo. Comparando la lámina anatómica con la imagen ecográfica, se puede observar la gran utilidad de la ecografía para el estudio del desarrollo cerebral, ya que muestra las estructuras con gran detalle. Fuente: Mendoza & Foundas, 2007.

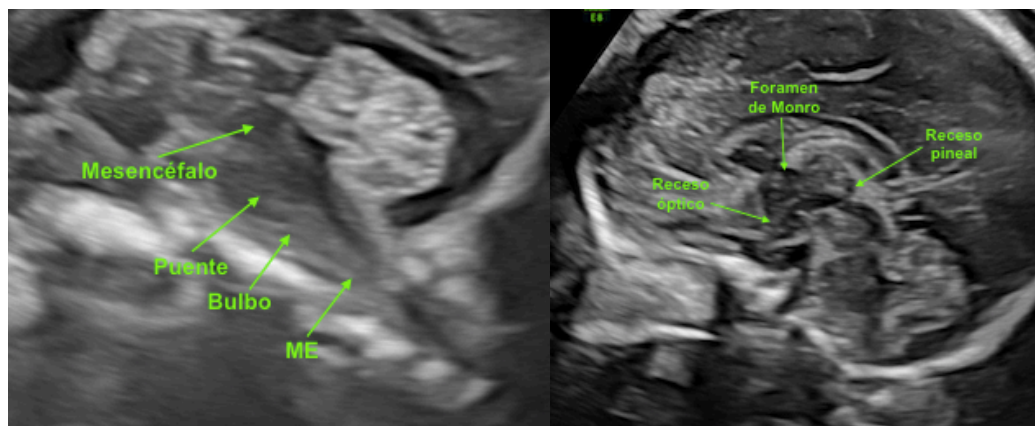


Figura 33. Izquierda: Semana 29+6. Corte sagital. Se observan con detalle las diferentes partes del tronco del encéfalo (mesencéfalo, puente y bulbo) y la médula espinal. El puente se observa más hipocogénico. **Derecha: Semana 30+1. Corte sagital.** Es posible identificar el foramen de Monro así como los recesos óptico y pineal del III ventrículo. Nota: ME: médula espinal. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

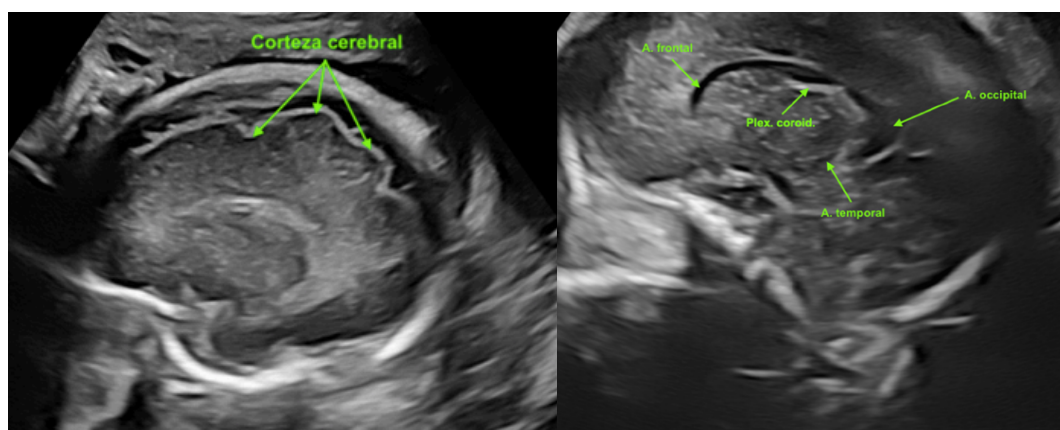


Figura 34. Izquierda: Semana 30+1. Corte parasagital. Nótese la gran cantidad de surcos y cisuras observables en la corteza cerebral, la cual ya no es lisa como en las primeras etapas de desarrollo. En este último periodo ya es posible observar un mayor número de surcos de la convexidad. **Derecha: Semana 30+1. Corte parasagital.** En las últimas etapas del desarrollo cerebral se observa una disminución del tamaño de los ventrículos laterales, así como de sus plexos coroideos en comparación con lo observado en las semanas 18-20 de gestación. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

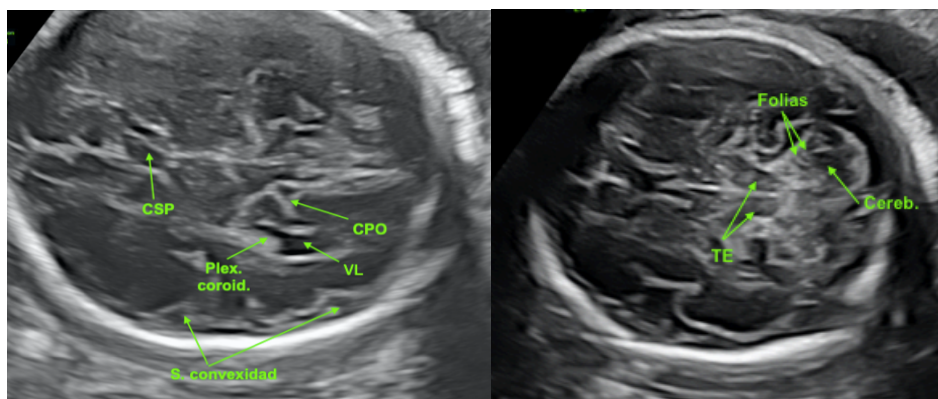


Figura 35: Izquierda: Semana 30+2. Corte axial transventricular. La cisura parietooccipital, a medida que avanza el desarrollo cerebral, va alargándose y estrechándose. Por el contrario, el plexo coroideo del ventrículo lateral va disminuyendo de tamaño. **Derecha: Figura 59. Semana 30+2. Corte axial transcerebelar.** En el cerebelo, comienzan a ser visibles por ecografía las folias cerebelosas. Nota: CSP: cisura parietooccipital; CSP: cavum del septum pellucidum; Cereb.: cerebelo; Plex. coroid.: plexo coroideo del ventrículo lateral; S. convexidad: surcos de la convexidad; TE: troncoencéfalo; VL: ventrículo lateral. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

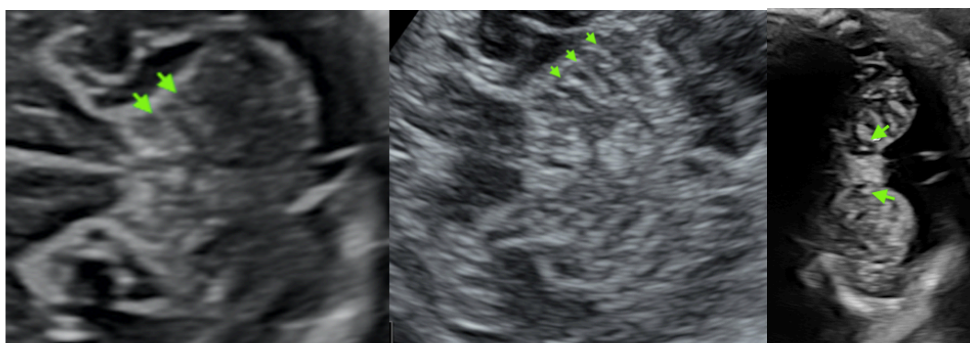


Figura 36. Derecha y centro: Semana 30+2 y 31+4 respectivamente. Corte axial transcerebelar. Imágenes ampliadas del cerebelo donde se observan fácilmente las folias cerebelosas. **Izquierda: Semana 32+6. Corte axial transcerebelar.** Se observan las amígdalas cerebelosas como óvulos redondeados bajo la superficie de cada hemisferio cerebeloso.

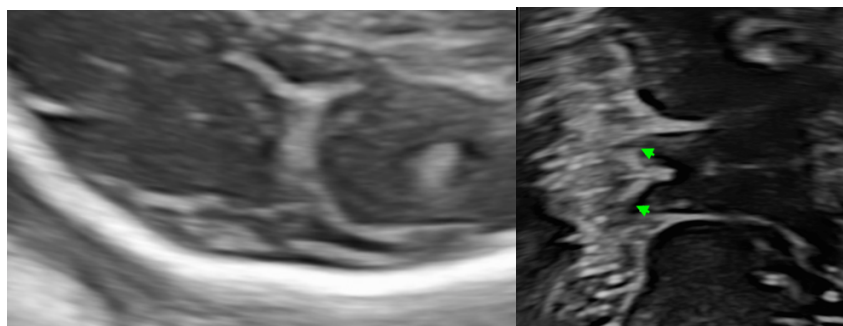


Figura 37. Semana 31+1. Izquierda: Corte axial transcerebelar. Se observa la cisura de Silvio con su aspecto definitivo que recuerda a una pagoda china. **Derecha: Semana 30+1. Corte axial.** Identificables los quiasmas ópticos mediante las flechas.

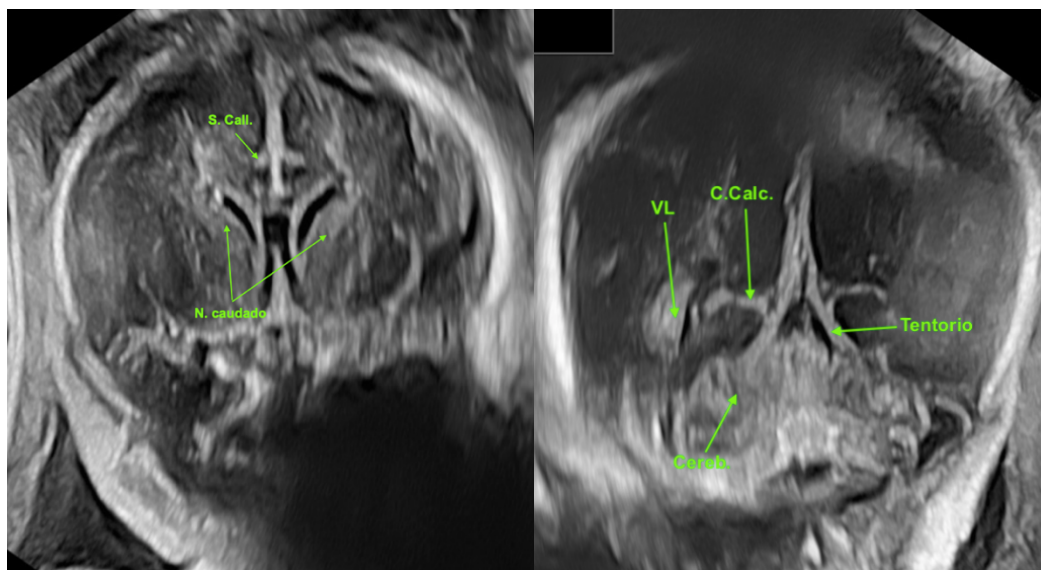


Figura 38. Izquierda: Semanas 29+4. Corte coronal transcaudado. Los núcleos caudados se hacen cada vez más visibles ya que aumentan su ecogenicidad. **Derecha: Semana 29+6. Corte coronal transcerebelar.** La cisura calcarina es cada vez más larga y profunda. Fuente: Biblioteca de imágenes del estudio.

3.6.4.3. Puntos esenciales observados

En esta última etapa, el cerebro fetal adquiere su aspecto más cercano al definitivo, dándose por finalizado el proceso de giración y sulcación cerebral. Sin embargo, durante este último periodo de desarrollo, en contraposición a etapas anteriores, se observará:

- En la línea media el III ventrículo es visible también en el plano sagital, identificándose su receso supraóptico y pineal (**Figura 33**).
- En cuanto a la giración y sulcación:
 - El surco cingulado y el temporal superior se observan completamente.
 - Se identifican un mayor número de surcos de la convexidad.
- En la fosa posterior:
 - Puente más hipoecoico.
 - Ambas fisuras del vermis identificables.

4. DISCUSIÓN

4.1. RELACIÓN DE LA EDAD GESTACIONAL CON LAS MEDIDAS BIOMÉTRICAS

En el actual estudio se han obtenido medidas del cráneo y cerebro fetal mediante ecografía 2D con el objetivo de evaluar la relación de dichas medidas con la edad gestacional. Tal y como ha sido mencionado previamente, las medidas tomadas han sido las siguientes: DBP (diámetro biparietal), HC (circunferencia craneal), DCereb (diámetro cerebelar transverso), CCalloso (longitud del cuerpo calloso) y Vermis (longitud craneocaudal del vermis cerebeloso). A continuación, discutiremos brevemente los hallazgos obtenidos para cada uno de los parámetros biométricos.

En primer lugar, se ha podido comprobar que tanto el DBP como la HC guardan una correlación lineal con la edad gestacional, es decir, a medida que avanzan las semanas de embarazo, los valores de ambos parámetros también aumentan. Este hallazgo ha sido previamente confirmado también en otros estudios (Hernández-Rojas y García de Yégüez, 2016; Xia et al., 2021; Anzaku et al., 2019).

El siguiente parámetro biométrico a discusión es la longitud del cuerpo calloso. El CC es observable en los tres cortes, siendo el sagital necesario para realizar la medición de su longitud. Se mide desde la parte más anterior de la rodilla hasta la parte más posterior del esplenio. De esta forma, en nuestro estudio la longitud del cuerpo calloso se incrementó de manera lineal en relación con la edad gestacional en todas las etapas estudiadas, si bien la fuerza de asociación no ha sido igual en todas ellas. La asociación más fuerte la hemos encontrado entre las semanas 18 y 20 ($R: 0,916; p < 0,01$), siendo posteriormente, hasta la semana 28 moderada-fuerte, mostrándose débil en el último período de estudio, entre las semanas 29 y 32 ($R: 0,137; 0 < 0,01$), tal y como hemos comentado anteriormente. Estos resultados son similares a los obtenidos en otros estudios con mayor número de muestra, donde se muestran coeficientes de correlación estadísticamente significativos ($p < 0,01$) y una asociación fuerte o muy fuerte entre la longitud del cuerpo calloso y la edad gestacional con $R = 0,779$ (Achiron & Achiron, 2001), $R = 0.932$ (Zhang et al., 2009) y $R = 0.643$ (Gao et al., 2018), exceptuando la asociación débil obtenida en las últimas semanas. Es probable que la muestra escasa,

la biovariabilidad del cuerpo calloso o una técnica de medición no perfecta hayan causado este resultado, ya que, tal y como se objetiva en la literatura previa, la asociación debe mantenerse también fuerte durante estas semanas.

En cuanto al diámetro cerebelar transverso, un estudio realizado en el año 2000 donde se analizaron 360 embarazos únicos normales mostró una relación lineal estadísticamente significativa entre el DCereb y la edad gestacional ($R^2: 0.96; p < 0.0001$). En dicho estudio, la mediana de DCereb aumentó exponencialmente de 17,50 mm a las 17 semanas a 45,20 mm a las 34 semanas de gestación (Vinkesteijn et al., 2000). Por otro lado, en otro estudio realizado en el 2020, donde se incluyeron 300 embarazos normales de feto único entre las 14 y las 40 semanas de gestación, se encontró relación estadísticamente significativa entre DCereb y la edad gestacional ($R^2=0.92, p < 0.0006$). Además, llegaron a la conclusión de que las fórmulas de regresión basadas en el diámetro cerebelar con otros parámetros pueden usarse para predecir la edad gestacional del feto. Sin embargo, destacaron que cuando el DCereb se comparaba con los resultados de otros estudios en diferentes poblaciones étnicas, existían diferencias significativas (Mishra et al, 2020). En nuestro estudio, las correlaciones han sido cuantificadas por periodos (un total de 4 periodos), sin embargo, en todas las etapas se ha observado una asociación estadísticamente significativa entre el DCereb y la edad gestacional, hallazgos similares a los estudios previos ($R: 0,894; 0,912; 0,753; 0,849$ con $p < 0,01$).

Continuando con la fosa posterior, el vermis cerebeloso puede también ser perfectamente estudiado mediante ecografía. En nuestro estudio hemos observado que la longitud craneocaudal del vermis muestra también una asociación significativa con la edad gestacional, hallazgos ya comprobados previamente por otros autores, entre ellos, en un estudio realizado con ecografía 3D en el que se obtuvo una asociación muy fuerte ($R = 0,91$) (Viñals et al., 2007). La revisión gestacional rigurosa del segundo trimestre del correcto patrón de crecimiento del vermis cerebeloso tiene importancia para poder descartar la presencia de hipoplasia o agenesia cerebelosa de forma precoz.

4.2. VISUALIZACIÓN DE SURCOS Y CISURAS CEREBRALES

La giración es un fenómeno que ocurre relativamente tarde en el desarrollo fetal y puede observarse por imagen desde el tercer mes de vida intrauterina. Los surcos

primarios aparecen como indentaciones poco profundas en la superficie del cerebro que progresivamente se hacen más profundas y desarrollan ramas secundarias y terciarias.

El conocimiento de las diferentes etapas del desarrollo cerebral del feto resulta de gran importancia ya que permite a los profesionales sanitarios detectar prenatalmente patologías cerebrales. A través de este estudio ecográfico se ha podido establecer una cronología de aparición de las diferentes estructuras cerebrales durante el segundo trimestre de gestación. A continuación, se procede a comparar los resultados obtenidos con la literatura ya existente sobre el tema.

En primer lugar, en un estudio realizado en el que se incluyeron un total de 70 fetos entre las 10 y 37 semanas de gestación, se identificaron la cisura interhemisférica en la semana 10, el surco calloso en la 19, tanto la cisura parietooccipital como la calcarina en la semana 23 y el surco y giro cingulado finalmente a partir de las semanas 22-24 de gestación (Bernard et al., 1988). Sin embargo, otros autores con un estudio mucho más amplio con 262 fetos entre 14 y 40 semanas identificaron más tempranamente las estructuras previamente mencionadas. El surco calloso fue visible ya en la 14 y el surco parietooccipital y calcarino en la 18; sin embargo, el surco y giro cingulado no fueron identificados hasta la semana 26. También se estudió la aparición de la cisura lateral o de Silvio siendo identificada en la semana 18 de gestación (Monteagudo & Timor-Tritsch, 1997).

Posteriormente ya entrados en el siglo XXI se realizaron tres nuevos estudios. En 2004, Toi et al. estudiaron 50 fetos entre las semanas 15 y 30 de gestación. En dicho estudio, se describió la edad más joven a la que un surco fue visible por primera vez en cualquier feto, así como la edad a partir de la cual el surco fue visible en todos los fetos. La cisura parietooccipital y calcarina fueron visibles por primera vez a las 18,5 semanas y siempre después de las 20,5 (20+3) semanas y 21,9 (21+6) semanas respectivamente. El surco cingulado se percibió más tardíamente, a las 23,2 (23+1) semanas en algunos fetos y siempre a partir de las 24,3 (24+2) semanas de gestación. Los surcos de convexidad se vieron con más dificultad, pudiéndose ver por primera vez en algunos fetos a las 23,2 (23+1) semanas en las regiones parietal y temporal,

pero solo se observaron en el 100% de los casos en fetos mayores de 27,9 (27+6) semanas.

En otro estudio de 22 fetos entre las 18 y 20 semanas, donde se realizaron estudios ecográficos cada 2 semanas, se confirmó la morfología lisa del cerebro fetal hasta las semanas 18-20 y fueron enumeradas posteriormente las cisuras según su orden de aparición: la cisura lateral fue vista en la semana 18; el surco calloso se observó en casi todos los pacientes (95%) a las 18 semanas y en todos los pacientes a las 20 semanas; la cisura parietooccipital en la semana 20, la calcarina en la semana 22, el surco cingulado en la semana 24. Finalmente, el surco temporal superior fue visible en la semana 30 (Cohen-Sacher et al., 2006).

Por último, en el estudio más reciente entre los analizado, donde se estudian 746 fetos entre las semanas 18 y 41, la cisura de Silvio se pudo identificar en la semana 18 de gestación por primera vez, siendo visible en el 100% a las 22 semanas. Las primeras imágenes de la cisura parietooccipital se obtuvieron a las 19 semanas, siendo finalmente visibles en el 100% de los fetos a las 23 semanas. La cisura calcarina se observó por primera vez a las 20 semanas, y fue visible a las 24 semanas en todos los fetos (Chen et al., 2017).

En el presente estudio, se ha comprobado que la cronología de aparición de las diferentes cisuras cerebrales durante el segundo trimestre muestra unos resultados muy similares a los de estudios anteriores. En la semana 18 de gestación, semana en la que comienza nuestro estudio, ya eran visibles todas las estructuras de la línea media: cuerpo calloso, CSP, cavum vergae y ventrículos laterales. Posteriormente, la cisura de Silvio y el surco calloso se observaron por primera vez en la semana 19 y la parietooccipital y la calcarina en la 23. En cuanto a los surcos de la convexidad, el surco temporal superior se ha podido intuir ya en ciertos fetos en la semana 23 pero no se ha observado adecuadamente hasta la 28, donde también han comenzado a ser visibles el resto de surcos de la convexidad. Por otro lado, el surco cingulado ha sido visible a partir de la semana 28 en el 100% y sólo en algunos fetos a partir de la 24.

4.3. VISUALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LOS DIFERENTES CORTES

A partir de las imágenes ecográficas obtenidas ha sido posible enumerar qué planos son los que mejor visualización permiten de cada una de las estructuras analizadas.

En primer lugar, la CIH es la estructura más fácilmente identificable y visible en todos los cortes axiales y sagitales ya desde la semana 18. La cisura lateral o de Silvio es visible en los mismos planos que la CIH. Cabe destacar la operculización gradual que experimenta dicha cisura durante las semanas 19 y 32 de gestación, la cual incrementa gradualmente su profundidad y varía su morfología.

Por otro lado, el mejor plano para visualizar la cisura parietooccipital es el axial (corte transventricular), donde es fácilmente reconocible a la altura donde finalizan los plexos coroideos de las astas posteriores de los ventrículos laterales. La cisura calcarina, en cambio, se identifica más fácilmente en el plano coronal (corte transcerebelar), como una prolongación de la CIH a la altura de ambos ventrículos. En un corte coronal transcerebelar ligeramente oblicuo, es posible identificar la cisura parietooccipital sobre la calcarina. Ambas cisuras, son también visibles en un plano sagital, donde adquieren una forma en “Y” característica (**Figura 26**).

El cuerpo calloso es fácilmente identificable tanto en plano sagital como en plano axial y coronal sobre el CSP el cual se observa como una estructura hipoeocogénica. El surco calloso se observa también en los tres planos; en el caso del plano axial y coronal se observa como una pequeña prolongación de la CIH sobre el cuerpo calloso. En nuestro actual estudio, el surco cingulado fue más fácilmente identificable en un plano sagital sobre el surco calloso a partir de la semana 24.

En cuanto a los surcos de la convexidad, el surco temporal superior discurre paralelamente a la cisura lateral y ha sido posible observarse en el corte axial al lado de la cisura lateral; y en el coronal, por debajo de ésta. Otros surcos de la convexidad se han identificado en cortes parasagitales, axiales y coronales.

Por último, el giro hipocampal se ha podido observar adecuadamente a partir de la semana 20 de gestación en cortes parasagitales y a partir de la semana 23 en cortes axiales transventriculares.

4.4. LIMITACIONES

La principal limitación de nuestro trabajo viene determinada por el tamaño muestral del estudio, ya que se ha contado con una muestra pequeña (160 pacientes), por lo que los resultados obtenidos en relación con las biometrías cerebrales no resultan representativos de toda la población. Sin embargo, para la realización del atlas ecográfico, el número de sujetos del estudio ha sido suficiente.

Además, las pacientes incluidas en el estudio eran de raza caucásica, por lo que los resultados y conclusiones obtenidos no pueden ser fácilmente extrapolados al resto de las razas.

Finalmente, el estudio fue transversal y probablemente una evaluación longitudinal habría sido más precisa para evaluar el crecimiento fetal.

4.5. IMPLICACIONES FUTURAS

Este estudio demuestra que la ecografía prenatal es útil para la identificación de diversos surcos y cisuras, siendo este un método fiable para evaluar el desarrollo cerebral del feto durante la gestación, especialmente durante el segundo trimestre. El adecuado conocimiento de la cronología del desarrollo cerebral normal permite a los profesionales identificar precozmente fetos en riesgo de trastornos del desarrollo neurológico fetal y ayuda de manera precisa a considerar la giración como un método seguro y fiable de datar la gestación y por ello, ser un buen marcador de una maduración cerebral adecuada.

Sin embargo, son necesarios más estudios con un mayor tamaño muestral con el fin de establecer de forma más precisa las semanas gestacionales en las que aparecen los diferentes surcos y cisuras. Además, resultaría interesante obtener tablas de referencia separadas para cada población, ya que el origen étnico, la nutrición y otros factores ambientales pueden tener impacto en los valores normales.

5. CONCLUSIONES

1. Las biometrías cerebrales tomadas para la realización de este estudio tienen asociación con la edad gestacional, aumentando el valor de éstas a medida que las semanas de gestación avanzan.
2. Se propone como indicadores de un correcto desarrollo cronológico del cerebro fetal, la siguiente secuencia de aparición de estructuras:
 - a. En la semana 18 es posible identificar la CIH, el cuerpo caloso (CC) en su totalidad, el cavum del septum pellucidum (CSP), los tálamos, el III ventrículo con su plexo coroideo, la lámina cuadrigémina y los tubérculos mamilares junto a ella, los tres cuernos de los ventrículos laterales (frontal, temporal y occipital) y las astas del fórnix. Asimismo, en la fosa posterior, es posible identificar el vermis, el IV ventrículo y la cisterna Magna.
 - b. En las semanas 19-20 ya es posible la identificación de la cisura lateral o de Silvio, si bien aún su operculización es muy discreta.
 - c. En las semanas 21-22 ya es posible identificar la cisura parietooccipital y la cisura calcarina, esta última especialmente a partir de la semana 24.
 - d. A partir de la semana 25, es posible observar el surco caloso, así como el surco cingulado en ciertos fetos.
 - e. En la fosa posterior la cisura primaria del vermis será identificable ya en la semana 26.
 - f. Los surcos de la convexidad serán visibles con mayor precisión desde las 27-28 semanas, siendo el surco temporal superior visible sobre todo a partir de la semana 28.
 - g. En la semana 30, la gran mayoría de los surcos o cisuras principales se han desarrollado casi en la totalidad de los fetos.
3. La cisura lateral o de Silvio sufre un desarrollo morfológico fácilmente describible a lo largo del desarrollo cerebral del segundo trimestre:
 - a. En las semanas 19-20 de gestación la cisura lateral o de Silvio se observa como una hendidura o mella poco profunda.

- b. En las semanas 21-22 de gestación posee unos márgenes angulares obtusos.
 - c. A partir de la semana 24, los ángulos de la cisura se vuelven más agudos.
 - d. En las 27-28 semanas, la cisura es cada vez más profunda y posee una operculización superior al 50%.
 - e. En la semana 29 la cisura de Silvio se hace todavía más profunda y adquiere su aspecto definitivo.
4. La ecografía 3D resulta de gran utilidad en aquellos casos en los que la medición del cuerpo calloso y del vermis cerebeloso no es posible a través de la imagen 2D. Se ha propuesto un método sencillo de obtención de imágenes para la rutina en el protocolo de una unidad de ecografía como la del Hospital Universitario Basurto.

6. BIBLIOGRAFÍA

Achiron, R., Achiron, A. (2001). Development of the human fetal corpus callosum: a high resolution, cross-sectional sonographic study. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 18, 343-347. <https://doi.org/10.1046/j.0960-7692.2001.00512>.

Anzaku, A., James, B., Onyeji, J., Adikpe, E., y Samuelson, C. (2019). Reference charts of fetal biometric parameters in a group of healthy Nigerian women with singleton pregnancies. *International Journal of Clinical Obstetrics and Gynecology*, 3, 155-61. <https://doi.org/10.33545/gynae.2019.v3.i2c.28>.

Bayer, S., Altman, J. (2005). *The human brain during the second trimester* (1ra ed.) Vol. 3. CRC Press.

Bernard, C., Droulle, P., Didier, F., Gerard, H., Larroche, JC., Plenat, F., Bomsel, F., Roland, J., Hoeffel, JC. (1998). Echographic aspects of cerebral sulci in the ante- and perinatal period [in French]. *J Radiol*, 69, 521-532.

Campbell, S. (1968). An improved method of fetal cephalometry by ultrasound. *J Obstet Gynaecol Br Commonw*, 75(5), 568-76.

Chaoui, R., Benoit, B., Heling, KS., Kagan, KO., Pietzsch, V., Sarut Lopez, A., Tekesin, I., Karl, K. (2011). Prospective detection of open spina bifida at 11-13 weeks by assessing intracranial translucency and posterior brain. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 38, 722-726. <https://doi.org/10.1002/uog.10111>

Chaoui, R., Nicolaidis, KH. (2010). From nuchal translucency to intracranial translucency: towards the early detection of spina bifida. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 35, 133-138. <https://doi.org/10.1002/uog.7552>

Chen, X., Li, S. L., Luo, G. Y., Norwitz, E. R., Ouyang, S. Y., Wen, H. X., Yuan, Y., Tian, X. X., & He, J. M. (2017). Ultrasonographic Characteristics of Cortical Sulcus Development in the Human Fetus between 18 and 41 Weeks of Gestation. *Chinese medical journal*, 130(8), 920–928. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.204114>

Chi, J. G., Dooling, E. C., & Gilles, F. H. (1977). Gyral development of the human brain. *Annals of neurology*, 1(1), 86-93. <https://doi.org/10.1002/ana.410010109>

Cignini, P., Giorlandino, M., Brutti, P., Mangiafico, L., Aloisi, A., Giorlandino, C. (2016). Reference Charts for Fetal Cerebellar Vermis Height: A Prospective Cross-Sectional Study of 10605 Fetuses. *PLoS one*, 11(1), e0147529. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147528>

Cohen-Sacher B, Lerman-Sagie T, Lev D, Malinger G. (2006), Sonographic developmental milestones of the fetal cerebral cortex: a longitudinal study. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 27: 494–502. <https://doi.org/10.1002/uog.2757>

Deter, R.L., Harrist, R. B., Hadlock, F. P., Carpenter, R.J. (1982). Fetal head and abdominal circumferences: II. A critical re-evaluation of the relationship to menstrual age. *J Clin Ultrasound*, 10(8), 365-72. <https://doi.org/10.1002/jcu.1870100804>

Filly, R. A., Cardoza, J. D., Goldstein, R. B. & Barkovich, A. J. (1989). Detection of fetal central nervous system anomalies: a practical level of effort for a routine sonogram. *Radiology*, 172(2), 403–408.

Gao, Y., Yan, K., Yang, L., Cheng, G., & Zhou, W. (2018). Biometry reference range of the corpus callosum in neonates: An observational study. *Medicine*, 97(24), e11071. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000011071>

Garcia-Posada, R., Eixarch, E., Sanz, M., Puerto, B., Figueras, F., Borrell, A. (2013). Cisterna magna width at 11-13 weeks in the detection of posterior fossa anomalies. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 41, 515-520. <https://doi.org/10.1002/uog.12302>

Garel, C., Chantrel, E., Brisse, H., Elmaleh, M., Luton, D., N-Francois, J., Sebag, G., Hassan, M. (2001). Fetal Cerebral Cortex: Normal Gestational Landmarks Identified Using Prenatal MR Imaging. *American Journal of Neuroradiology*, 22 (1), 184-189.

Ghai, S., Fong, K., Toi, A., Chitayat, D., Pantazi, S. and Blaser, S. (2006). Prenatal US and MR Imaging Findings of Lissencephaly: Review of Fetal Cerebral Sulcal Development. *RadioGraphics*, 26(2), 389-405.

Ginath, S., Lerman-Sagie, T., Haratz Krajden, K., Lev, D., Cohen-Sacher, B., Bar, J. and Malinger, G. (2013). The Fetal vermis, pons and brainstem: normal longitudinal development as shown by dedicated neurosonography. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, 26(8), 757-762. <https://doi.org/10.3109/14767058.2012.755508>

Gorostiaga Ruiz-Garma, Á. (2018). Neurosonografía fetal avanzada: análisis del desarrollo del cerebro fetal mediante ecografía volumétrica tridimensional. Tesis doctoral. Departamento de Neurociencias. Facultad de Medicina y Odontología Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, España.

Govaert, P., Swarte, R., De Vos, A., Lequin, M. (2004). Sonographic appearance of the normal and abnormal insula of Reil. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 46, 610-616. <https://doi.org/10.1017/s0012162204001033>

Haimovici, J. A., Doubilet, P. M., Benson, C. B., Frates, M. C. (1997). Clinical significance of isolated enlargement of the cisterna magna (> 10 mm) on prenatal sonography. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 16 (11), 731-734. <https://doi.org/10.7863/jum.1997.16.11.731>

Hernández-Rojas, P. y García de Yéguez, M. (2016). Biometría del cráneo y sistema ventricular cerebral fetal: tablas de normalidad a través de pruebas no paramétricas. *Rev Obstet Ginecol Venez*, 76(3), 159-168.

International Society of Ultrasound in Obstetrics & Gynecology Education Committee. (2007). Sonographic examination of the fetal central nervous system:

guidelines for performing the 'basic examination' and the 'fetal neurosonogram'. *Ultrasound in obstetrics & gynecology: the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 29(1), 109.

Lachmann, R., Chaoui, R., Moratalla, J., Picciarelli, G., Nicolaides, K. H. (2011). Posterior brain in fetuses with open spina bifida at 11 to 13 weeks. *Prenat Diagn*, 31, 103-106. <https://doi.org/10.1002/pd.2632>

Lipa, M., Pooh, R. and Wielgoś, M. (2017). Three-dimensional neurosonography - a novel field in fetal medicine. *Ginekologia Polska*, 88(4), 215-221.

Medicina Fetal-Neonatal de Barcelona (2015). Protocolos/Patología fetal: Neurosonografía fetal. [online] [Medicinafetalbarcelona.org](http://medicinafetalbarcelona.org). Disponible en: <https://medicinafetalbarcelona.org/protocolos/es/patologia-fetal/neurosonografia-fetal.html>.

Mendoza, J. & Foundas, A. (2007). *Clinical Neuroanatomy: A Neurobehavioral Approach*. Springer Science & Business Media.

Mishra, S., Ghatak, S., Singh, P., Agrawal, D., Garg, P. (2020). Transverse cerebellar diameter: a reliable predictor of gestational age. *African health sciences*, 20(4), 1927-1932. <https://doi.org/10.4314/ahs.v20i4.51>

Monteagudo, A. & Timor-Tritsch, I. (1997). Development of fetal gyri, sulci and fissures: a transvaginal sonographic study. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 9(4), 222-228. <https://doi.org/10.1046/j.1469-0705.1997.09040222>

Moore, K., Persaud, T. & Torchia, M. (2013a). *Embriología Clínica* (9ª ed.). S.A. Elsevier Health Sciences España, 71-91.

Moore, K., Persaud, T. & Torchia, M. (2013b). *Embriología Clínica* (9º ed.). S.A. Elsevier Health Sciences España, pp.404-408.

Olave, E., Torrez, J. C., Riquelme, N., Ibacache, L., Binvignat, O. (2012). Características Biométricas del Cuerpo Calloso en Individuos chilenos. *International Journal of Morphology*, 30(4), 1449-1452.

Pashaj, S., Merz, E., Wellek, S. (2013). Biometry of the fetal corpus callosum by threedimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 42, 691-698.

Robinson, A. J. (2014). Inferior vermian hypoplasia—preconception, misconception. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 43(2), 123-136.

Robinson, H. P. (1973). Sonar measurement of fetal crown-rump length as means of assessing maturity in first trimester of pregnancy. *British medical journal*, 4(5883), 28–31. <https://doi.org/10.1136/bmj.4.5883.28>

Sabbagha, R. E., Turner, J. H., Rockette, H., Mazer, J., Orgill, J. (1974). Sonar BPD and fetal age. Definition of the relationship. *Obstet Gynecol*, 43(1), 7-14.

Sadler, T. W. (2005). Embriology of neural tube development. *American journal of medical genetics*. Part C, Seminars in medical genetics, 135C (1), 2-8.

Sadler, T. (2012a). *Langman. Embriologia médica* (12^a ed.). Lippincott williams and wilkins. Wolters kluwer health, 51-62.

Sadler, T. (2012b). *Langman. Embriologia médica* (12^a ed.). Lippincott williams and wilkins. Wolters kluwer health, 297-307.

Snijders, R. J., & Nicolaides, K. H. (1994). Fetal biometry at 14-40 weeks' gestation. *Ultrasound in obstetrics & gynecology: the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 4(1), 34-48. <https://doi.org/10.1046/j.1469-0705.1994.04010034>

Sociedad Española de Ginecología y Obstetricia. (2015). Guía de la sistemática de la exploración ecográfica del segundo trimestre. *Progresos de Obstetricia y Ginecología*.

Toi, A., Lister, W. S., Fong, K. W. (2004). How early are fetal cerebral sulci visible at prenatal ultrasound and what is the normal pattern of early fetal sulcal development? *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology: the Official Journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 24(7), 706-715.

Villamonte, W., Jerí, M., & de la Torre C. (2013). Biometría fetal e índice de líquido amniótico de 14 a 41 semanas a 3400 msnm y su comparación con tablas de otros niveles de altura fetal. *Acta Médica Peruana*, 30(1), 14-25.

Viñals, F., Muñoz, M., Naveas, R., & Giuliano, A. (2007). Transfrontal three-dimensional visualization of midline cerebral structures. *Ultrasound in obstetrics & gynecology: the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 30(2), 162-168. <https://doi.org/10.1002/uog.4073>

Vinkesteijn, A. S., Mulder, P. G., & Wladimiroff, J. W. (2000). Fetal transverse cerebellar diameter measurements in normal and reduced fetal growth. *Ultrasound in obstetrics & gynecology: the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 15(1), 47-51. <https://doi.org/10.1046/j.1469-0705.2000.00024>

Xia, F., Guo, Y., He, H., Chen, P., Shao, J., & Xia, W. (2021). Reference biometry of foetal brain by prenatal MRI and the distribution of measurements in foetuses with ventricular septal defect. *Annals of medicine*, 53(1), 1428-1437.

Zhang, H. C., Yang, J., Chen, Z. P., & Ma, X. Y. (2009). Sonographic study of the development of fetal corpus callosum in a Chinese population. *Journal of clinical ultrasound: JCU*, 37(2), 75-77. <https://doi.org/10.1002/jcu.20531>

Zhang, Z., Hou, Z., Lin, X., Teng, G., Meng, H., Zang, F., Fang, F. and Liu, S. (2013). Development of the Fetal Cerebral Cortex in the Second Trimester: Assessment with 7T Postmortem MR Imaging. *American Journal of Neuroradiology*, 34(7), 1462-1467.

7. ANEXOS

DE: SECRETARÍA. CEI HOSPITAL UNIVERSITARIO BASURTO

A: **Dr. ALVARO GOROSTIAGA RUIZ-GARMA**
HOSPITAL UNIVERSITARIO BASURTO
OSI BILBAO BASURTO.
SERVICIO GINECOLOGÍA

Bilbao, 17 de noviembre de 2021

Estimado Dr. GOROSTIAGA,

Le comunicamos que en la reunión del Comité Ético de Investigación (CEI) celebrada el día 17 de noviembre de 2021, analizada la documentación presentada y vistas las respuestas a las aclaraciones solicitadas, ha sido aprobado para su realización en la OSI BILBAO BASURTO el TRABAJO DE FIN DE GRADO que Ud. Dirige y titulado:

**. ATLAS ECOGRÁFICO DEL DESARROLLO DEL CEREBRO FETAL
DURANTE EL II TRIMESTRE**

Código interno (127.21 CEICHUB)

INFORME FAVORABLE

INVESTIGADOR PRINCIPAL

Dr. ALVARO GOROSTIAGA RUIZ GARMA tutelando a:
Lucía Bañares Díaz de Guereñu

HOSPITAL UNIVERSITARIO BASURTO. OSI BILBAO BASURTO
SERVICIO DE GINECOLOGÍA



SECRETARÍA
CEI OSI BILBAO BASURTO

Osakidetza
IKERLAGINTZA KLINIKOKO ETIKA-BATZORDEA
COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA



Bilbao, 8 de Septiembre de 2021

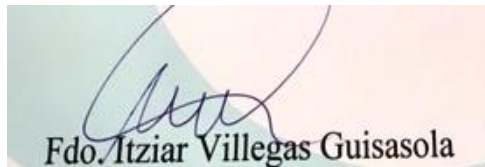
Estimado Dr. Gorostiaga:

Mediante la presente carta, se le comunica que ha recibido un informe favorable para la realización del estudio

“Atlas ecográfico del desarrollo del cerebro fetal durante el II trimestre “

en el Centro de Ginecología y Medicina Fetal (CEGYMF). Ello ha sido aprobado en la reunión del Comité de Investigación y Ética de este centro celebrada el día 30 de Agosto de 2021.

Director de investigación: Dr. Álvaro Gorostiaga Ruiz-Garma



Fdo. Itziar Villegas Guisasola

Secretaria
Comité de Investigación y ética
CEGYMF Bilbao

Documento de información y consentimiento

TÍTULO DEL ESTUDIO:

Atlas ecográfico de desarrollo del cerebro fetal durante el II trimestre

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Dr. Álvaro Gorostiaga Ruiz-Garma

INVESTIGADORES COLABORADORES: Lucía Bañares Díaz de Guereñu

DESCRIPCION DEL PROYECTO

La ecografía obstétrica es una técnica diagnóstica por ultrasonidos que permite generar imágenes empleadas en nuestro caso para el diagnóstico prenatal de malformaciones fetales. No utiliza radiaciones y no tiene efectos nocivos tal y como la empleamos para fines médicos. La ecografía que realizamos en este proyecto de investigación le será realizada por los investigadores del proyecto, siendo el investigador principal el responsable del manejo, estudio y custodia de las imágenes obtenidas. El estudio ha sido ya revisado y aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) de Euskadi y de nuestro centro

Solicito su participación en el arriba citado estudio de investigación sobre neuroanatomía fetal en imágenes obtenidas mediante ecografía. Este proyecto se lleva a cabo en la Unidad de Medicina Fetal y Ecografía del Centro de Ginecología y Medicina Fetal (CEGYMF) desde Septiembre de 2021 y durante un periodo aproximado de 7 meses.

El objetivo principal es obtener un atlas del desarrollo del cerebro fetal durante el II trimestre de la gestación.

Para su realización, tan sólo es necesario obtener unas imágenes del cerebro fetal mediante ecografía. Ello no supondrá ningún tiempo añadido a su exploración rutinaria en 2/D, ni le generará ningún riesgo o molestia diferente a la ecografía convencional. Las ecografías le serán practicadas en los tiempos habituales de gestación (segundo trimestre), siendo parte del control prenatal habitual de nuestro centro.

No dude en preguntar en caso de que tenga cualquier duda.

VOLUNTARIEDAD

Su participación es voluntaria y puede retirar el consentimiento para el uso de sus datos o imágenes en cualquier momento, poniéndose en contacto con el investigador principal en el teléfono que consta en este documento (CEGYMF) e igualmente podrá acceder a los resultados generales de la investigación. Evidentemente, tiene el derecho de negarse a participar en él, no teniendo ninguna repercusión negativa en su adecuado control prenatal.

CONFIDENCIALIDAD Y PROTECCIÓN DE DATOS

Toda la información será tratada de manera absolutamente confidencial. El tratamiento, la comunicación y la cesión de datos de carácter personal de todas las personas participantes se ajusta a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de Diciembre de protección de datos de carácter personal. De acuerdo a lo que establece la legislación mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse a su médico del estudio.

De conformidad con la normativa vigente en materia de **DERECHO A LA INFORMACIÓN** sobre **protección de datos de carácter personal** (*Artículos 13 y 14 del REGLAMENTO (UE) 2016/679 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos (RGPD)*), le informamos de que CEGYMF será responsable del tratamiento de los datos pudiendo contactar con el investigador responsable del estudio, Dr. Álvaro Gorostiaga Ruiz-Garma en el tno. 944446626. Trataremos los datos personales con la finalidad única de realizar el estudio con título "Atlas ecográfico del desarrollo del cerebro fetal en el II trimestre".

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo,

(nombre y apellidos del paciente)

- He leído la hoja de información que se me ha entregado
- He podido hacer preguntas sobre el estudio
- He recibido suficiente información sobre el estudio
- He hablado con: (nombre del investigador):.....
- Comprendo que mi participación es voluntaria.
- Comprendo que puedo revocar mi consentimiento:
En cualquier momento
Sin tener que dar explicaciones.
Sin que esto repercuta en mi asistencia sanitaria.

Y presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Firma del paciente: Fecha: ___ ___ / ___ ___ / ___ ___ ___ ___	Firma del investigador: Fecha: ___ ___ / ___ ___ / ___ ___ ___ ___
---	---

EKOGRAFIA OBSTETRIKORAKO BAIMEN INFORMATUA **CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ECOGRAFÍA OBSTÉTRICA**

INFORMAZIOA EMATEN DIZUN MEDIKUAREN IZEN ABIZENAK, ELKARGOKIDETZK. ETA DATA:

NOMBRE, APELLIDOS Y N.º DE COLEGIADO DEL MÉDICO QUE LE INFORMA, ASI COMO LA FECHA:

A. EKOGRAFIA OBSTETRIKOARI BURUZKO INFORMAZIOA:

- Teknika honen helburua da fetua eta haren ingurunea behatzea (plazenta, likido amniotikoa, etab.). Teknika hau baginatik eta/edo abdomenetik egin daiteke (haurdunaldi-fasearen eta baldintzen arabera, betiere).
- Ekografiak bakarrik informatzen du balizko anomalia morfologiko fisikoez edo anomalia kromosomikoen markatzaileez, baina ez sortzetiko bestelako akatsez (metabolikoak, biokimikoak, etab.). Beraz, azterketaren emaitza normala izateak ez du bermatzen umea inolako alteraziorik edo atzerapen mentalik gabe jaioko denik.
- Jaio aurretiko diagnostikorako ekografien bidez, ikus daitezkeen malformazio fisikoak diagnostikatu nahi dira. Teknikaren zehaztasunari zenbait faktorek eragingo diote: besteak beste, zein astetan egiten den, anomalia-mota (batzuek ez dute adierazpen ekografikorik), fetu-egoera eta haurdunaren baldintzak (obesitatea, likido amniotikoa gutxitzea, pazientearen transmisio soniko eskasa, etab.). Oro har, ekografia bidezko diagnostikoaren batez besteko sentikortasuna % 56koa da (% 18 eta 85 bitartean).
- Kasu batzuetan, malformazioa berandu detektatuko da, 20 aste igarota, patologia horiek manifestazio ekografiko berankorra dutelako (manifestazio digestiboak, kardiakoak, gernukoak edo eskeletikoak), edo eragilea (infekzioa) haurdunaldiko une jakin batean azaltzen delako.
- Ekografiak, fetuaren egoerari buruzko informazioa eman arren, ez du berez haren ongizatea guztiz bermatzen.
- Haurdunaldiko uneren batean, oso litekeena da zuri eskaintzea bagina bidezko ekografia bat egitea, umetoki-lepoa neurtzeko; izan ere, laburra baldin bada, garaiz aurreko erditzea izateko arriskua handitzen da. Gainera, oso litekeena da umetokiko arterien fluxu-indizea neurtzea; horrela, informazioa izan dezakegu zenbait patologia izateko arriskuaz: besteak beste, preeklampsia eta umetoki barneko hazkuntza-atzerapena.

A. INFORMACIÓN SOBRE LA ECOGRAFÍA OBSTÉTRICA:

- Se trata de una técnica que puede ser practicada por vía transvaginal y/o abdominal (según la época de la gestación y condiciones), que permite la Visualización del feto y su entorno (placenta, líquido amniótico, etc).
- La ecografía informa sólo de la existencia de posibles anomalías morfológicas físicas o marcadores de anomalías cromosómicas, pero no de defectos congénitos de otra naturaleza (metabólicos, bioquímicos, etc). Por lo tanto, el resultado normal del estudio no garantiza que el Niño/a nazca sin alteraciones o retraso mental.
- Las ecografías de diagnóstico prenatal, se realizan con el objetivo de diagnosticar malformaciones físicas visibles y la precisión de la técnica depende de varios factores, entre los cuales se encuentran las semanas en las que la exploración se realiza, el tipo de anomalías (alguna de ellas no tiene expresividad ecográfica), la situación fetal y las propias condiciones de la gestante (obesidad, disminución de líquido amniótico, mala transmisión sónica de cada paciente, etc). En conjunto, la sensibilidad media del diagnóstico por ecografía es del 56% (entre el 18 y el 85%).
- En algunos casos, la detección de la malformación será tardía, más allá de la semana 20, puesto que esas patologías tienen manifestación ecográfica tardía (manifestaciones digestivas, cardíacas, urinarias o esqueléticas) o el agente causal de la misma (infección) aparece en un momento puntual de la gestación.
- La ecografía, aunque orienta sobre la condición fetal, no tiene por sí sola un valor absoluto para asegurar el bienestar fetal.
- Durante el curso de la gestación, es muy probable que se le ofrezca la realización de una ecografía por vía transvaginal para medir el cérvix (cuello uterino), pues un cérvix corto aumenta el riesgo de parto pretérmino. Además, es muy probable que se mida el índice de flujo de las arterias uterinas, lo cual nos informa del riesgo de padecer patologías como la preeclampsia, retraso de crecimiento intrauterino y otras.



- Bestetik, baimena eskatzen dizugu lortzen den informazio klinikoa ikerkuntza-helburuetarako erabiltzeko. Informazio horren maneia beti egongo da CEGYMFko Etikako Batzordearen gainbegiradaren pean, eta maneia beti egin beharko da Datu Pertsonalak Babesteko 15/1999 Lege Organikoan (DBLO) zehaztutakoaren arabera; beraz, zure izena edo identitatea ez zaio inori jakinaraziko, eta ez da agertuko inolako argitalpenetan edo biltzar zientifikoetako komunikaziotan. Honekin ados ez bazaude, marka ezazu X batez laukitxo hau: .
- Aurrekoaz gain, azpimarratu nahi dugu ekografia diagnostiko medikorako teknika dela, zail samarra dela egiten, eta helburu duela espezialistak ahalik eta informaziorik egokiena ematea zure umeari buruz. Horregatik, ez da arinkeria hartu behar: senideak, lagunak edo umeak bertan egonda; argazkiak, bideoak etab. eskatuta...). Horrela jokatzuz gero, arreta galarazi ahal zaio ekografistari, eta horrek eragingo du zerbitzu okerragoa ematea, errendimendua gutxitzea eta, horren ondorioz, sentikortasun diagnostikoa eskasagoa izatea.

B. ADIERAZTEN DUT:

- Medikuek informazioa eman dit EKOGRAFIA OBSTETRIKOAREN eta haurdunaldiko aldizkako kontrolen abantaila, desabantaila eta konplikazioez; eta adierazi dit edozein unetan ezereztatu dezakedala nire baimena.
Onartzen dut CEGYMFko Fetu Medikuntzako eta Ekografiako Unitatean ezarritako azterketen maiztasuna eta nolakotasuna.
- Emandako informazioa ulertu dut, eta nahi izan ditudan galderak egiteko aukera izan dut.

ONDORIOZ, TEKNIKA EGIN DIEZADAZUEN BAIMENA EMATEN DUT

Pazientea / El Paciente

Pazientearen izena, bi abizen eta NAN
Nombre, dos apellidos y DNI del paciente

Sinadura eta data
Firma y fecha

Medikua / El/La Médico

Medikuaren izen-abizenak eta elkargokide zk.
Nombre, dos apellidos y nº de colegiado del o de la médico

Sinadura eta data
Firma y fecha

Senidea: pazienteak ezintasuna duenean / Familiar: en caso de incapacidad del paciente

Legezko ordezkariaren izena, bi abizenak, NAN eta ahaidetasuna
Nombre, dos apellidos, DNI y parentesco del representante legal

Sinadura eta data
Firma y fecha

- Le pedimos su consentimiento también para poder utilizar la información clínica obtenida con fines de investigación. Su manejo estará siempre bajo la supervisión del Comité de Ética de Investigación de CEGYMF y el manejo de la información siempre se realizará según lo especificado en la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de carácter personal (LOPD), por lo que nunca su nombre o identidad serán revelados a nadie y no aparecerá en ninguna publicación o comunicación a congreso científico. Si no está de acuerdo con esto, marque con una X esta casilla .
- Debemos añadir que la ecografía es una técnica para el diagnóstico médico, tiene una relevante dificultad y está encaminada a que el especialista le informe lo mejor posible sobre su hijo/a, por lo que queremos hacerle ver que no hay que trivializar esta exploración con la presencia de parientes, amigos o niños, ni con la petición de fotos, vídeos, etc., acciones que pueden distraer el trabajo del ecografista y con ello ofrecerle un peor servicio, disminuir su rendimiento y por lo tanto, tener una menor sensibilidad diagnóstica.

B. DECLARO:

- Que he sido informada por el Médico, de las ventajas, inconvenientes y complicaciones de la ECOGRAFÍA OBSTÉTRICA y su control periódico durante la gestación y, de que en cualquier momento puedo revocar mi consentimiento.
Acepto la frecuencia y tipo de exámenes establecidos en la Unidad de Medicina Fetal y Ecografía de CEGYMF.
- He comprendido la información recibida y he podido formular todas las preguntas que he creído oportunas.

EN CONSECUENCIA DOY MI CONSENTIMIENTO PARA QUE SE ME REALICE LA TÉCNICA

2021

Atlas de Neurosonografía fetal

Gorostiaga A, Bañares L.

HOJA DE RECOGIDA DE DATOS

FECHA	
APELLIDOS	
NOMBRE	
Nº CASO	
EDAD	
FUR	
ALTURA	
PESO	
IMC	
EDAD GESTACIONAL (semanas)	

BIOMETRÍAS	
DBP	
HC	
DFO	
D CEREB	
CCaloso	
Vermis	

TIEMPO	
---------------	--