

E. Gratacós • F. Figueras • J. M. Martínez

Medicina Fetal

2.ª EDICIÓN



INCLUYE
EBOOK

EDITORIAL MEDICA
panamericana

Concepto y ámbito de la medicina fetal

E. Gratacós

El feto es un paciente muy reciente en la historia de la medicina. Hasta hace 40 años, la información más aproximada sobre el feto durante el embarazo era la estimación de su tamaño y posición mediante las maniobras de Leopold. La ecografía permitió acceder a un conocimiento que ha crecido exponencialmente en pocas décadas. Actualmente, se puede estudiar con gran detalle la anatomía y la fisiología fetales gracias a una imagen con un nivel de resolución muy alto y que seguirá aumentando. En paralelo a los avances en la obtención de imágenes fetales, las técnicas genéticas, tanto en células fetales como en sangre materna, hacen ya posible la detección de cientos de patologías genéticas, y se investiga cómo ofrecer a nivel clínico la secuenciación del genoma del feto utilizando ADN fetal libre en sangre materna.

De forma general, el concepto de medicina fetal se define a sí mismo, pero en diferentes contextos puede significar ámbitos de acción distintos. La medicina fetal es multidisciplinar por naturaleza, y es posible practicar facetas de ella desde diferentes especialidades, sin las cuales la medicina fetal actual no sería posible. Por tanto, parece aceptable asumir que cualquier aspecto de la medicina que se asocie al feto se encuadra dentro de la medicina fetal; sin embargo, en la práctica clínica más habitual, se considera como una parte muy amplia de una de las subespecialidades de la obstetricia y ginecología, la medicina materno-fetal.

La precursora de la medicina materno-fetal fue la «perinatología», que surgió a partir de la década de 1970 en los países anglosajones, como reflejo de la necesidad de disponer de una subespecialidad dedicada al creciente conocimiento sobre la fisiología y la patología del embarazo. En sus orígenes, la perinatología tenía un componente sobre todo materno, y los subespecialistas con frecuencia no sabían realizar ecografías o tenían nociones muy básicas de ello. Al principio, porque ni siquiera había ecografía, y más tarde porque, a pesar de que en la década de 1980 la ecografía se incorporó muy rápidamente a la obstetricia y la ginecología, lo hizo como un campo propio de conocimiento, casi independiente de la perinatología que se practicaba en aquel momento. De este modo, la imagen fetal la realizaban ecografistas especializados por igual en obstre-

tricia o ginecología, y en algunos lugares, radiólogos. Más adelante, especialmente a partir de la década de 1990, la perinatología pasó a ser denominada por la mayoría de las sociedades medicina materno-fetal. Y precisamente gracias sobre todo a los avances en el ámbito de la ecografía, el volumen de conocimientos sobre el feto empezó a aumentar de forma considerable respecto a la parte materna, como lo hizo la integración progresiva de la exploración ecográfica de madre y feto como una parte consustancial a la subespecialidad. Así, si bien durante las primeras décadas era habitual que un «perinatólogo» no realizase ecografías, que quedaban a cargo de los ecografistas, ya en la actualidad la perinatología y la ecografía obstétrica quedan integradas en la medicina materno-fetal. Aunque todavía algunas sociedades reflejan esa estructura diferenciada, la práctica clínica demuestra que se trata de una división cada vez más obsoleta, dado que desde hace ya más de 15 años la imagen ecográfica es indisoluble del manejo de prácticamente la totalidad de las patologías del embarazo.

Entonces, ¿qué diferencia a la medicina materno-fetal de lo que únicamente es medicina fetal? En la mayor parte de los centros clínicos u hospitalarios, es relativamente irrelevante intentar efectuar grandes distinciones, y quizá la diferenciación tenga más sentido y sea más notable en los grandes centros con un gran volumen de patología fetal. En todo caso, la subespecialización en medicina materno-fetal debe englobar tanto la patología materna como la fetal, la ecografía y los procedimientos invasivos básicos e incluir como parte indisoluble de esta formación; después, dependiendo de su entorno o sus intereses, un profesional puede superespecializarse de forma más intensiva en patología o grupos de patologías preferentemente maternas o fetales. Si bien, obviamente, se puede establecer una cierta distinción entre patología predominantemente materna/obstétrica o fetal, en una proporción importante de patologías o afecciones el manejo materno y fetal están muy integrados. Cualquier subespecialista en medicina materno-fetal debe dominar la ecografía como parte de su formación. Conviene tener en cuenta que, como sucede en cualquier rama del conocimiento humano, el volumen de información en el ámbito de la medicina materno-fetal es inabarcable y resulta fácil llegar al nivel de excelencia.

Por esta razón, especialmente en centros de alto volumen y referencia, cada vez habrá más subespecialistas, unos con mayor dedicación a la parte materna y obstétrica (y, por tanto, con un mayor conocimiento sobre fisiología y medicina materna) y otros al ámbito fetal. No obstante, existe una integración de conceptos y técnicas de control de feto y madre en cualquier patología que afecte a una gestación. También por este motivo, situaciones que podrían considerarse más «obstétricas o maternas», como el parto prematuro o la preeclampsia, tienen una presencia cada vez más importante en libros o revistas científicas que originalmente tienen en una visión del feto más aislada y que solo contemplaba la parte ecográfica.

Si uno se adentra con más detalle en la medicina fetal, realmente el conocimiento necesario para cubrir toda la práctica clínica incluye muchas más cosas que la propia ecografía fetal. De este modo, los aspectos de *screening* (cribado) y diagnóstico prenatal de anomalías cromosómicas y génicas, cribado de complicaciones obstétricas graves, dismorfología y anatomopatología fetal, genética y terapia fetal necesitan especialistas de otros campos. Todo este saber forma parte de la medicina fetal, se amplía continuamente y obviamente escapa a las capacidades de un solo especialista, motivo por el que la medicina fetal necesita y puede interesar a diversos especialistas. Un ejemplo claro de esta diversidad es que en importantes áreas del mundo el diagnóstico de ecografía fetal lo siguen realizando radiólogos especializados con grados de conocimiento verdaderamente muy elevados. Desde la perspectiva de la dismorfología y la sindromología clínicas, un obstetra o un pediatra subespecializados pueden desarrollar un grado de especialización muy avanzado para aconsejar a pacientes con problemas. Lo mismo puede afirmarse de la genética fetal, que obviamente requiere genetistas con gran experiencia, pero al mismo tiempo el consejo clínico lo pueden ofrecer diversos especialistas. Desde el punto de vista clínico, también existen ejemplos en la cardiología fetal que, para ser verdaderamente excelente, requiere el trabajo en equipo de especialistas fetales con conocimientos avanzados de morfología y función cardíaca, y de cardiólogos pediátricos con conocimientos y experiencia en medicina fetal.

Así pues, la visión actual de la medicina fetal ha consolidado el concepto de feto como paciente. Sin embargo,

también los progenitores son en cierto modo pacientes, o al menos desempeñan de forma subrogada este papel, en la medida en que son los que reciben la información y sufren por el verdadero paciente, que todavía no es consciente de serlo (más exactamente, no es consciente de «ser» en general, al menos que se sepa hoy por hoy). Por tanto, cuando se habla de medicina fetal, se habla de progenitores con un problema, con frecuencia grave y siempre muy angustiante. El manejo de un caso así demanda una visión global, con el conocimiento de que el proceso clínico incluye al feto y a los progenitores. Esto implica, además de un conocimiento mínimo en los campos anteriormente descritos, aspectos de información y psicología, relación multidisciplinar con otros especialistas, conceptos básicos sobre manejo posnatal y, finalmente, decisiones obstétricas. Cada caso concreto debería poder acceder a niveles más superespecializados, tanto en la toma de decisiones como en la información a los progenitores, pero sin perder el concepto global y el carácter particular del paciente fetal en su binomio con la madre y el embarazo. Esta visión de la medicina fetal desde el proceso clínico, que implica un conocimiento de todos estos campos, si bien necesariamente superficial de muchos de ellos, es la que debe guiar al especialista en medicina fetal en su práctica diaria y es la que se intenta ofrecer en este libro.

ÁMBITOS PRINCIPALES DE APLICACIÓN CLÍNICA

Aunque, como ya se ha mencionado anteriormente, la medicina fetal se puede definir de muchas formas, en su concepción como subespecialidad de Obstetricia y Ginecología, abarca dos grandes ámbitos de aplicación: la salud pública y la alta complejidad.

En la salud pública, la medicina fetal ha revolucionado el *screening* (cribado) de la gestación, y ha condicionado las políticas de salud pública con los programas de detección prenatal, que no han dejado de evolucionar cada pocos años y lo seguirán haciendo considerablemente. La ecografía fetal ha progresado hasta requerir niveles de especialización muy elevados en casi todos los trimestres y, además, se integra con diversas pruebas bioquímicas y genéticas que implican a genetistas, bioquímicos y epidemiólogos. Desde este punto de vista, la medicina fetal afecta a miles

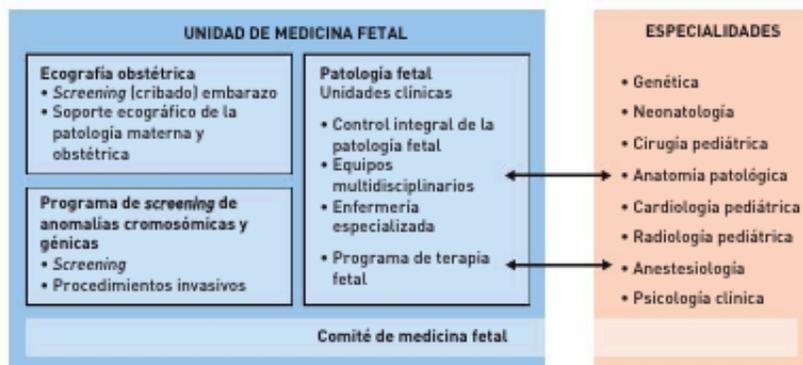


Figura 1-1. Estructuración de la actividad clínica en medicina fetal

de especialistas y a millones de gestaciones al año. En una segunda vertiente de diagnóstico y terapia fetal, la medicina fetal comprende los procedimientos invasivos fetales, el diagnóstico avanzado fetal por imagen y, finalmente, la terapia fetal. La medicina fetal avanzada representa un campo de gran complejidad que utiliza alta tecnología médica y niveles de superespecialización elevados.

ENCAJE DE LA MEDICINA FETAL EN UN SERVICIO CLÍNICO

En la organización de un servicio clínico de obstetricia (o de medicina materno-fetal, como se denominan cada vez con más frecuencia), se debe considerar que los procesos clínicos pueden dividirse de forma muy esquemática en tres grandes grupos:

- Obstetricia general: que abarca los aspectos de la gestación normal.
- Patología materna y obstétrica: enfermedades médicas que pueden complicar la gestación, y complicaciones propias de la gestación, casi siempre con un gran papel de la unidad feto-placentaria y con repercusiones variables, a veces más importantes sobre el feto y el neonato (prematuridad) y a veces también sobre la madre (preclampsia).
- Medicina fetal: patologías fetales primarias, tanto en su detección prenatal como en su estudio diagnóstico avanzado y su tratamiento.

Si un servicio o área clínica es lo suficientemente grande, como sucede en los grandes centros universitarios, se puede estructurar en áreas o secciones que se correspondan, de forma aproximada, con esta división funcional. Lógicamente, en los servicios clínicos más pequeños, que habitualmente incluyen la obstetricia y la ginecología en el mismo servicio, esta forma de organización puede carecer de sentido, y corresponderse simplemente con grupos de profesionales más especializados en una u otra área.

Sea cual sea la estructura organizativa, lo importante es que la medicina moderna debería estructurarse por procesos clínicos. El médico o la unidad responsable del proceso deben determinar las decisiones clínicas, independientemente de las áreas físicas por las que pase el paciente, ya sea planta de hospitalización, consulta externa o bloque obstétrico. Esto es, en definitiva, lo que sucede cuando la paciente tiene un médico de referencia, bien sea en el ámbito de la medicina privada o de la pública, en un centro grande o pequeño. Históricamente, los centros hospitalarios se han caracterizado con frecuencia por utilizar organizaciones obstétricas basadas en áreas físicas, que básicamente son consultas, ecografías, sala de hospitalización y bloque obstétrico. Esta organización conduce con frecuencia a ineficiencia, información poco coordinada y en definitiva peor calidad clínica. Disponer de unidades monográficas o médicos de referencia para el proceso clínico no solo mejora la calidad percibida, sino también la real, y permite, además, una monitorización de la actividad enfocada al resultado del proceso y la calidad, y no solo a la «actividad».

En cualquier caso, y sea cual sea la organización, las divisiones teóricas son siempre insuficientes para definir la realidad y todas sus particularidades. De este modo, los expertos y responsables de medicina fetal son los que se ocupan de los programas de cribado y detección precoz de complicaciones obstétricas, a pesar de que corresponden a la actividad de la gestación normal. Por otro lado, la asignación de un proceso clínico o patología como puramente «materno-fetal» o «fetal» puede ser muy difícil. Por ejemplo, una unidad de patología placentaria, que incluye preclampsia y retraso de crecimiento, puede encajar igual en un área/unidad/sección de patología materna y obstétrica, o en una de medicina fetal.

UNIDAD O SECCIÓN DE MEDICINA FETAL

Como ya se ha mencionado, en los centros grandes tiene sentido disponer de estructuras clínicas de medicina fetal. Los casos de patología fetal deben ser manejados desde un concepto de proceso clínico y, por tanto, requieren un especialista con una visión global. Al conocimiento sobre fisiología y medicina fetal deben añadirse dos grandes campos intrínsecos al proceso: ecografía fetal y obstetricia. Además, es necesario contar con experiencia en el trato e información a los progenitores, incluyendo un conocimiento mínimo de los aspectos psicológicos que conlleva la noticia y la información de un problema fetal. Es obvio que a muchos aspectos individuales se puede llegar desde otras especialidades, que en casos concretos pueden representar la parte de información de mayor importancia, pero no al manejo global del caso clínico que debe manejarse como un conjunto integrado. También en el mismo sentido, la figura del «obstetra» que se desentiende de todos los aspectos relacionados con la patología fetal es, en la actualidad, poco adecuada. Mediante un enfoque global del proceso fetal y la unión indisoluble madre-feto, debe poderse estructurar una práctica clínica multidisciplinaria, sin la cual es imposible ofrecer una medicina fetal avanzada. La visión del proceso clínico y los protocolos e información que se ofrezcan debieran ser siempre el resultado del consenso entre los especialistas en medicina fetal y los diversos especialistas implicados.

Cuando existe el volumen suficiente, la estructuración clínica de la práctica de la medicina fetal se realiza en una unidad clínica de medicina fetal que, en función de su volumen, puede denominarse de diferentes formas (programa, área o incluso servicio), si bien el concepto no tendría que variar demasiado. Además, si el volumen es todavía mayor, se puede disponer de unidades o consultas monográficas en cardiología o neurología fetal, patología infecciosa o gestación monocorial, entre otras. La unidad de medicina fetal debe comprender toda la actividad ecográfica fetal, tanto de cribado como de diagnóstico, los procedimientos invasivos y la terapia fetal. Para los casos de patología fetal, en esta actividad básica se pueden integrar o no los aspectos relacionados con el seguimiento obstétrico. Según la opinión de los autores de la obra, lo ideal es que la patología compleja o aquella en la que exista terapia fetal se

lleve a cabo de forma integral en una consulta de patología fetal que asuma todos los aspectos del manejo perinatal. De este modo, nuestra práctica clínica desde hace muchos años es que la patología fetal se sigue en consultorios integrados que evitan a la paciente deambular por las consultas de diferentes médicos de la misma especialidad. En todo caso, al menos debe existir una integración absoluta en términos funcionales, es decir, las decisiones relevantes sobre la conducta obstétrica deben decidirse desde la unidad de medicina fetal. En el seguimiento clínico y el soporte a los pacientes, además de la cooperación estable entre especialistas como genetistas, neonatólogos y cirujanos pediátricos, la unidad debiera contar con enfermería especializada y con una vinculación estable con personal especializado en apoyo psicológico a progenitores con patología perinatal. Este es un aspecto de gran importancia que debe formar parte de la atención integral a estos pacientes, y que influye de forma extrema en la calidad percibida de la asistencia prestada y en conseguir suavizar al máximo una vivencia siempre muy traumática. Finalmente, toda unidad debería contar con un comité multidisciplinario de periodicidad semanal, con el fin de aprovechar al máximo esta multidisciplinariedad y conseguir una sistematización de la práctica clínica, uno de los aspectos más difíciles en una subespecialidad con patologías poco frecuentes. El comité es, por tanto, una estructura esencial para intentar alcanzar, en la medida de lo posible, la excelencia clínica a la que debe aspirar toda unidad clínica en medicina fetal, sea cual sea su tamaño y su área de referencia.

EVOLUCIÓN DE FUTURO

La demanda de medicina y terapia fetal de calidad no ha dejado de aumentar, ya que los factores que la impulsan también lo hacen: capacidad diagnóstica y terapéutica de la patología fetal, percepción del feto como persona e in-

cremento del conocimiento de la población en la sociedad de la información. En este momento, cada vez son más los centros que disponen de unidades o secciones de medicina fetal verdaderamente estructuradas como tales. El incremento de la demanda y el creciente nivel de exigencia de los usuarios de los sistemas sanitarios, junto con la incorporación progresiva de nuevas generaciones de subespecialistas a cargos de decisión en los servicios clínicos, ha hecho que en años recientes muchos centros universitarios desarrollen unidades a imagen y semejanza de las que se crearon originalmente.

La subespecialidad seguirá creciendo de forma exponencial en los próximos años y, como sucede en cualquier rama del conocimiento y de la medicina, se consolidarán «hiperespecialistas», que ya existen en campos como la neurología fetal o la cardiología fetal, campos que crecerán hasta llegar a tener entidad propia. El desarrollo de las técnicas de imagen y de la capacidad de diagnóstico genético serán vías por las que la medicina fetal se expandirá. Como en cualquier campo superespecializado, algunas partes del conocimiento solo serán aplicables en patologías o casos muy concretos, pero de estas superespecializaciones se desprenderán avances relevantes para toda la especialidad, desde el cribado hasta los primeros niveles de evaluación de presuntos casos.

En cualquier caso, en nuestra opinión la práctica clínica de la medicina fetal seguirá requiriendo siempre una visión que permita coordinar todo el proceso, con una formación global en los campos de conocimiento anteriormente descritos, que permita definir los protocolos de actuación para la totalidad de la realidad clínica, desde la detección en la población general hasta la tecnología más compleja. Esta visión, necesaria para poder ofrecer una atención global a un proceso clínico con tantos aspectos diferenciales respecto a otras partes de la medicina, es la que guía este tratado.

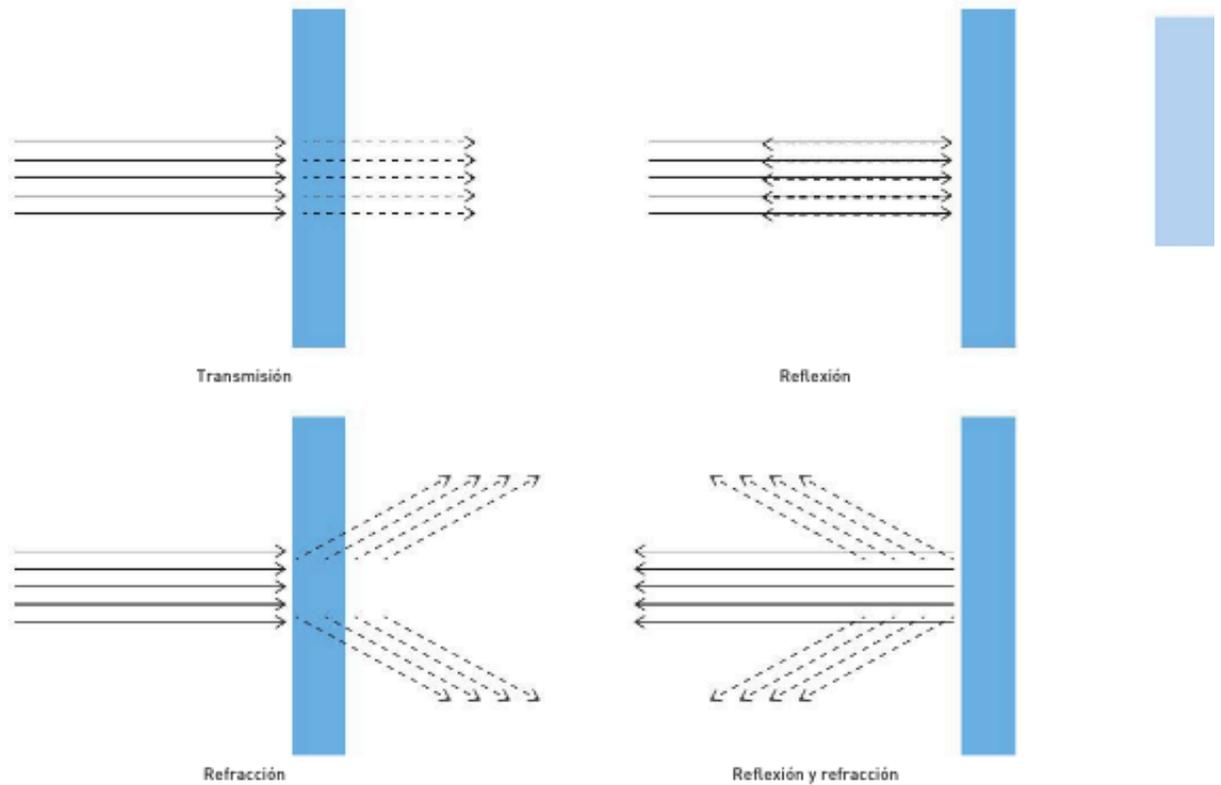


Figura 2-3. Efectos mecánicos de la onda sónica al chocar con los tejidos.

REPRESENTACIÓN DE LAS IMÁGENES

Las imágenes se presentan en dos dimensiones, y tienen una resolución lateral (máxima definición del espacio mínimo entre dos puntos localizados a la misma profundidad) y una resolución axial (máxima definición del espacio mínimo entre dos puntos localizados en el mismo eje) (Fig. 2-4). Cuanto mayor es la frecuencia de emisión, la resolución lateral mejora; cuanto menor es la frecuencia de emisión, es la resolución axial la que mejora. Esta capaci-

dad de discriminar la distancia mínima entre dos ecos es lo que permite identificar cambios en las estructuras (interfaces) de los diferentes tejidos.

La imagen bidimensional se muestra en la pantalla del ecógrafo en diferentes tonalidades de gris, que fluctúan desde el negro (menor intensidad del eco) al blanco (mayor intensidad del eco). La unidad de representación se denomina píxel y corresponde a los pequeños cuadros que forman la imagen en la pantalla. Cada píxel emite una intensidad de luz en diferente tono de gris depen-

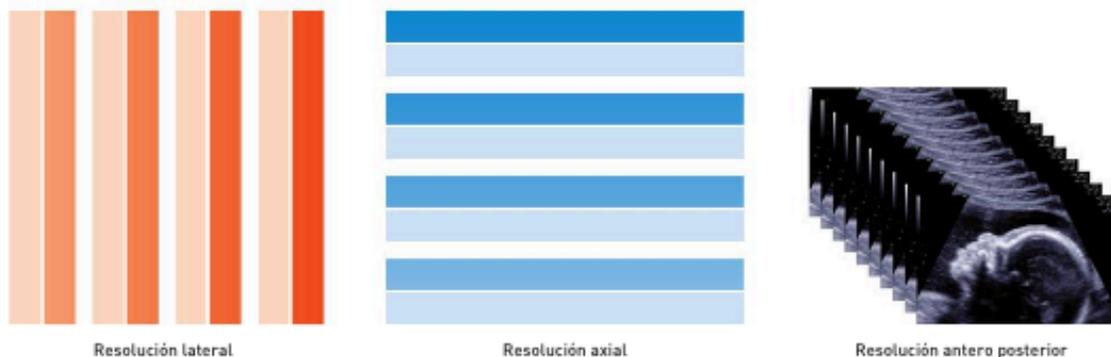


Figura 2-4. Tipos de resolución en la imagen ecográfica. La resolución lateral y axial son fundamentales para la imagen bidimensional; la resolución anteroposterior es necesaria para una calidad adecuada del volumen en US3D.

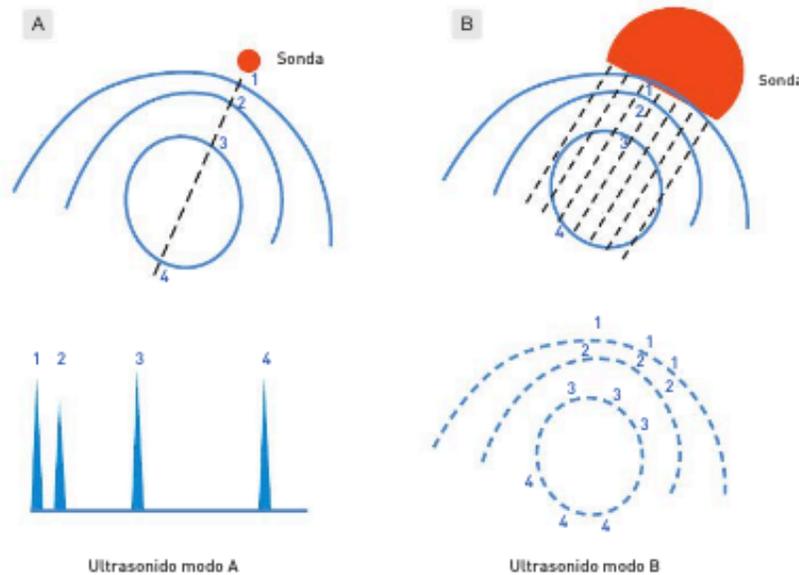


Figura 2-5. Modos de representación de la imagen ecográfica. (A) Amplitud. (B) Brillo (Brightness).

diendo del voltaje de la onda reflejada. Este voltaje se convierte, en forma analógica, en unidades de memoria o *bits*; la unión de varios *bits* forma una «palabra» analógica binaria, que permite codificar el número de tonos de gris en que se puede presentar la imagen. Palabras analógicas con 4 *bits* pueden formar 16 tonalidades de gris, y las de 5 *bits*, 32 tonalidades. La mayoría de los procesadores actuales pueden producir palabras de 8 *bits*, que se traducen en 256 tonalidades de gris.

Modos de representación gráfica

La representación gráfica del ultrasonido puede presentar varios modelos:

- Modo A (amplitud): fue la primera representación gráfica del ultrasonido y muestra la amplitud de los ecos reflejados a lo largo de la línea de emisión del ultrasonido (Fig. 2-5 A).
- Modo B (brillo): es la representación de la intensidad de los ecos reflejados en cada una de las líneas de emisión del transductor; este modo es similar a la definición de ultrasonido en escala de grises (Fig. 2-5 B).
- Modo TM (tiempo-movimiento): consiste en la emisión de pulsos por un cristal (línea M) donde el trazado de la representación gráfica se mueve en la pantalla a una velocidad determinada y los ecos generados por el cristal se representan de forma continua, de tal manera que las estructuras que no se mueven proporcionarán siempre ecos a distancias iguales, mientras que las estructuras en movimiento cambiarán en relación con el tiempo (Fig. 2-9 D).

Ajustes a la imagen

Ganancia

La intensidad de la onda sónica disminuye progresivamente en relación con la profundidad y con la atenuación cau-

sada por la fricción con los diferentes tejidos. Para compensar este efecto, se utiliza la ganancia, que consiste en la amplificación de los ecos recibidos. A la ganancia se la denomina también compensación ganancia-tiempo, y puede realizarse selectivamente para las señales recibidas a determinada profundidad (ganancias parciales) o para todas las señales (ganancia global). Esta amplificación se puede realizar para todas las modalidades ecográficas.

Zonas focales

Los ajustes de la zona focal tienen como objetivo mejorar la resolución lateral de la imagen, lo que se logra con la superposición de lentes acústicas en el cristal emisor, ha-

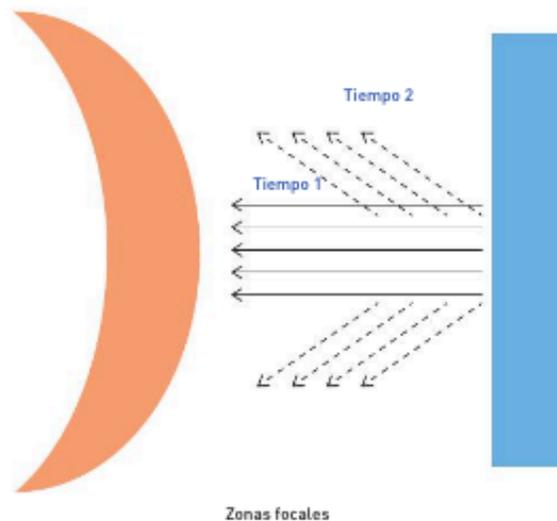


Figura 2-6. Diferentes tiempos de captación de los ecos reflejados. El ajuste de tiempos corresponde a las zonas focales y permite mejorar la resolución lateral de las imágenes.

ciendo que la onda emitida sea más estrecha. Electrónicamente, se logra al ajustar los tiempos de captación de los ecos. Así, en una sonda convexa, el tiempo que tarda un eco de una distancia determinada en alcanzar los cristales distales de la sonda es mayor que el que tarda en alcanzar los cristales en el centro de la sonda; al sincronizar estos tiempos, se mejora la calidad de las imágenes (Fig. 2-6). Se pueden seleccionar varias zonas focales, pero la secuencia de presentación de las imágenes en la pantalla se hará más lenta.

Armónicos

La generación de imágenes armónicas se basa en la amplificación de los ecos captados uno o dos múltiplos de la mediana en relación con la frecuencia emitida. De esta forma, la relación señal-ruido mejora, y el ruido sónico puede eliminarse, dejando solo señales procedentes de tejidos para la construcción de las imágenes; esto aumenta la definición de las interfaces y la calidad de la imagen cuando las estructuras están situadas en zonas profundas.

Artefactos

Los artefactos son errores en las imágenes que están causados por procesos físicos que afectan a la propagación y al reflejo de las ondas de ultrasonido. Para entender los artefactos, es necesario conocer las consideraciones generales de las ondas sónicas:

- Las ondas sónicas viajan en línea recta.
- Las reflexiones se producen en estructuras que se encuentran a lo largo de la onda de propagación del ultrasonido.
- La intensidad de la onda reflejada se corresponde con la capacidad de la estructura para reflejar la onda acústica.
- La onda sónica viaja a una velocidad de 1.540 m/s.

Cualquier proceso que afecte a estos principios fundamentales puede producir un artefacto en la imagen del ultrasonido; los más habituales son:

- Reverberación: es la presencia de reflejos múltiples presentados como líneas con un espacio similar entre ellas a lo largo de la línea de emisión de sonido; este efecto está causado por el rebote de las ondas sónicas en es-

tructuras que se encuentran en la línea de emisión sónica (Fig. 2-7 A).

- Imágenes en espejo: se forman cuando las ondas sónicas rebotan y son reflejadas por una superficie que actúa como un espejo, como en el caso del diafragma o de la pared del intestino; los ecos llegan tardíamente al ultrasonido, pero generan una imagen similar a la de la estructura original, creando una imagen en espejo (Fig. 2-7 B).

ECOGRAFÍA 3D

El ultrasonido de tercera dimensión (US 3D) se ha convertido en una técnica de imagen muy popular en obstetricia, y la mayoría de los fabricantes de ultrasonidos la han incorporado a sus sistemas operativos. Sin embargo, a pesar de su enorme potencial y de lo prometedor de sus resultados, sigue siendo una técnica de apoyo para la imagen bidimensional. El uso de la ecografía 3D en la práctica clínica requiere algo más que solo mostrar imágenes atractivas; futuras investigaciones deberán aportar evidencias de que la ecografía 3D añade información a la que proporciona el ultrasonido 2D (US 2D: bidimensional) y, al mismo tiempo, su manipulación tendrá que ser más sencilla y depender menos del operador.

Toma del volumen

Los volúmenes se obtienen de forma automática a partir de la recogida de múltiples imágenes bidimensionales a una frecuencia determinada por medio de barridos realizados por transductores mecánicos e híbridos de matriz lineal-curva. La adquisición manual de los volúmenes ha desaparecido casi por completo.

El transductor obtiene una serie de imágenes separadas entre sí por una distancia similar. Esta distancia la selecciona el operador según la calidad del volumen: cuantas más imágenes, más calidad y menos distancia entre ellas. La calidad del volumen depende tanto de la resolución lateral y axial (número de cristales del transductor) como de la distancia entre imagen e imagen. Esto tiene una fuerte repercusión en la reconstrucción del volumen y en la na-

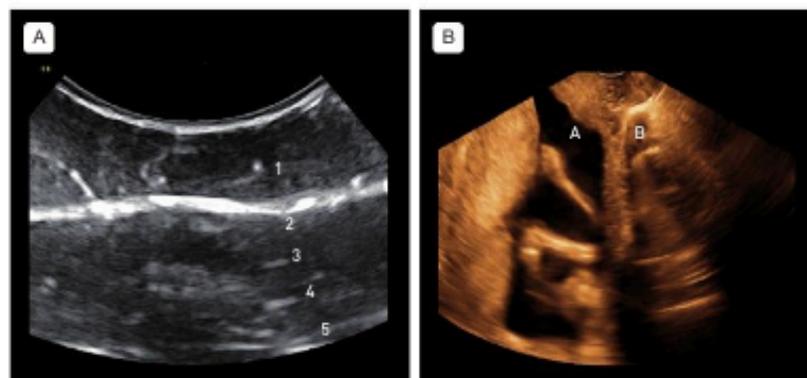


Figura 2-7. Artefactos en ultrasonido. (A) Líneas de reverberación. (B) Imagen en espejo: A corresponde a la imagen real y B es una imagen difusa en espejo ocasionada por una interfaz muy marcada (líquido/aire) que rebota y refleja las señales de ultrasonido.

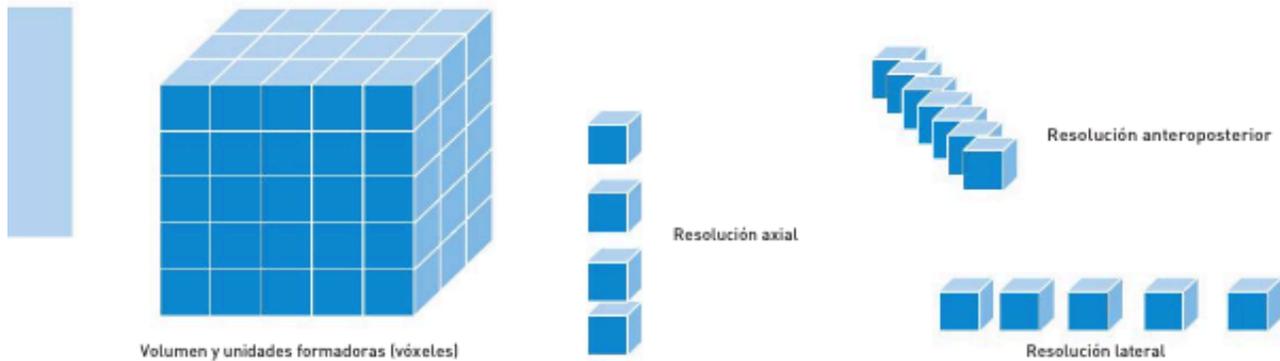


Figura 2-8. Ultrasonido volumétrico (3D). Unidades formadoras (vóxeles) y resolución lateral, axial y anteroposterior.

vegiación por planos, en la que una de las imágenes ortogonales variará según la calidad de obtención del volumen. La calidad de volumen es similar en todos los planos cuando se utilizan transductores matriciales 2D con múltiples líneas de emisión. Las unidades funcionales se representan en tres dimensiones en forma de cubos y se les llama vóxeles (Fig. 2-8).

Representación gráfica de los volúmenes (Fig. 2-9)

El volumen se adquiere de forma estandarizada y se despliega en formas variadas, que muestran al área anatómica según los requerimientos del operador.

- Reconstrucción de superficie: es la amplificación de las señales procedentes de la interfaz líquido-sólido, y es la reconstrucción más popular en obstetricia, ya que suele mostrar partes fetales de un modo casi fotográfico (Fig. 2-9 A).
- Reconstrucción de imágenes con la máxima intensidad: en ellas, las estructuras más sólidas son resaltadas for-

mando una imagen semitransparente. Se utiliza para ver estructuras óseas en la columna, la cara, el tórax (Fig. 2-9 B).

- Reconstrucción multiplanar: es la visualización en tres planos ortogonales (axial, coronal y sagital) del área evaluada, similares a los utilizados en tomografía o resonancia magnética (Fig. 2-9 C).
- Modo invertido: las estructuras anecoicas se observan brillantes y las áreas sólidas carecen de color (Fig. 2-10 A).
- STIC (*spatio-temporal image correlation*): la reconstrucción de un volumen de STIC conlleva la obtención de múltiples volúmenes consecutivos del corazón. Las imágenes contenidas en cada volumen se reagrupan en relación con el momento del ciclo cardíaco al que pertenecen. El resultado final es un volumen dinámico que despliega información de un solo ciclo cardíaco que se repite constantemente (Fig. 2-10 B).
- Índices de perfusión sanguínea: para valorar la perfusión sanguínea de los tejidos, se han propuesto índices

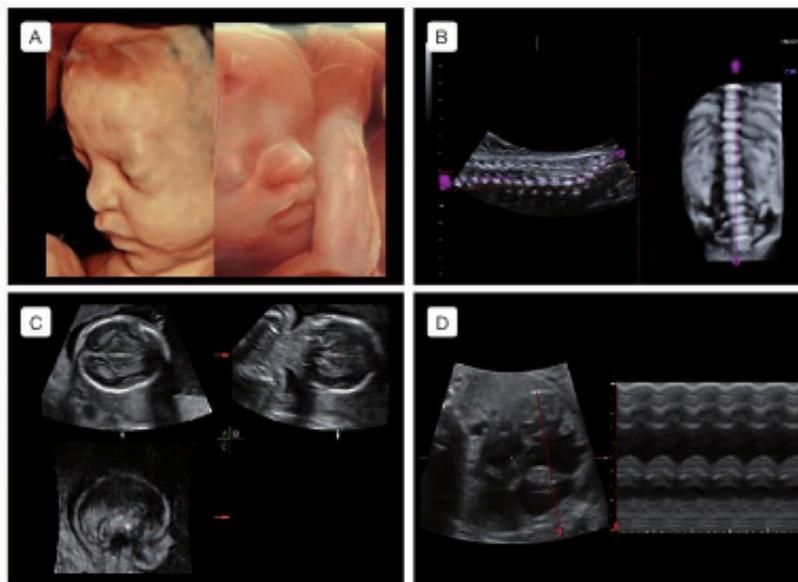
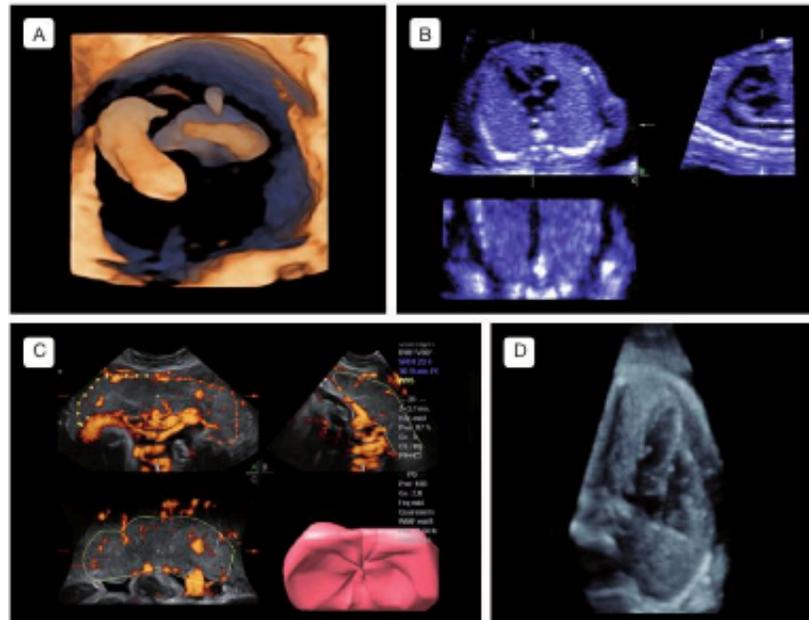


Figura 2-9. Modos de reconstrucción del ultrasonido volumétrico (3D): (A) superficie; (B) máxima intensidad; (C) multiplanar; (D) modo M obtenido de un volumen cardíaco.

Figura 2-10. Modos de reconstrucción del ultrasonido volumétrico (3D): (A) modo invertido; (B) STIC (*spatio-temporal image correlation*); (C) índices de perfusión y VOCAL (*virtual organ computer-aided analysis*); (D) reconstrucción cardíaca utilizando una sonda matricial (2D).



basados en la información de la angiografía de poder. El sistema cuantifica los vóxeles que contienen angiografía de poder procedente del movimiento de estructuras como las células sanguíneas. Se calculan tres índices: vascularización (VI), o porcentaje de vóxeles que contienen información de angiografía de poder; flujo (FI), que corresponde a la intensidad promedio de los vóxeles que tienen información de angiografía de poder, y vascularización/flujo (VFI), que es la relación entre ambos. En obstetricia, se han aplicado estos índices para evaluar la perfusión sanguínea a órganos fetales y la placenta; sin embargo, los resultados no han sido uniformes, debido a diferencias metodológicas y a la escasa reproducibilidad (Fig. 2-10 C).

- Cálculo de volúmenes: se realiza utilizando una técnica rotacional denominada VOCAL (*virtual organ computer-aided analysis*), en la que las estructuras son consideradas esféricas por el sistema. La estructura puede dividirse en imágenes a partir de un punto central y presentarse para su delineación hasta completar una rotación de 360°. Cada imagen está separada por un ángulo determinado que el operador selecciona manualmente; así, seleccionando imágenes con un ángulo máximo de separación de 30°, se necesitará un total de 12 imágenes para formar el volumen completo ($12 \times 30 = 360$); si la separación entre imágenes es de 5°, se necesitarán 72 imágenes para delinear el volumen ($5 \times 72 = 360$). La decisión del operador para seleccionar la separación entre imágenes se basa en la regularidad/irregularidad de la estructura: cuanto más regular sea esta, menos imágenes se necesitarán. La técnica multiplanar consiste en delinear el área de diversas imágenes bidimensionales separadas de arriba abajo por una distancia determinada seleccionada por el operador; cuanto menor sea

la distancia entre las imágenes, mayor calidad tendrá la delineación del volumen. En diversos estudios se ha sugerido que los métodos US 3D proporcionan una estimación de volúmenes más precisa que las imágenes obtenidas mediante US 2D, sin importar la forma y regularidad del objeto. El cálculo volumétrico se ha aplicado a las estructuras craneales fetales, el pulmón fetal, las extremidades y la placenta (Fig. 2-10 C).

Ventajas e inconvenientes

El desarrollo del US 3D se ha visto acompañado desde el principio por el escepticismo de muchos técnicos muy experimentados en US 2D; sin embargo, es una técnica de imagen potencialmente poderosa. No existe todavía un acuerdo sobre si la información adicional obtenida por el US 3D es clínicamente relevante, y si mejora o no el pronóstico fetal, pero ya forma parte de la evaluación habitual en obstetricia, puesto que permite un acercamiento mayor de los padres al proceso de embarazo y ayuda a explicar mejor los hallazgos de la evaluación ecográfica. Con frecuencia se describen nuevas aplicaciones que pueden mejorar el diagnóstico realizado mediante ultrasonido bidimensional. La revisión conducida por Gonçalves *et al.* describe con detalle las posibles ventajas del US 3D: 1) manipulación de volúmenes sin la presencia de la paciente; 2) los planos ortogonales permiten observar la estructura desde diferentes ángulos en relación con el plano original de adquisición; 3) la rotación de los volúmenes permite examinar su relación con las estructuras cercanas, y 4) las diferentes modalidades de reconstrucción permiten evaluar características diferentes de la misma estructura. Otras ventajas son la posibilidad de transmitir datos a través de redes electrónicas para consultar centros especializados y su uso como herramienta educativa interactiva.