



11262  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO 14

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
CENTRO MEDICO NACIONAL

MORFOMETRÍA DEL CORAZÓN FETAL NORMAL  
DEL HUMANO

T E S I S

que para obtener el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS MÉDICAS

P R E S E N T A

MA. ELIZABETH HALLEY CASTILLO

TUTOR: DR. MIGUEL ANGEL VILLASIS KEEVER  
COTUTOR: DR. MANUEL ARTEAGA MARTÍNEZ  
DRA. ISABEL GARCÍA-PELÁEZ



México, D. F.

Noviembre de 2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## GRACIAS SEÑOR

Porque tú formaste mis entrañas;  
Tú me hiciste en el vientre  
de mi madre.  
Te alabaré; porque formidables;  
maravillosas son tus obras;  
Estoy maravillado,  
y mi alma lo sabe muy bien.  
No fue encubierto de ti mi cuerpo  
Bien que en lo oculto fui formado,  
y entretejido en lo más  
profundo de la tierra.  
Mi embrión vieron tus ojos  
Y en tu libro estaban escritas  
todas aquellas cosas  
Que fueron luego formadas,  
Sin faltar una de ellas.  
¡Cuán preciosos me son, oh  
Dios, tus pensamientos!  
¡Cuán grande es la suma de ellos!  
Si los enumero, se multiplican  
más que la arena;  
Despierto, y aún estoy contigo.

Salmo 139: 13-18

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas  
UNAM a difundir en formato electrónico  
el contenido de mi trabajo intelectual.

NOMBRE: Elizabeth Nalley

FECHA: 21/Nov/02

FIRMA: [Firma manuscrita]

## **DEDICATORIA.**

**A Dios** por ser mi fortaleza y escudo, mi ayuda y mi libertador, porque siempre me ha sustentado con la diestra de su justicia. Gracias por la maravillosa carrera que me diste, para servirte.

**A ti Papá** porque con tu ejemplo he aprendido que hay que tener amor, valor, honestidad y esfuerzo para ser alguien tan grandioso como tú. Gracias por tu amor.

**A ti Mamá** que me enseñaste que la disciplina, la comprensión, el respeto, la paciencia y la ilusión son valores importantes en la vida. Gracias por tu ejemplo.

**En especial a mis amados hijos Oswaldo y Andrea** porque su presencia me ha dado fortaleza y su amor la alegría para continuar. Porque son la más grande bendición que Dios me ha dado.

**A todos los pequeños** que me permitieron aprender a través de ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

**Al Dr. Miguel Ángel Villacís** con gran admiración por haber compartido sus conocimientos, porque su ejemplo y apoyo hicieron posible la culminación de este trabajo. Gracias por tu invaluable ayuda.

**Al Dr. Manuel Arteaga** con respeto y admiración, por iniciar la inquietud de esta investigación, y por compartir su experiencia y conocimiento. Gracias porque me ha apoyado extraordinariamente en este proyecto.

**A la Dra. Isabel García-Peláez** quien con su maravillosa persona, me ha enseñado que no existe ningún impedimento para ser un excelente investigador y una gran amiga. Gracias por ser como eres.

**Al Dr. Juan Garduño** por sus enseñanzas y orientación en el desarrollo de mi preparación, por brindarme la oportunidad de aprender de su experiencia mi eterno agradecimiento.

**Al Dr. Jorge Espino Vela** por su sabiduría y sencillez, por darme la oportunidad de iniciarme en el conocimiento de la cardiología pediátrica y permitirme aprender de su ejemplo.

**Al Dr. Alfredo Vizcaíno** quien es un ejemplo de profesionalismo, gracias porque sus enseñanzas despertaron en mi el interés y el gusto por la cardiología pediátrica.

**A la Dra. Cristina Caballero** quien me impulso y apoyo, para iniciar esta etapa de mi vida.

A mis hermanas **Rosy, Paty, Sol, Carmen y Ángeles** que con su comprensión, amor y apoyo incondicional, le han dado cariño a mi vida para seguir adelante. Gracias por estar junto a mí.

A mis compañeros y amigos **Isayana, Lulú, Claudia, Lolita, Erica, Norma, Carlos, Héctor, Eric, José, Jorge y Andrés**, quienes con su apoyo, amistad y sugerencias contribuyeron en la elaboración de este proyecto.

A **mis Maestros** que colaboraron positivamente en mi formación.

A la **Dra. Saavedra, a Tere y Bety** por compartir enseñanzas y experiencias, muchas gracias por su valiosa ayuda.

A la **Dra. Concepción** porque siempre ha tenido una palabra de aliento en el momento preciso, por su paciencia y el gran apoyo que me ha brindado.

A todo el personal que labora en el Departamento de Biología del Desarrollo y Teratogénesis Experimental, **Marcela, Oswaldo, Laura, Alejandra, Sr. Mario y Sra. Mary** muchas gracias.

A **Todos** con todo mi amor y respeto por su apoyo incondicional y su confianza.

Agradezco a quienes me han dado la oportunidad de realizar este proyecto de investigación.

**Universidad Nacional Autónoma de México.**

**Hospital Infantil de México “ Federico Gómez”**

**Centro Médico Nacional Siglo XXI**

**CONACYT**

# INDICE

Resumen .....	9
Antecedentes .....	10
• Morfometría .....	10
• Ecocardiografía Fetal .....	12
Justificación.. .....	14
Planteamiento del Problema .....	15
Objetivos .....	16
Material y Método .....	17
• Diseño .....	17
• Criterios de Selección .....	18
• Variables .....	20
• Equipo .....	25
• Descripción General del Estudio .....	26
• Análisis Cualitativo .....	26
• Análisis Cuantitativo .....	27
• Estandarización de la Técnica .....	29
• Análisis Estadístico .....	31
Consideraciones Éticas .....	32
Consideraciones de Bioseguridad .....	34
Resultados .....	35
Discusión .....	43
Conclusiones .....	53

Bibliografía.....	54
Cuadros .....	62
Cuadro 1 .....	63
Cuadro 2 .....	64
Cuadro 3 .....	65
Cuadro 4 .....	66
Cuadro 5 .....	67
Cuadro 6 .....	68
Cuadro 7 .....	69
Cuadro 8 .....	70
Cuadro 9 .....	71
Cuadro 10 .....	72
Cuadro 11 .....	72
Figuras .....	73
Figuras 1 .....	74
Figura 2 .....	75
Figura 3 .....	76
Figura 4 .....	77
Figura 5.....	78
Figura 6.....	79
Gráficas.....	80
Gráfica 1 .....	81
Gráfica 2.....	81
Gráfica 3 .....	82
Gráfica 4 .....	82
Gráfica 5 .....	83

Gráfica 6 .....	83
Gráfica 7 .....	84
Gráfica 8 .....	84
Gráfica 9 .....	85
Gráfica 10 .....	85
Gráfica 11 .....	86
Gráfica 12 .....	86
Gráfica 13 .....	87
Gráfica 14 .....	87
Anexo 1 .....	88

## **RESUMEN**

La ecocardiografía fetal se ha venido realizando sin tener suficiente información sobre la morfometría normal del corazón fetal. Originando la siguiente interrogante: ¿Cuáles son las dimensiones de los segmentos del corazón fetal, entre las semanas 13 y 20 de gestación?

**OBJETIVOS.** Determinar las dimensiones de los segmentos atrial, ventricular y arterial en fetos humanos normales con edades entre 13 y 20 semanas.

**MATERIAL Y METODOS.** Estudio transversal de 103 corazones fetales normales, obtenidos de abortos espontáneos. Criterios de inclusión: fetos de 13 a 20 semanas, sin malformaciones, con crecimiento armónico y bien conservados.

**Variables.** Dimensiones de los segmentos atrial, ventricular y arterial.

**Análisis estadístico.** Se empleó mediana y percentiles, coeficiente de correlación intraclase y correlación de Pearson.

**RESULTADOS.** En 103 corazones se realizaron las mediciones externas e internas de los segmentos atrial, ventricular y arterial. Existe un incremento lineal de todas las estructuras. En todas el diámetro de la aorta ascendente fue mayor al de la aorta descendente, el de la rama pulmonar izquierda fue menor al de la rama derecha, la relación del diámetro de las grandes arterias fue de 1:1. Ambos ventrículos conservan una relación semejante a la observada en la vida postnatal.

**CONCLUSIONES.** 1. Durante el segundo trimestre de la gestación la aorta y la arteria pulmonar tienen el mismo diámetro. 2. El istmo aórtico es siempre mayor que el conducto arterioso. 3. La proporción entre el istmo aórtico y la aorta ascendente fluctúa entre 0.65 – 0.73. 4. No existe predominio del ventrículo derecho sobre el izquierdo.

## **ANTECEDENTES**

El corazón durante la etapa embrionaria sufre cambios rápidos y dramáticos en su tamaño y su forma, hasta que alcanza su expresión anatómica final al inicio de la etapa fetal; es uno de los primeros órganos en comenzar su desarrollo y el primero en alcanzar su madurez morfo-funcional <sup>1-5</sup>. En la 4ª semana de gestación ya forma un tubo cardiaco primitivo y se observa contractilidad miocárdica; durante la 5ª y 6ª semana se desarrollan los cojines endocárdicos atrioventriculares y los septum interatrial e interventricular, cerrándose el foramen interventricular entre la 6ª y 7ª; los aparatos valvulares atrioventriculares y arteriales, si bien ya están formados desde 6ª semana, terminan su maduración alrededor de la 12ª semana.

### **Morfometría del corazón en la etapa postnatal**

El primer estudio morfométrico del corazón postnatal lo realizó Bizot en 1837 <sup>6</sup>. En el siglo XX varios estudios, fundamentalmente de adultos, describieron las características cualitativas y cuantitativas de corazones obtenidos de autopsias; en las descripciones se incluyeron las dimensiones internas y externas de algunos de los componentes del corazón y la relación entre peso, talla y tamaño del corazón <sup>7-15</sup>. Posteriormente se realizaron estudios para determinar la correlación de las dimensiones obtenidas por anatomía patológica con la angiografía y la ecocardiografía; se ha demostrado que en adultos con cardiopatías adquiridas su correlación varía entre el 80 y 92% <sup>8,9, 12, 13</sup>.

En tres estudios se ha determinado la morfometría cardiaca en niños, realizándose la medición de los segmentos atrial, ventricular y arterial, así como la unión atrioventricular. En 1961 De la Cruz y cols. evaluaron 100 corazones de sujetos entre seis meses de vida intrauterina hasta los 12 años de edad <sup>7</sup>; Rowlatt, en 1963, realizó el estudio morfométrico de 83 corazones normales de niños, desde recién nacidos hasta los 15 años <sup>14</sup>. Amoedo y Boleri en 1978, estudiaron 120 corazones normales de sujetos entre 12 y 45 años de edad <sup>15</sup>. Estos estudios han sido la base para la evaluación anatómica, angiocardiográfica y ecocardiográfica de las cardiopatías congénitas en los niños <sup>16-19</sup>. Se ha reportado que, en niños con cardiopatía congénita, la correlación del ecocardiograma y la

anatomía patológica, tanto cualitativa como cuantitativamente, varía entre 85 y 93% <sup>19-24</sup>.

### **Morfología cardiaca en la etapa prenatal**

Desde 1909 existen estudios de órganos humanos durante la etapa prenatal, incluyendo al corazón fetal <sup>25,26,27,28</sup>. En cuanto al estudio morfométrico del corazón en la etapa prenatal, el primero fue realizado hace más de 40 años por la doctora De la Cruz y cols.<sup>7</sup>; se incluyeron seis corazones fetales de seis meses de vida intrauterina, describiéndose las longitudes y espesores de ambos ventrículos, raíz aórtica y tronco de la arteria pulmonar. Schulz y cols., <sup>27</sup> en 1962 reportaron las medidas del grosor de las paredes ventriculares y el perímetro de las válvulas cardiacas. Los primeros datos del tamaño del istmo de la aorta y del conducto arterioso en fetos humanos mayores de seis meses se obtuvieron de autopsias <sup>29,30</sup>, sin embargo no se definen con exactitud las mediciones por semana de gestación, ni el número de corazones evaluados. Van Meurs-Van Woezik y cols. <sup>31</sup>, en 1977, midieron los diámetros internos de los grandes vasos y del istmo aórtico en 46 corazones, las edades variaron desde 25 semanas de gestación hasta nueve años de vida extrauterina. Cabe aclarar que en los 30 corazones de productos menores de 40 semanas de gestación, hubo 10 con crecimiento anormal, a los cuales los autores los consideraron como fetos "normales". Entre 1987 a 1991 Alvarez y cols. <sup>32-34</sup>, publicaron tres estudios de anatomía cuantitativa de 496 fetos de 26 a 40 semanas de gestación, evaluando las dimensiones de los ventrículos, los grandes vasos y el conducto arterioso, no obstante el propósito fundamental del estudio fue determinar el volumen sanguíneo intracardiaco. La información obtenida se basó en el peso y no en la edad gestacional, hecho considerado como un error cuando se analiza el crecimiento fetal normal <sup>35</sup>.

## **Ecocardiografía fetal**

Los primeros intentos para registrar mediante ultrasonido el corazón fetal fueron hechos en 1954 por Edler<sup>36</sup>. Poco después, la incorporación del Doppler continuo a la obstetricia, abrió un nuevo campo de estudio del feto. Actualmente la exploración fetal incluye el Doppler color. La incorporación de esta tecnología ha permitido que la anatomía del corazón fetal pueda ser demostrada con suficiente nitidez<sup>20-21,37-39</sup>. Siendo un estudio seguro para el feto y la madre<sup>40-45</sup>, en algunos países entre el 90-100% de las mujeres son sometidas al menos a un estudio ecocardiográfico durante el embarazo<sup>46-50</sup>.

Varios expertos han descrito que la mejor capacidad de resolución de la ecocardiografía fetal se logra entre la semana 14 y 32 de gestación<sup>37, 51-55</sup>. Maitre y cols. reportaron dificultades para obtener imágenes nítidas en estadios tempranos del desarrollo embrionario por lo que sugieren realizar la búsqueda de alteraciones morfológicas y funcionales a partir de la semana 16<sup>37</sup>. Silverman y cols. consideran que el estudio inicial del corazón fetal es preferible realizarlo entre las semanas 18 y 22 de gestación, debido a que el tamaño del corazón permite mejor su exploración<sup>56</sup>. Si el estudio se realiza después de la semana 32 será más difícil obtener imágenes de alta calidad<sup>56,57</sup>.

## **La ecocardiografía y el corazón fetal**

Al igual que los estudios en la etapa postnatal, la ecocardiografía fetal requiere tener las bases morfométricas de los diferentes segmentos del corazón<sup>51</sup>. No obstante que la información parece insuficiente<sup>16-19</sup>, los estudios con esta técnica se han realizado desde 1980. Allan y cols. efectuaron un estudio cualitativo de la anatomía patológica en 25 fetos de 12 a 28 semanas de gestación, seccionando a los fetos para imitar los planos ecocardiográficos; por primera vez se describe el análisis segmentario para establecer modelos anatómicos normales, pero sin establecer las mediciones cuantitativas de los diferentes segmentos<sup>21</sup>. Sahn y cols. describieron en mujeres embarazadas de 20 a 41 semanas de gestación la circunferencia de los ventrículos y del diámetro interno de la aorta y de la pulmonar, encontrando que hay una relación directa entre el crecimiento cardiaco y el crecimiento global del feto. También observaron diferencias antes y después

del nacimiento de la relación del radio entre el ventrículo derecho y el ventrículo izquierdo, pero no en el diámetro de la arteria pulmonar y la aorta <sup>53</sup>, señalando que con los cortes ecocardiográficos convencionales (eje largo, eje corto y cuatro cámaras) es posible visualizar las estructuras cardíacas que se evalúan en la vida extrauterina, pero sin hacer ninguna medición del resto de las estructuras <sup>54</sup>.

En 1982, Allan y cols. estudiaron 200 fetos de edades comprendidas entre 16 a 40 semanas de gestación, midieron el diámetro transverso de ambos ventrículos, raíz aórtica, y aurícula izquierda mediante ecocardiografía modo-M. Las medidas se correlacionaron con la edad gestacional, obteniéndose correlaciones de 0.82 hasta 0.89; sin embargo, no se midió la aurícula derecha, diámetro de las válvulas auriculoventriculares, arco aórtico, tronco pulmonar y ramas pulmonares <sup>19</sup>.

Angelini en 1988 reportaron la morfometría de la aorta y la arteria pulmonar mediante ecocardiografía en 30 corazones fetales de 10 a 33 semanas de gestación. Con sus resultados concluyen que el istmo aórtico es mayor que el conducto arterioso, hallazgos diferentes a lo encontrado en modelos animales <sup>39</sup>.

En 1996, Fernández y cols. realizaron un estudio donde se evaluaron un gran número de estructuras. Mediante proyecciones ecocardiográficas convencionales midieron los diámetros de los anillos valvulares aórtico, pulmonar, mitral, y tricúspide, así como los diámetros diastólicos de ambos ventrículos en 90 fetos entre 17 y 39 semanas de gestación. Se encontró una correlación de 0.73 a 0.82 entre las distintas medidas y la edad gestacional; pero, no se evaluaron los diámetros de las aurículas, del arco aórtico, ni de las ramas pulmonares <sup>38</sup>.

Los estudios que hacen correlación de los hallazgos anatómicos con los ecocardiográficos son cualitativos y en la mayoría de las descripciones se han evaluado sujetos con cardiopatías congénitas <sup>17,18,20-24</sup>.

## JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, el estudio del corazón se realiza antes del nacimiento para determinar la existencia de alguna anomalía cardíaca fetal. Si este es el caso, la detección prenatal permite planear dónde, cómo y cuando es conveniente que ocurra el nacimiento de ese niño. El diagnóstico prenatal de cardiopatías congénitas se realiza mediante la ecocardiografía, sin embargo, la información sobre la normalidad cardíaca del feto es incompleta <sup>24-28,30</sup>, por lo que algunos autores reconocen la necesidad de tener un conocimiento más sólido de la anatomía cardíaca fetal, basada en estudios morfológicos, donde se midan en su totalidad los diferentes segmentos a partir de etapas tempranas del desarrollo <sup>17,18</sup>. Esta información proporcionará datos objetivos para la exploración ecocardiográfica permitiendo realizar diagnósticos prenatales certeros <sup>57,58,59</sup>. El estudio ecocardiográfico prenatal debería realizarse entre las semanas 16 y 22 de gestación <sup>37,56,57</sup>, no obstante, la mayoría de los estudios morfométricos publicados se han efectuado a partir de la semana 23.

La relevancia clínica de estas dimensiones en este periodo fetal, estriba en que un gran número de anomalías cardíacas que pueden y deben ser detectadas en estas semanas de gestación no son diagnosticadas, o bien, han resultado en diagnósticos falsos positivos de cardiopatías congénitas <sup>57,58,59</sup>.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El conocimiento morfológico del corazón normal y de las cardiopatías congénitas ha sido uno de los pilares fundamentales de la cardiología pediátrica<sup>60-68</sup>. El desarrollo y perfeccionamiento de las técnicas de diagnóstico y tratamiento de estas malformaciones obliga a aumentar el acervo de conocimientos morfológicos para realizar un diagnóstico clínico más preciso y un adecuado manejo quirúrgico.

En la actualidad, la mayoría de las cardiopatías congénitas son susceptibles de tratamiento quirúrgico, en general, con buenos resultados, cuando el diagnóstico y tratamiento son oportunos. Sin embargo, la ecocardiografía fetal se ha desarrollado sin tener suficiente información sobre la morfometría, obtenida de autopsias de fetos normales, de cada segmento del corazón. Los estudios de morfometría cardíaca fetal son incompletos, han sido realizados a partir de la semana 23 y no se han descrito los diámetros de las aurículas, del arco aórtico, de las válvulas atrioventriculares y ventriculoarteriales y el espesor de ambos ventrículos.

Por lo anterior, la pregunta de investigación es:

¿Cuáles son las dimensiones (morfometría) de los diferentes segmentos del corazón normal de fetos normales entre la semana 13 y 20 de gestación?

## **OBJETIVO GENERAL**

1. **Determinar las dimensiones de los segmentos del corazón normal en la etapa fetal, entre la 13 semana y 20 de gestación, en fetos obtenidos de abortos espontáneos.**

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- A) **Determinar mediante técnicas de morfometría directa, las dimensiones externas e internas de los segmentos atrial, ventricular y arterial del corazón normal, de fetos entre la semana 13 y 20 de gestación.**
- B) **Correlacionar las dimensiones de los diversos segmentos del corazón fetal con la edad gestacional.**
- C) **Comparar el crecimiento tanto del segmento ventricular derecho e izquierdo como el de los segmentos aórticos; y el diámetro de la raíz pulmonar con el de la raíz aórtica de corazones fetales normales entre la semana 13 y 20 de gestación.**
- D) **Obtener las proporciones de los diferentes segmentos aórticos, durante el periodo prenatal que comprende las semanas 13 a 20 de gestación.**

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### ***Lugar donde se realizó el estudio***

El presente proyecto se realizó en el laboratorio de Biología del Desarrollo y Teratogénesis Experimental del Hospital Infantil de México "Dr. Federico Gómez" en colaboración con la Unidad de Investigación Médica de Epidemiología Clínica del Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI y la Universidad Panamericana.

***Diseño:*** Transversal Descriptivo.

***Universo de estudio:*** 768 fetos humanos normales de edad morfológica entre 13 y 20 semanas, provenientes de la Embrio-Fetoteca del Hospital Infantil "Dr. Federico Gómez", seleccionados de abortos espontáneos desde julio de 1989 a marzo de 2001.

***Unidades de estudio:*** Corazones normales de fetos humanos. (Fig. 1 y 2)

### **Criterios de selección para los fetos**

#### ◆ Inclusión

1. Fetos normales con edad morfológica de 13 a 20 semanas.
2. Sin malformaciones congénitas aparentes.
3. Con crecimiento armónico.
4. En excelente estado de conservación.

### **Criterios de selección para los corazones**

#### ◆ Inclusión

1. Corazones fetales sin cardiopatía congénita.
2. Corazones en buen estado de conservación.

#### ◆ Eliminación

1. Corazones con laceración de estructuras a medir.

## **Características fetales externas que permiten determinar normalidad fetal:**

### ***Crecimiento armónico***

Definición conceptual: Conjunto de estados sucesivos por los que pasa un organismo, con un grado mayor o menor de aumento en el tamaño o forma con una adecuada proporción entre sus partes o elementos.

Definición operacional: Se determinó por la exploración de las características cualitativas y cuantitativas externas de los diferentes segmentos fetales, debiendo mantener una relación adecuada en la proporción, forma y tamaño de las estructuras de acuerdo a la edad fetal en la que se encuentre el feto <sup>69-71</sup>.

### ***Anomalia morfológica congénita***

Definición conceptual: Es una anormalidad estructural mayor o menor presente al nacimiento, que puede ser de cuatro tipos: malformación, disrupción, deformación y displasia <sup>71-73</sup>. Se considera *malformación* a la presencia de un defecto morfológico en un órgano o en una región del cuerpo, como resultado de un desarrollo anormal intrínseco. *Disrupción* es el defecto morfológico de un órgano, o de una región del cuerpo como resultado de la interferencia de un proceso normal del desarrollo. *Deformación* es la forma o posición anormal ocasionada por factores mecánicos extrínsecos. *Displasia* es la organización anormal de las células de un tejido resultado de una anormalidad en la histogénesis.

Definición operacional: A cada uno de los fetos analizados se les buscaron intencionadamente anomalías morfológicas externas, cráneo-faciales, de tronco, abdomen, extremidades, óseas, etc., así como anomalías morfológicas internas y externas del corazón.

## **VARIABLES**

### **1. Edad fetal**

Definición operacional: Tiempo aproximado transcurrido desde la fecundación hasta el momento de la muerte fetal. Para determinar la edad fetal real es necesaria la evaluación de los diferentes segmentos del feto<sup>69-71</sup>, que incluyen: peso corporal, longitud coronilla-rabadilla, longitud del fémur, longitud de la mano, longitud del pie, perímetro cefálico, perímetro torácico, perímetro abdominal y diámetro biparietal. Se expresa en semanas terminadas y se clasifican por semanas de gestación.

Escala de medición: Intervalo

Indicador: Semanas de gestación

### **2. Morfología cualitativa del corazón fetal**

Definición operacional: Estudio de la forma del corazón que se efectuó a través del análisis segmentario del corazón, determinando la normalidad en la forma, localización y distribución de cada uno de los segmentos cardiacos.

Escala de medición: Nominal, dicotómica

Indicador: Sin cardiopatía, con cardiopatía

### **3. Morfometría del corazón fetal**

Definición operacional: Determinada por la medición externa del corazón y grandes arterias, así como del interior de las cavidades cardiacas, grosor de las paredes del corazón y de algunas de las estructuras intracardiacas. Cada una de las mediciones se realizarán por triplicado por un solo observador, en quien se evaluará el grado de concordancia intraobservador.

Unidades: milímetros

Escala de medición: Cuantitativa continua

## **2.1 Mediciones externas (Fig. 3 y 4)**

- 2.1.1** Longitud mayor del corazón: Distancia del techo de los atrios a la punta de los ventrículos. ( "a" en Fig. 3)
- 2.1.2** Diámetro externo atrial (plano frontal): Distancia de la pared libre del atrio derecho a la pared libre del atrio izquierdo. ( "b" en Fig. 3)
- 2.1.3** Diámetro externo atrial (plano sagital): Distancia de la pared posterior a la pared anterior de los atrios, a nivel del surco interatrial posterior y anterior, respectivamente.
- 2.1.4** Diámetro externo ventricular (plano frontal): Distancia de la parte más prominente del borde derecho ventricular a la parte más prominente del borde izquierdo ventricular. ( "c" en Fig. 3)
- 2.1.5** Diámetro externo ventricular (plano sagital): Distancia de la pared posterior a la pared anterior de los ventrículos, al nivel de los surcos interventricular anterior y posterior respectivamente.
- 2.1.6** Longitud arteria pulmonar principal: Distancia del plano del anillo pulmonar al plano imaginario del borde inferior de las ramas pulmonares derecha e izquierda. ( "e" en Fig. 4)
- 2.1.7** Diámetro arteria pulmonar principal: Diámetro externo en el plano frontal de la arteria pulmonar principal, al nivel de su tercio medio. ( "b" en Fig. 4)
- 2.1.8** Diámetro rama derecha de la arteria pulmonar: Diámetro externo de la rama pulmonar derecha a la mitad de la distancia de su origen y su entrada al hilio pulmonar. ( "c" en Fig. 4)
- 2.1.9** Diámetro rama izquierda de la arteria pulmonar: Diámetro externo de la rama pulmonar izquierda a la mitad de la distancia de su origen y su entrada al hilio pulmonar. ( "d" en Fig. 4)
- 2.1.10** Diámetro del anillo pulmonar: Diámetro externo en el plano frontal de la arteria pulmonar principal, al nivel de su anillo valvular. ( "a" en Fig.4)

- 2.1.11** Diámetro del conducto arterioso: Diámetro externo del conducto arterioso en el plano frontal, aproximadamente a mitad de la distancia de su unión con la aorta y las ramas pulmonares. ( \* en Fig. 4)
- 2.1.12** Diámetro de la aorta ascendente: Diámetro externo de la aorta ascendente en el plano frontal, al nivel de su tercio medio. ( "f" en Fig. 4)
- 2.1.13** Diámetro del arco aórtico: Diámetro externo del arco aórtico en el plano frontal, en la región comprendida entre el origen del tronco braquiocefálico derecho y la carótida izquierda. ( "g" en Fig. 4)
- 2.1.14** Diámetro del istmo aórtico: Diámetro externo del istmo aórtico en el plano frontal, justo antes de la unión del conducto arterioso a la aorta. ( "h" en Fig. 4)
- 2.1.15** Diámetro de la aorta descendente: Diámetro externo de la aorta descendente en su porción torácica. ( "i" en Fig. 4)

## **2.2 Mediciones internas**

### **2.2.1 Segmento atrial**

- 2.2.1.1** Grosor pared libre del atrio derecho: En corte "clásico", grosor de la pared del atrio derecho (sin músculos pectíneos ni crista terminalis).
- 2.2.1.2** Grosor pared libre del atrio izquierdo: En corte "clásico", grosor de la pared del atrio izquierdo.
- 2.2.1.3** Diámetro fosa oval: En el corte "clásico", visualizado desde el atrio derecho, diámetro del limbo de la fosa oval.

## **2.2.2 Segmento ventricular**

### **2.2.3 Ventriculo derecho**

- 2.2.3.1** Diámetro interno (plano sagital): En corte "clásico", distancia del endocardio de la pared posterior del ventrículo derecho al endocardio del infundíbulo pulmonar inmediatamente debajo de los anillos tricuspídeo y pulmonar. ( "a" en Fig. 5 )
- 2.2.3.2** Longitud vía de entrada: En corte "clásico", distancia del anillo tricuspídeo al endocardio de la punta del ventrículo derecho.( "b" en Fig. 5 )
- 2.2.3.3** Longitud vía de salida: En corte "clásico", distancia del anillo pulmonar al endocardio de la punta del ventrículo derecho.( "c" en Fig. 5 )
- 2.2.3.4** Grosor vía de entrada. En corte "clásico", grosor de la pared posterior del ventrículo derecho a nivel de su tercio superior, medio e inferior. ( "c" en Fig. 5 )
- 2.2.3.5** Grosor vía de salida: En corte "clásico", grosor de la pared anterior del ventrículo derecho a nivel de su tercio superior, medio e inferior. ( "e" en Fig. 5 )

### **2.2.4 Ventriculo izquierdo**

- 2.2.4.1** Diámetro interno (plano sagital): En corte "clásico", distancia del endocardio de la pared posterior del ventrículo izquierdo al endocardio del infundíbulo aórtico, inmediatamente debajo de los anillos mitral y aórtico. ( "a" en Fig. 6 )
- 2.2.4.2** Longitud vía de entrada: En corte "clásico", distancia del anillo mitral al endocardio de la punta del ventrículo izquierdo. ( "b" en Fig. 6 )
- 2.2.4.3** Longitud vía de salida: En corte "clásico", distancia del anillo aórtico al endocardio de la punta del ventrículo izquierdo. ( "c" en Fig. 6 )

**2.2.4.4** Grosor vía de entrada: En corte "clásico", grosor de la pared posterior del ventrículo izquierdo a nivel de su tercio superior, medio e inferior. ( "d" en Fig. 6 )

**2.2.4.5** Grosor vía de salida: En corte "clásico", grosor de la pared anterior del ventrículo izquierdo a nivel de su tercio superior, medio e inferior. ( "e" en Fig. 6 )

## **EQUIPO**

- ❖ Báscula digital de precisión Chyo JL-180 con escala hasta miligramos
- ❖ Cámara fotográfica digital Coolpix 990
- ❖ Cámara fotográfica Nikon F-3 de 35 mm
- ❖ Computadora PC Lanix
- ❖ Equipo fotográfico Multiphot Nikon para macro-microfotografía
- ❖ Impresora de inyección de tinta Hewlett Packard Deskjet 500
- ❖ Lámpara auxiliar de microscopía de fibra óptica
- ❖ Lupa con luz fluorescente
- ❖ Microscopio estereoscópico binocular SMZ-10 Nikon, con ocular micrométrico
- ❖ Regla graduada en mm.
- ❖ Diskettes para computadora de 3.5" (12 unidades)

### **Instrumental**

- ❖ Calibrador Vernier de plástico con escala de décimas de mm.
- ❖ Pinzas de disección de 4" con punta curva.
- ❖ Pinzas de disección de 4 ½" con punta recta.
- ❖ Pinzas de punta extrafina recta del No. 5(2).
- ❖ Instrumental de microdisección.
- ❖ Tijeras.

### **Cristalería**

- ❖ Cajas de Petri de 6 cm de diámetro.
- ❖ Frascos de cristal de 100ml, 250ml, 500ml, 1000ml.
- ❖ Garrafón de 20 Lt para formol.

### **Reactivos y otros materiales**

- ❖ Formol al 40%
- ❖ Agua destilada.
- ❖ Guantes quirúrgicos 7½.
- ❖ Cubrebocas.
- ❖ Fosfatos.

### **Descripción General del estudio.**

- 1. Abordaje:** Con el feto colocado en posición decúbito dorsal, se realizó con bisturí una incisión en "T" en la cara anterior del tórax desde la unión esternal-clavicular hasta el apéndice xifoides. Mediante disección roma se separaron los tejidos blandos de la parrilla esterno-costal, y se cortaron con tijeras los cartílagos costales a ambos lados, dejando expuesta la cavidad pleuro-pericárdica.
- 2. Análisis cualitativo:** Una vez abierto el tórax se valoró *in situ* el bloque cardiopulmonar, analizando la forma, tamaño, relaciones y características morfológicas externas del corazón, pulmones y grandes arterias.

A continuación utilizando tijeras se cortó la tráquea y el esófago, así como las venas cavas superior e inferior, el tronco braquiocefálico derecho, la carótida común izquierda, la subclavia izquierda y la aorta descendente, seccionando todos estos vasos lo más alejado posible del corazón. Se extrajo el bloque cardiopulmonar completo, y utilizando una lupa simple de magnificación o microscopio fotónico estereoscópico, se analizó nuevamente la forma, tamaño, relaciones y características morfológicas externas del bloque; considerando, además, las caras posterior, inferior y laterales que no lograron ser observadas *in situ*.

Utilizando pinzas de disección finas y tijeras de iris se separó al corazón de los pulmones; hubo especial cuidado de no desgarrar ninguna de las estructuras y de identificar perfectamente las venas cavas superior e inferior y las venas pulmonares antes del corte. Toda esta disección se hizo bajo una lupa de magnificación o el microscopio estereoscópico.

Una vez separado el corazón de los pulmones, se valoró el tamaño, forma y relaciones de los segmentos atrial, ventricular y arterial, teniendo en cuenta sus tamaños relativos; para esto fue necesario identificar perfectamente los surcos externos del corazón y los vasos coronarios que sirvieron como punto de referencia. Especial atención se dio al segmento arterial, donde se valoró

cuidadosamente el tronco y cada una de las ramas de la arteria pulmonar, así como la aorta en sus diferentes porciones (ascendente, arco aórtico y descendente). Cuando se consideró necesario se hizo el registro fotográfico del espécimen (Fig. 1 y 2). Toda esta valoración se realizó también bajo la visión directa de una lupa de magnificación o el microscopio estereoscópico.

Una vez establecida la normalidad externa del corazón, se procedió a realizar la disección del mismo para exponer el interior de las cavidades cardiacas, mediante:

**Disección "clásica":** Con esta disección es posible la visualización de todas las cavidades cardiacas, permitiendo la medición de la mayoría de las estructuras o regiones intracardiacas (Fig. 2,5,6). La secuencia fue la siguiente:

- Se practicó un corte sobre el atrio derecho desde la vena cava inferior hasta la punta de este atrio.
- De la cara posterior del atrio derecho hasta el ápex del ventrículo derecho, pasando por la válvula tricúspide.
- Del ápex del ventrículo derecho a la arteria pulmonar (hasta el punto de bifurcación de las ramas), pasando por el infundíbulo y la válvula pulmonar.
- Se practicó un corte sobre la cara posterior del atrio izquierdo de la vena pulmonar inferior derecha hasta la vena pulmonar inferior izquierda.
- De la cara posterolateral del atrio izquierdo hasta el ápex del ventrículo izquierdo, pasando por la válvula mitral.
- Del ápex del ventrículo izquierdo hasta al arco aórtico, pasando por la válvula aórtica y la aorta ascendente.

**3. Análisis cuantitativo:** Una vez separado el corazón de los pulmones, se procedió al registro cuantitativo externo e interno del corazón (Anexo 1).

**A) Peso del corazón:** Se registró el peso del corazón utilizando una balanza digital con precisión de miligramos.

**B) Medición externa del corazón:** Previo a la disección de las cavidades cardíacas y mediante calibrador Vernier o utilizando un ocular micrométrico de medición adaptado al microscopio estereoscópico (según sean las dimensiones del corazón y/o región a medir), se registraron las siguientes mediciones externas:

- a) Longitud mayor del corazón ("a" en Fig. 3).
- b) Diámetro máximo externo atrial en los planos frontal y sagital ( "b" en Fig. 3).
- c) Diámetro máximo externo ventricular en los planos frontal y sagital ( "c" en Fig. 3).
- d) Longitud y diámetro de la arteria pulmonar principal ("b" y "e" en Fig. 4).
- e) Diámetro de las ramas pulmonares derecha e izquierda ( "c" y "d" en Fig. 4).
- f) Diámetro externo del anillo pulmonar ( "a" en Fig. 4).
- g) Diámetro del conducto arterioso (\* en Fig. 4).
- h) Diámetro de la aorta ascendente, arco aórtico, istmo aórtico y aorta descendente "f,g,h,i" en Fig.4).

**C) Medición interna del corazón:** Una vez abiertas las cavidades cardíacas y mediante calibrador Vernier o utilizando un ocular micrométrico de medición adaptado al microscopio estereoscópico (según sean las dimensiones del corazón y/o región a medir), se registraron las mediciones internas. Anexo 1

### **Estandarización de la Técnica**

Todas las mediciones fueron realizadas por un sólo observador capacitado en morfometría cardiaca (EHC), cada estructura se midió en tres ocasiones siendo el promedio de las tres, el que se registró en la base de datos.

Para realizar las mediciones externas, se utilizaron dos instrumentos, el calibrador Vernier y el ocular micrométrico. Las mediciones correspondientes a la longitud mayor del corazón, la longitud auricular y ventricular en su plano sagital y frontal, fueron hechas con el Vernier, independientemente de la edad gestacional. De esta forma todos los especímenes fueron evaluados con el mismo instrumento. No fue posible estandarizar la técnica para determinar el perímetro de la válvula aórtica, debido al tamaño de las estructuras, el cual era tan pequeño, que incluso, utilizando los hilos más delgados para adherirlos a la superficie de la válvula y delimitar su contorno generaba un gran margen de error; por tanto decidimos no incluir la medición de esta estructura.

Para la evaluación del peso del corazón se calibró la báscula; en un mismo día, se realizó el registro del peso de todos los corazones, inmediatamente después de su extracción del formol, y colocados en una gasa.

Una vez estandarizada la técnica de medición, se determinó la variabilidad intraobservador, mediante el coeficiente de correlación intraclase. Para esta fase se eligieron 25 corazones, cada segmento del corazón se midió en tres ocasiones, en tiempos diferentes, encontrándose  $r = 0.92$ . Para ejemplificar la correlación se seleccionaron las siguientes estructuras:

Medición	r	IC 95%	P
Peso del corazón	0.99	0.98 – 0.99	0.001
Longitud mayor del corazón	0.98	0.97- 0.99	0.001
Diámetro de la Aorta Ascendente	0.97	0.95 – 0.98	0.001
Diámetro del Arco aórtico	0.98	0.96 – 0.99	0.001
Diámetro del Istmo aórtico	0.97	0.96 – 0.99	0.001
Diámetro del Conducto arterioso	0.92	0.86 – 0.96	0.001

r = coeficiente de correlación. IC95%: intervalo de confianza al 95% de r.

Con estos resultados se concluyó que el evaluador era consistente en sus mediciones. Posteriormente, para determinar la confiabilidad de las diferentes mediciones, se compararon con las realizadas por el morfólogo experto en cardiopatías congénitas (MAM). Para este propósito se evaluó la variabilidad interobservador con la medición de 15 corazones. Se calculó la concordancia interobservador para todas las estructuras, mediante el coeficiente de correlación intraclase, obteniéndose  $r = 0.96$  ejemplificado algunas de las estructuras en el siguiente cuadro:

Medición	r	IC 95%	p
Peso del corazón	0.99	0.98 – 0.99	0.001
Longitud mayor del corazón	0.99	0.99 – 1.00	0.001
Diámetro de la Aorta Ascendente	0.98	0.89 – 0.99	0.001
Diámetro del Arco aórtico	0.99	0.92 – 0.99	0.001
Diámetro del Istmo aórtico	0.97	0.75 – 0.99	0.001
Diámetro del Conducto arterioso	0.99	0.94 – 0.99	0.001

r = coeficiente de correlación. IC95%: intervalo de confianza al 95% de r.

Con estos resultados se concluyó que las mediciones realizadas por el evaluador eran consistentes y confiables, por lo que se continuó con la medición del resto de los corazones.

## **Análisis Estadístico**

### **1. *Análisis descriptivo***

- a. Se determinó que la distribución de las variables cuantitativas fue diferente a la normal.
- b. Para las variables cuantitativas se obtuvo mediana y percentiles.
- c. Comparación de las medianas de los diferentes segmentos, por estructura y por semana, mediante proporciones.

### **2. *Análisis inferencial***

- a. Para la comparación de las dimensiones entre las estructuras de los grupos por semana se realizó análisis de varianza no paramétrico, con la prueba de Friedman. Cuando hubo diferencias estadísticamente significativas se realizó prueba de Wilcoxon entre dos grupos.
- b. Coeficiente de Correlación de Spearman para la correlación de las dimensiones de las estructuras y la edad gestacional.
- c. Los valores de  $p \leq 0.05$  fueron considerados significativos.

## CONSIDERACIONES ÉTICAS

Desde el punto de vista biológico, el desarrollo comienza desde el momento mismo de la fecundación y pasa por diferentes etapas que concluyen con la muerte del individuo; por tanto, las etapas embrionaria y fetal son parte del desarrollo humano y consideramos que desde ese momento se adquiere el *status humano* y los embriones y fetos de cualquier edad gestacional deben ser considerados como seres humanos y respetados en su dignidad y derechos jurídicos <sup>74</sup>.

Este estudio fue de tipo descriptivo, realizado en fetos obtenidos de abortos espontáneos y se ciñe a lo establecido en la Ley General de Salud, en su Título Quinto, Artículo 96 (Pag. 18) y en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, en su Título Primero, Artículo 3° (Pag. 422), que dicen <sup>75</sup>:

"La investigación para la salud comprende el desarrollo de acciones que contribuyan:

Al conocimiento de los procesos biológicos y psicológicos en los seres humanos.... "

así como al Título Segundo, Artículo 13 (Pag. 424) del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, que dice <sup>75</sup>:

"En toda investigación en que el ser humano sea sujeto de estudio, deberá prevalecer el criterio del respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar",

y en el mismo Título Segundo, Artículo 14, Fracción III (Pag. 425), que dice <sup>75</sup>:

"Se deberá realizar sólo cuando el conocimiento que se pretenda producir no pueda obtenerse por otro medio idóneo "

Asimismo, atiende a lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de la disposición de Órganos, Tejidos y Cadáveres de Seres Humanos, en su Capítulo I, referente a las "Disposiciones Generales", en su Artículo 6° (Pag. 461-463), que dice <sup>75</sup>:

"Para los efectos de este Reglamento, se entiende por:

XI. Disposición de órganos, tejidos y cadáveres y sus productos: El conjunto de actividades relativas a la obtención, preservación, preparación, utilización, suministro y destino final de órganos, tejidos y sus componentes y derivados, productos y cadáveres, incluyendo los de embriones y fetos, con fines terapéuticos, de docencia o de investigación;

XIII. Embrión: El producto de la concepción hasta la decimotercera semana de gestación;

XIV. Feto: El producto de la concepción a partir de la decimotercera semana de gestación, hasta la expulsión del seno materno";

Según el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, en su título Segundo, Artículo 17 (Pag. 425) <sup>75</sup>, esta investigación se consideró sin riesgo: "son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realizó ninguna intervención o modificación intencionada en las variable fisiológicas, .... " ya que los fetos y embriones son productos de aborto espontáneo, es decir productos muertos y por lo tanto el individuo no sufre daño – real ni potencial – como consecuencia inmediata o tardía del estudio.

## **CONSIDERACIONES DE BIOSEGURIDAD**

Si bien no se contempló realizar ningún procedimiento de especial peligro, dado que se utilizó formaldehído, de conocido efecto tóxico y carcinogénico, se tomaron todas las medidas necesarias de protección para los participantes del proyecto y para todo el personal que labora en los laboratorios donde se realizaron los diferentes pasos de la investigación, tales como:

- Información completa sobre el protocolo de investigación y de las sustancias que se emplean en el mismo
- Información detallada de los efectos conocidos del formaldehído, así como de las medidas de emergencia a utilizar en caso de inhalación, ingestión o contacto directo con la piel, conjuntiva o mucosas
- Utilización de un laboratorio con adecuadas condiciones de higiene y ventilación
- Uso de cubrebocas y guantes para la obtención y manejo de los corazones fetales
- Desecho apropiado de la solución de formaldehído, de acuerdo a las normas dictadas por la Comisión de Bioseguridad del Hospital Infantil de México "Federico Gómez", y
- Desecho apropiado de los restos de tejido fetal resultantes del proceso de disección de los corazones fetales, de acuerdo a las normas dictadas por la Comisión de Bioseguridad de este Hospital.

## RESULTADOS

De los 108 fetos seleccionados, se excluyeron cinco: tres, por la presencia de cardiopatía congénita, específicamente comunicación interauricular; y dos por laceración de estructuras del corazón durante la disección. De esta forma sólo se analizaron 103 fetos de 13 a 20 semanas de gestación: 57 del sexo masculino y 46 del sexo femenino, siendo la mediana de la edad gestacional de 16.5 semanas. La somatometría correspondiente al peso, talla, perímetro cefálico y longitud del fémur de los 103 fetos se describen en el Cuadro 1 (Pág. 63). La mediana del peso de acuerdo a la semana de gestación varió desde 75.2 g en la semana 13 hasta 499.3 g en la semana 20; para la talla, las medianas se ubicaron entre 94.5 y 174.5 mm; el perímetro cefálico de 112.5 hasta 203.0 mm y la mediana de la longitud del fémur desde 30.2 hasta 58.5 mm.

### ***Dimensiones externas del corazón***

Las características externas de los corazones se describen en el Cuadro 2 (Pág. 64).

**Peso:** la mediana para la semana 13 fue de 0.54 g y para la semana 20 de 4.69 g. Hubo un incremento progresivo semanal, siendo en promedio de 0.58 g, observándose en la semana 19 el mayor incremento, 1.33 g. No obstante el mayor porcentaje de crecimiento se observó en la semana 15. De esta forma, el promedio semanal de crecimiento fue del 36.9%; considerando el valor de la semana 13, el incremento de peso durante las siete semanas fue de aproximadamente 7.6 veces.

**Longitud Mayor del Corazón:** la mediana por semana gestacional fluctuó de 13.0 mm en la semana 13, hasta 26.75 mm en la semana 20. Esta estructura aumentó en promedio 1.97 mm por semana, siendo en las semanas 16 y 19 el mayor incremento (Cuadro 2). De acuerdo con lo observado durante las siete semanas el promedio semanal de incremento fue de 10.9%, creciendo 107% de su valor inicial.

**Longitud Externa Atrial Plano Frontal:** la mediana fue de 9.0 mm en la semana 13, mientras que en la semana 20 de 17.5 mm. El incremento semanal promedio fue de 1.31 mm, observándose aumentos hasta de 2.2 mm en la semana 15

(Cuadro 2). Su crecimiento semanal promedio fue de 10.2%, y el total durante las siete semanas del 94%.

**Longitud Externa Ventricular Plano Frontal:** la mediana osciló de 7.9 mm en la semana 13 hasta 16.4 mm en la semana 20. El promedio de crecimiento fue de 1.25 mm; siendo el mayor en la semana 16; 2.0 mm. El aumento promedio semanal fue de 11.1%. De acuerdo con el valor inicial en la semana 13, el crecimiento global fue de 107%.

### **Evaluación de las dimensiones de la Arteria Pulmonar**

Los percentiles de los diámetros de cada segmento pulmonar se presentan en el Cuadro 3 (gráficas 1-2, Pág. 65).

**Longitud de la Arteria Pulmonar:** en la semana 13 la mediana fue de 4 mm y en la 20 de 8.0 mm; teniendo un promedio semanal de crecimiento de 0.58 mm, presentando incrementos hasta de 1.0 mm en la semana 16. El promedio de incremento entre cada una de las siete semanas fue 10.9%. Durante este periodo, la longitud de la arteria pulmonar creció el 105%.

**Diámetro del Anillo Valvular:** en la semana 13, la mediana fue de 2.1 mm, mientras que en la semana 20 de 4.0 mm. Siendo en promedio el aumento de 0.27 mm por semana, aunque en la semanas 17 y 18 sólo fue de 0.1 mm y en la semana 20 no se evidenció incremento. Considerando el crecimiento global, el porcentaje semanal promedio de crecimiento fue de 10.1%. Con relación al valor de la semana 13, el incremento total fue del 90%.

**Diámetro del Tronco de la Pulmonar:** la mediana fue de 2.2 mm en la semana 13, y en la semana 20 de 4.2 mm (gráfica 1); su incremento en promedio fue de 0.29 mm por semana de gestación, si bien en la semana 19 el incremento fue de 0.50 mm. Comparando las modificaciones durante las siete semanas, el crecimiento semanal promedio fue 10.2%, siendo el crecimiento global de este diámetro del 90%.

**Diámetro de la Rama Pulmonar Derecha:** en la semana 13 tuvo una mediana de 1.2 mm y en la semana 20 de 2.5 mm; incrementando en promedio 0.18 mm por semana, no obstante el aumento en la semanas 16 y 20 fue de más de 0.3 mm (Cuadro 3, gráfica 2). El porcentaje de crecimiento semanal en promedio en las siete semanas fue de 11.2%; de esta forma, esta estructura para la semana 20 incrementó el 108% con relación a su valor inicial.

**Diámetro de la Rama Pulmonar Izquierda:** la mediana en la semana 13 fue de 0.9 mm y en la 20 de 2.18 mm; aumentando en promedio 0.17 mm por semana. Se observaron los mayores incrementos en las semanas 16 y 19. (Cuadro 3, gráfica 2). El incremento semanal promedio fue del 13.5%, con lo cual esta estructura aumentó 142% su valor inicial.

### **Evaluación de las dimensiones de la Aorta**

Los percentiles de los diámetros de cada segmento aórtico por semana de gestación se presentan en el Cuadro 4 (gráficas 3-6, Pág. 66)

**Diámetro de la Aorta Ascendente:** la mediana fue de 2.1 mm en la semana 13 y en la semana 20 de 4.2 mm. Este diámetro se incrementó en promedio 0.3 mm por semana; el máximo aumento ocurrió entre la semana 19; 0.5 mm (Cuadro 4, gráfica 3). Durante las siete semanas, el promedio de incremento semanal fue de 10.6%; considerando la mediana de la semana 13, el crecimiento global fue del 100%.

**Diámetro del Arco Aórtico:** para la semana 13, la mediana fue de 1.92 mm y en la semana 20 de 3.8 mm; el aumento por semana de gestación en promedio fue de 0.26 mm, sin embargo en la semana 20 fue de 0.50 mm (gráfica 4). Observando las modificaciones durante las siete semanas, el promedio semanal de crecimiento fue del 9.4%, con un crecimiento total del 97%.

**Diámetro del Istmo Aórtico:** la mediana para la semana 13 fue de 1.45 mm y en la semana 20 de 3.0 mm; el aumento en promedio encontrado fue de 0.24 mm por semana de gestación, siendo hasta de 0.35 mm en la semana 19 (cuadro 4, gráfica 5). El porcentaje promedio de crecimiento semanal fue del 10% y al tomar en cuenta el valor inicial, el crecimiento global durante las siete semanas fue de 106%.

**Diámetro de la Aorta Descendente:** en la semana 13 la mediana fue de 1.75 mm y en la semana 20 de 3.35 mm (gráfica 6). Este diámetro se incrementó en promedio 0.22 mm por semana, observándose en la semana 16 un incremento de 0.4 mm. El incremento semanal promedio fue del 10%, alcanzado durante las siete semanas un incremento total del 91%.

**Diámetro del Conducto Arterioso:** como se observa en el Cuadro 4, (gráfica 2) aunque hubo un incremento de más del doble entre las semanas 13 y 20, a

diferencias de otras estructuras, en las mediciones efectuadas hubo gran variabilidad entre las semanas de gestación. De esta forma, entre las semanas 14 y 15 el diámetro disminuyó, tanto por mediana como por valor porcentual (-3.7%); y de la semana 16 a la 17 no hubo variaciones. A pesar de esto, se determinó un crecimiento promedio del diámetro del conducto de 0.15 mm por semana; lo cual representó el 11%; siendo el crecimiento durante las siete semanas del 104%.

### **Dimensiones internas del corazón**

En el Cuadro 5 (Pág. 67) se describen las dimensiones de la pared de ambas aurículas y el diámetro de la fosa oval.

**Aurículas.** El espesor de la pared de ambas aurículas fue muy similar; no hubo diferencias significativas ( $p = 0.86$ ) entre el espesor de la aurícula derecha y la izquierda.

**Fosa oval.** El diámetro de la fosa oval en la semana 13 tuvo una mediana de 2.4 mm, y para la semana 20 de 4.9 mm, su incremento en promedio fue de 0.35 mm por semana. En esta estructura también observamos variaciones del crecimiento ya que en la semana 18, el incremento fue de 1.0 mm, en contraste con la semana 15 en donde solo fue de 0.15 mm. Durante las siete semanas, el incremento promedio por semana fue de 10.9%; existiendo un crecimiento total del 104%.

**Ventrículos.** Las mediciones internas de los ventrículos se presentan en los Cuadros 6 al 8. En el Cuadro 6 (Pág.68), se describe la longitud en el plano sagital, longitud de la vía de entrada y la vía de salida de cada ventrículo (gráfica 8-14); en el Cuadro 7 (Pág. 69), las dimensiones del espesor de la pared ventricular de la vía de entrada, en los tercios superior, medio e inferior. En el Cuadro 8 (Pág. 70), la medición del espesor de la vía de salida, en los tercios superior, medio e inferior.

**Ventrículo Derecho.** En la semana 13, la longitud total del plano sagital tuvo una mediana de 5.2 mm y en la semana 20 de 10 mm (gráfica 9), incrementando 0.69 mm en promedio por semana. Considerando el valor inicial, durante el periodo estudiado el incremento global fue del 88%, con un promedio de 9.6% por semana.

La longitud de la vía de entrada presenta una mediana 6.4 mm en la semana 13 y de 12.7 en la semana 20 (gráfica 11), incrementando 0.9 mm en promedio por semana; lo que representa un crecimiento final de 99%, siendo el promedio

semanal de 10.4%. Para la vía de salida, la mediana en la semana 13 fue de 8.1 mm y en la semana 20 de 16.4 ( gráfica 13), presentado un incremento semanal de 1.2 mm, aumentando también el 99% de su valor inicial; el promedio por semana fue de 10.5%.

El espesor del ventrículo en su tercio medio en la vía de entrada (Cuadro 7), tuvo una mediana de 1.05 mm en la semana 13 y de 2.05 en la semana 20, incrementando en promedio 0.15 mm por semana. Este espesor incrementó 10.2% por semana, presentando un mayor crecimiento en la semana 16. No obstante es de hacerse notar que entre las semanas 17 a la 19 el espesor permanece igual. Por otro lado, el espesor de la vía de salida en el tercio medio (Cuadro 8) en la semana 13 la mediana fue de 0.95 mm, y en la semana 20 de 2.0 mm, con un incremento semanal promedio de 0.15 mm. El mayor incremento fue hacia la semana 20, sin haber variación de la semana 14 a la 15; al final del periodo su valor basal aumentó el 110%.

**Ventrículo Izquierdo.** En la semana 13, la longitud del plano sagital (Cuadro 6) la mediana fue de 2.9 mm y en la semana 20 de 6.1 mm (gráfica 10) , incrementando 0.48 mm por semana en promedio. Durante este periodo se incrementó 106% su valor inicial, siendo el promedio el 11.9% por semana; sin embargo, en la semana 16 el incremento fue del 51% de su valor previo, y no se modificó en la semana 17.

La longitud de la vía de entrada presentó una mediana de 6.5 mm en la semana 13 y de 15.1 mm en la 20 (gráfica 12), con un incremento semanal promedio de 1.26 mm, siendo el mayor crecimiento en la semana 19. El crecimiento total fue del 132%, que en promedio correspondió a un 13% semanal. Para la longitud en la vía de salida, la mediana fue de 7.5 mm en la semana 13 y de 16.5 mm en la semana 20 (gráfica 14), existiendo también en la semana 19 el mayor crecimiento. El incremento promedio semanal fue de 1.26 mm, lo que corresponde a un 12.0%; creciendo en total 118% con respecto al valor inicial. (Cuadro 6)

El espesor en el tercio medio en la vía de entrada (Cuadro 7) tuvo una mediana de 1.35 mm en la semana 13 y de 2.5 en la semana 20, con un crecimiento semanal de 0.16 mm (9.3%), encontrando en la semanas 16 y 17 un mayor crecimiento, sin embargo no cambió en la semana 18; así, el crecimiento global fue del 85%. Con respecto al espesor del tercio medio en la vía de salida (Cuadro 8) la mediana fue de 1.35 mm en la semana 13 y de 2.7 en la semana 20, con un incremento

semanal promedio de 0.13 mm, presentando su mayor crecimiento en la semana 17. El valor durante las siete semanas se duplicó, teniendo un crecimiento semanal promedio de 10.5%.

#### **Correlación de las diferentes estructuras con la edad gestacional.**

A través del Coeficiente de Correlación de Spearman, se realizó la correlación de las dimensiones de las estructuras y la edad gestacional obteniéndose el intervalo de confianza al 95% para cada estructura (cuadro 9, Pág.71), siendo las dimensiones correspondientes al peso y la longitud mayor del corazón, las que presentaron la mayor correlación con la edad gestacional  $r = 0.94$  ( IC 0.91- 0.95). La correlación menor se obtuvo en el grosor de la pared de la vía de salida del ventrículo derecho  $r = 0.72$  (IC 0.61- 0.80)

#### ***Comparación de las mediciones entre diferentes estructuras***

**Tronco de la Arteria Pulmonar y Aorta Ascendente.** Las dimensiones y el crecimiento de ambas estructuras fue muy semejante durante las siete semanas (Cuadros 3 y 4). Aunque en la semana 13 y 14 hay un ligero predominio, de aproximadamente 0.1 mm, del diámetro del tronco de la arteria pulmonar, desde la semana 15 ambos tienen la misma dimensión (relación 1:1, gráfica 7). Por lo que no hubo diferencia entre ambas estructuras desde el punto de vista estadístico,  $p = 0.75$  durante el período estudiado.

**Tronco de la Arteria Pulmonar y Anillo Pulmonar.** Ambas estructuras incrementaron el 90% de su valor basal. Durante las dos primeras semanas, el diámetro del anillo valvular fue mayor que el del tronco pulmonar, relación de 1.1:1 (Cuadro 3). Entre las semanas 15 a 17, el anillo es mayor; en las semanas 18 y 19 los diámetros son iguales y; para la semana 20, predomina el tronco. En el periodo de estudio, no hubo diferencia estadística de las dimensiones entre ambas estructuras ( $p = 0.25$ ).

**Diámetro de las Ramas Pulmonares Derecha e Izquierda.** Durante las siete semanas, el diámetro de la rama pulmonar derecha siempre fue estadísticamente mayor que la izquierda ( $p \leq 0.005$ ). Sin embargo, la rama izquierda incrementó 1.4 veces su valor inicial, mientras que la derecha sólo una vez; así la relación que en

la semana 13 era de 1:1.3, se modificó a 1:1.1 en la semana 20 (Cuadro 3, gráfica 2).

### **Dimensiones de los Segmentos Aórticos.**

La tasa de incremento durante las semanas analizadas fue diferente en todos los segmentos (cuadro 4, gráficas 3-6), correspondiendo la mayor tasa de crecimiento al istmo aórtico (106%) y la menor, a la aorta descendente (91%). Al comparar las dimensiones entre las estructuras se observó que el diámetro de la aorta ascendente fue mayor al diámetro de la aorta descendente, del arco aórtico, del istmo aórtico y del conducto arterioso ( $p < 0.005$ ). El diámetro del arco aórtico permanece mayor al diámetro de la aorta descendente en todas las semanas ( $p < 0.005$ ). La aorta descendente es mayor al istmo aórtico en todo el periodo estudiado ( $p < 0.005$ ); asimismo, el diámetro del istmo aórtico fue mayor que el conducto arterioso ( $p < 0.001$ ).

Se calcularon las proporciones de los diámetros de cada segmento de la aorta por semana de gestación porque es la forma de efectuar el diagnóstico de sus alteraciones (Cuadro 10, Pág. 71). Así, durante las ocho semanas, la proporción del arco aórtico y la aorta ascendente tuvo una mediana de 0.86, fluctuando entre 0.65 a 1.07; en el 95% de los corazones esta proporción fue menor que 0.97, lo que significa que en este periodo la aorta ascendente es mayor que el arco. La proporción del diámetro del istmo aórtico con el diámetro de la aorta ascendente obtuvo una mediana global de 0.70, oscilando entre 0.50 a 0.88; en el 92% de los casos el valor fue igual o menor que 0.81. En cuanto a la proporción de la aorta ascendente y la aorta descendente, la mediana fue de 1.29; este valor osciló entre 1.03 y 1.67 en el 99% de los casos, siendo siempre mayor la aorta ascendente. En cuanto a la proporción del arco aórtico y la aorta descendente, la mediana global obtenida fue de 1.11, oscilando de 0.79 a 1.45. El arco fue mayor en el 75% de las mediciones, y en el 10% ambas estructuras fueron iguales.

La mediana de la proporción istmo aórtico y aorta descendente fue de 0.90, fluctuando de 0.59 a 1.19. En el 81% de los corazones, la proporción fue menor o igual a 0.97 siendo en 18% de los casos igual o mayor que el istmo. Considerando que habitualmente el valor para realizar diagnóstico de alteración del arco aórtico, en la edad postnatal, es de  $\leq 0.81$ , de los 103 corazones estudiados 21.5% tuvieron valores menores o iguales a 0.81.

Referente a la proporción del conducto arterioso con el istmo, la mediana de la proporción fue de 0.76, variando de 0.43 a 1.19; sólo en nueve casos el conducto fue igual o mayor que el istmo.

**Dimensiones de los Ventriculos Derecho e Izquierdo.** Al comparar las dimensiones de ambos ventrículos (gráfica 8) se encontró que, la longitud del plano frontal del ventrículo derecho en las siete semanas fue significativamente mayor que el izquierdo ( $p < 0.005$ ). Sin embargo, la vía de entrada del ventrículo izquierdo fue mayor que la vía de entrada del ventrículo derecho en la mayoría de las semanas ( $p < 0.01$ ), no existiendo diferencias en la semana 13 y 18. Entre las vías de salida de ambos ventrículos, no se encontraron diferencias ( $p = 0.75$ )  
Con relación al espesor de la pared ventricular se observó que en los tercios superior, medio e inferior, tanto en la vía de entrada como en la vía de salida, el ventrículo izquierdo tuvo un espesor significativamente mayor que el derecho ( $p < 0.005$ ).

## **DISCUSIÓN**

Debido a la falta de información y con el propósito de mejorar la precisión diagnóstica de las malformaciones cardíacas en la etapa fetal, en este estudio se dan a conocer las dimensiones de los segmentos atrial, ventricular y arterial del corazón fetal normal en humanos, entre las semanas 13 y 20 de gestación.

### **Características del estudio**

En virtud de la serie de problemas metodológicos observados en estudios previos, para la realización de este trabajo, se tomaron en cuenta las características que debe cumplir un estudio para determinar normalidad. En comparación a estudios anteriores, se consideraron todos los elementos necesarios para garantizar la validez interna y establecer los límites normales de las estructuras cardíacas en fetos humanos entre la semana 13 y 20 de gestación. De esta forma, se evaluó la confiabilidad en todas las mediciones efectuadas, considerándose la variabilidad interobservador e intraobservador. Asimismo, mediante la utilización de un constructo de variables cualitativas externas <sup>70</sup>, sólo se incluyeron fetos con características fenotípicas que permitieron considerarlos normales <sup>35</sup>. Otro aspecto considerado para la selección de los fetos fue el crecimiento armónico <sup>29</sup>, lo cual se realizó mediante la evaluación de la somatometría fetal. Se utilizaron tablas de crecimiento fetal normal <sup>35,69,70</sup> y basándose en la relación de segmentos, se distinguieron los fetos con crecimiento armónico y disarmónico. Con los datos somatométricos se estableció la edad gestacional; parámetro que actualmente se considera como el más confiable <sup>35,69</sup>.

Los estudios anteriores, donde se ha evaluado la morfometría del corazón fetal, han tenido deficiencias en el diseño, lo que hace difícil aceptarlos como estudios de normalidad. Por ejemplo, los criterios para determinar la edad gestacional se han basado en la edad menstrual <sup>39</sup>, el cual es un dato impreciso <sup>69,76</sup>; o bien, se han clasificado de acuerdo con el peso fetal <sup>31-34</sup>, hecho que ha sido señalado como un error cuando se evalúa el desarrollo fetal <sup>35</sup>. En estos estudios, la inclusión de los fetos se ha basado en la ausencia de cardiopatía congénita, lo que sin duda manifiesta errores en los criterios de selección, ya que al no estudiar el

aspecto externo del feto se han incluido fetos con pesos que no corresponden a lo esperado para su edad gestacional<sup>39</sup>; con crecimiento disarmónico<sup>31</sup>, o bien, con edad gestacional mal calculada<sup>32-34</sup>.

Si bien, para la realización de este estudio se tuvieron en cuenta varios criterios que permiten garantizar su confiabilidad, existieron algunas limitantes. Uno de estas es la referente al tamaño de la muestra, limitada para poder establecer con mayor precisión las mediciones de las estructuras cardíacas por semana de gestación. Sin embargo, los 103 fetos que finalmente se incluyeron en los resultados, fue el producto de 10 años de estar recolectando productos de aborto espontáneo por uno de los autores (MAM). De igual forma, por el número de fetos no fue posible realizar el corte anatómico para la visualización de las cuatro cámaras, con lo cual se hubieran medido, entre otros, el septum interventricular y los anillos valvulares atrioventriculares. Se decidió realizar el corte anatómico clásico, que permitió evaluar a un mayor número de estructuras. Por otro lado, tampoco fue posible medir los anillos valvulares ventriculoarteriales, pero esto fue consecuencia del tamaño tan reducido de los corazones y la técnica de medición utilizada.

Por último, a diferencia de otros estudios morfológicos<sup>7,14,31-34,39</sup>, tomando en cuenta que la distribución de las variables en cada semana no tenía distribución normal, se utilizó estadística no paramétrica. Se decidió presentar los resultados mediante percentiles, lo que permite comparar entre sí el tamaño de los segmentos del corazón; así como la relación que guardan con el resto del organismo. De ahí que, si un segmento dado se encuentra en el percentil 50, se espere que para considerarlo normal, el resto de las medidas se localizaran alrededor del mismo percentil, a no más de un cuartil de diferencia<sup>35</sup>.

### **Evaluación del crecimiento de las estructuras del corazón fetal**

Sabiendo que las malformaciones cardíacas pueden evolucionar a lo largo del desarrollo fetal, se determinó el crecimiento semanal en cada estructura. En general, el porcentaje de crecimiento de las estructuras evaluadas durante el periodo gestacional estudiado no presentó grandes variaciones; el promedio semanal aproximado fue del 11%, oscilando desde 9.7% para el plano sagital del ventrículo derecho (Cuadro 6), hasta 13.6% para la rama izquierda de la arteria pulmonar (Cuadro 3). No obstante, la magnitud total de crecimiento es diferente en

algunos segmentos, lo cual es más evidente en el segmento arterial (Cuadros 3 y 4).

Las medidas de los segmentos atrial, ventricular y arterial mostraron un crecimiento lineal con relación a la edad gestacional. Esta observación es consistente con estudios realizados en autopsias con productos con edad gestacional mayor de 21 semanas <sup>31-34,39</sup>, y en estudios realizados por ecocardiografía en semanas de gestación similares a lo realizado en este estudio <sup>77-79</sup>. Pero, es diferente a lo reportado en fetos menores de 12 semanas de gestación, donde el crecimiento parece ser exponencial <sup>80</sup>.

Durante todo el periodo estudiado se detectaron algunos hallazgos relevantes, por ejemplo que la rama pulmonar derecha fue estadísticamente mayor que la izquierda ( $p \leq 0.005$ ); esto es similar a lo reportado por Álvarez <sup>32-34</sup> en productos con pesos entre 60 y 5000 gramos. Este dato podría ser de gran utilidad tanto para el diagnóstico de cardiopatías congénitas con flujo pulmonar disminuido, ya que en la vida postnatal se piensa que estas tiene el mismo diámetro; como para su planeación quirúrgica, debido a que generalmente la rama izquierda es la utilizada para realizar fistulas <sup>65,66</sup>.

En cuanto al crecimiento total del tronco y del anillo pulmonar no existieron diferencias entre los diámetros, sin embargo, el anillo sólo se midió externamente debido a que el tamaño de la estructura es tan pequeño que no permite medir con precisión su diámetro interno, por lo que posiblemente sea menor.

Entre la semana 13 y 20 de gestación, el diámetro de la arteria pulmonar y el de la aorta ascendente son iguales, asimismo ambas estructuras presentan un crecimiento semanal similar, 10.1%. Este hecho, a diferencia de lo reportado en otros estudios morfométricos o ecocardiográficos, pone de manifiesto que durante este periodo no existe predominio de la arteria pulmonar. Por lo tanto, cuando el diámetro de la aorta sea menor que el de pulmonar, se debe sospechar anormalidad del crecimiento aórtico. Este hallazgo es muy diferente a lo previamente reportado, que se explicaría porque otros estudios morfométricos fueron realizados con fetos de mayor edad <sup>31-34,39</sup>, o bien, en modelos animales <sup>81,82</sup>. Sin embargo, la diferencia de los resultados de estudios ecocardiográficos <sup>38,83</sup> posiblemente se deba al instrumento utilizado, puesto que la medición puede

estar afectada por la dirección del haz de ultrasonido, la fase del ciclo cardiaco y el movimiento fetal <sup>36-38,79</sup>.

El diámetro de la aorta ascendente fue mayor que el de la aorta descendente, siendo la relación de 1.28 durante las ocho semanas estudiadas. El predominio de la aorta ascendente es congruente con lo reportado en el estudio morfológico realizado por Angelini en fetos de mayor edad, refiriendo que la aorta descendente fue 20% más pequeña que la aorta ascendente <sup>39</sup>. También Álvarez reportó este predominio en fetos a término; sin embargo, no informó la magnitud de la diferencia en cuanto a la proporción de una y otra estructura <sup>33</sup>, lo cual tiene importancia clínica ya que, como es sabido, el resultado de la proporción entre los segmentos aórticos se utilizan en el diagnóstico de alteraciones de la aorta.

También se observó que entre las semanas 13 y 20 de gestación, la relación entre el istmo y la aorta descendente varía de 0.59 - 1.19 y, entre el istmo y la aorta ascendente, de 0.50 - 0.88. Esto mismo fue reportado en los estudios postmortem realizados por Van Meurs-Van Woezik y col. <sup>31</sup>, quienes relacionaron los segmentos del arco aórtico y el crecimiento del feto en productos mayores de 21 semanas, observando en 10/21 casos un estrechamiento significativo, ya que mantenían una relación entre el istmo y la aorta descendente de 0.24 a 0.56; en los nueve casos restantes la relación fue mayor de 0.60. Angelini y col. <sup>39</sup> también demostraron una diferencia significativa en el tamaño del istmo con la aorta descendente, siendo el istmo 25% más pequeño. Con la información mencionada se puede concluir que, el parámetro arbitrario que ha determinado que proporciones menores a 0.81 indican alteraciones del arco aórtico <sup>31</sup>, no es aplicable durante la vida prenatal.

Con relación al conducto arterioso observamos que, a pesar de mantener un crecimiento lineal, existe una gran variabilidad en las dimensiones del mismo durante las semanas de gestación estudiadas (Cuadro 4), este dato es similar con los hallazgos reportados en el tercer trimestre del periodo prenatal y en la vida postnatal, en donde se mencionan diferencias en la forma, longitud y dimensiones del conducto en sujetos de la misma edad <sup>65</sup>.

En cuanto a las dimensiones de los ventrículos se encontró que la longitud del plano sagital del ventrículo derecho en las siete semanas fue significativamente mayor que el izquierdo. En comparación, Keen <sup>84</sup> observó que en niños recién nacidos menores de tres días de edad, la relación de ambos ventrículos era de

1:1. Por otro lado, en este estudio se observó que la vía de entrada del ventrículo izquierdo fue mayor que la vía de entrada del ventrículo derecho, y que el tracto de salida del ventrículo derecho es más largo que el tracto de entrada del mismo, en la mayoría de las semanas estudiadas. Lo que está de acuerdo con lo reportado en la vida postnatal donde se ha determinado que, el tracto de entrada del ventrículo derecho es más corto y de menor crecimiento en los primeros años de vida y, que el tracto de salida del ventrículo derecho es más largo <sup>7, 14, 15, 65</sup>. Otra observación de este estudio fue que la longitud de las vías de salida de ambos ventrículos fue similar, no observando diferencias significativas en las longitudes de ambos tractos del ventrículo izquierdo; hallazgo semejante a lo encontrado en la vida postnatal por De la Cruz y cols. <sup>7</sup>. De esta manera parece ser que durante esta etapa del desarrollo no existe predominio del ventrículo derecho sobre el izquierdo, ya que las relaciones entre las dimensiones de sus estructuras internas se comportan igual que en la vida postnatal.

Con relación al espesor de la pared ventricular, se observó que en los tercios superior, medio e inferior, tanto en la vía de entrada como en la vía de salida, el ventrículo izquierdo tuvo un espesor significativamente mayor que el derecho. También De la Cruz y cols. <sup>7</sup> reportaron que en fetos de 24 semanas de gestación la pared del ventrículo izquierdo fue mayor que la del ventrículo derecho. Mientras que en prematuros mayores de 28 semanas, Sala Panisello determinó que los corazones con peso menor a 9 gramos no tenían diferencias en el espesor de las paredes ventriculares; y que en corazones con peso entre 10 y 21 gramos, el ventrículo izquierdo tenía un espesor mayor, siendo entre uno y dos milímetros mayores que el ventrículo derecho <sup>85</sup>. En contraste, Hort <sup>86</sup> describió que, en recién nacidos prematuros y de término en el momento del nacimiento, el espesor del ventrículo derecho excede al del ventrículo izquierdo. Sin embargo hasta ahora la mayoría de los estudios previos <sup>7, 32, 85</sup> concuerdan que el espesor de la pared ventricular izquierda es mayor a la derecha. Los datos obtenidos en este estudio apoyan que durante el segundo trimestre de gestación, el espesor del ventrículo izquierdo en los tercios superior, medio e inferior, de ambos tractos de salida, son mayores que los del ventrículo derecho.

## **Correlación de los datos morfológicos con la ecocardiografía**

Para darle un sentido clínico, y un potencial de aplicación, a los hallazgos de este trabajo, los datos se correlacionaron con los resultados de estudios ecocardiográficos reportados en la literatura. En este estudio, el promedio de los radios entre el istmo aórtico y de la aorta descendente fue de 0.90; mientras que la proporción del istmo y la aorta ascendente fue de 0.70. En comparación desde el punto de vista ecocardiográfico, Honberger y cols.<sup>77</sup> obtuvieron 0.73 y 0.90, para ambas proporciones, respectivamente. Cabe señalar que los resultados expresados por estos autores se derivaron de los promedios del total de fetos entre 16 a 38 semanas de gestación, sin considerar las posibles diferencias por semana de gestación.

En otros estudios ecocardiográficos, los autores han optado por presentar la información mediante gráficas y ecuaciones de regresión, sin incluir los datos crudos, por lo que resulta difícil correlacionar sus resultados con los obtenidos en este estudio. Utilizado la ecuación del trabajo de Achiron y cols.<sup>78</sup> se calcularon y compararon los resultados ecocardiográficos y morfométricos del arco y el istmo aórtico; se determinó que las mediciones del presente estudio fueron mayores. Se encontró una diferencia de 1 a 1.7 mm para el arco aórtico y de 0.5 a 0.79 mm para el istmo (Cuadro 11); lo que significa que aproximadamente existe un 50% de mayor tamaño para las mediciones anatómicas. De la misma forma, Van Meurs-Van Woezik y cols.<sup>31</sup> observaron en productos mayores de 25 semanas que el diámetro de la válvula aórtica por morfometría era aproximadamente 2 mm mayor que las dimensiones obtenidas por ecocardiografía. La discrepancia observada entre los valores morfométricos y los ecocardiográficos, puede ser a consecuencia de la mayor variación de las medidas realizadas por este último. Cuando se realiza la ecocardiografía fetal una serie de factores influyen para que las mediciones puedan o no ser consistentes, tales como, la dirección del haz del ultrasonido, la fase del ciclo cardíaco y movilidad fetal<sup>36-38.79</sup>. También se ha sugerido que las discrepancias pueden ser resultado de la alteración de las estructuras de los vasos por la técnica de fijación<sup>77</sup>, sin embargo, la técnica de fijación disminuye el volumen de las estructuras, por lo que se esperaría que las medidas por morfometría fueran menores y no mayores como se describió previamente. Para

evitar estas dificultades, y tener dimensiones que se asemejen a las medidas morfológicas, sería ideal determinar el factor de corrección entre ambas técnicas de medición. Que si bien, para el diagnóstico ecocardiográfico no tendría grandes implicaciones, su relevancia sería para el cirujano cardiovascular, quien necesita conocer la dimensión más aproximada de la estructura a corregir para la planeación quirúrgica.

### **Implicaciones de la morfometría para entender la circulación fetal**

El conocimiento de la circulación fetal deriva primordialmente de modelos animales realizados en corderos, con los cuales se ha considerado que el diámetro del istmo aórtico es el 70% del resto de la aorta, que el istmo tiene un diámetro menor al del conducto arterioso y que las arterias pulmonares son más estrechas que el conducto arterioso<sup>65,82</sup>. En contraste, por ecocardiografía fetal se ha observado que el istmo y las arterias pulmonares son considerablemente mayores que el conducto arterioso, lo que no corresponde al flujo basado en las medidas de fetos de corderos<sup>38, 39,77,78</sup>. De acuerdo con los datos obtenidos en este estudio, el diámetro del conducto corresponde al 0.75 % del istmo aórtico, lo que concuerda con lo observado mediante ecocardiografía por Angellini y cols.<sup>39</sup> quienes demostraron que el diámetro del conducto arterioso es más pequeño que el istmo. De esta forma, tanto los hallazgos morfométricos como los ecocardiográficos apoyarían la hipótesis que, en el feto humano los vasos braquiocefálicos reciben una gran parte del gasto del ventrículo izquierdo, resultando en un diámetro menor del istmo aórtico en comparación con el de la aorta descendente<sup>38,39,77-79</sup>. Concluyéndose que, aparentemente, la distribución de la circulación en fetos humanos no es semejante a lo encontrado en modelos animales, por esta razón se considera necesaria la realización de estudios en modelos humanos para poder comprobar que esta diferencia es real. Mediante ecocardiografía fetal se han estudiado los flujos a través de los diferentes segmentos del corazón desde etapas muy tempranas de la gestación, estableciéndose las dimensiones de las arterias aorta y pulmonar a nivel del anillo valvular; sin embargo, dichas mediciones no se han comparado con datos morfométricos porque, entre otras cosas las mediciones no se han sido realizadas, por semana de gestación, o bien, no todas las estructuras cardiacas han sido

medidas. Con la información obtenida por ambos métodos, se lograría un concepto integral y sólido de los eventos hemodinámicas que ocurren durante la vida prenatal en el feto humano.

### **La morfometría cardíaca y el diagnóstico prenatal de las cardiopatías congénitas**

Hasta ahora, las relaciones existentes entre el diámetro de la aorta ascendente, descendente y el istmo aórtico se han utilizado para el diagnóstico de coartación aórtica. Estas relaciones están basadas en el promedio de las mediciones realizadas a lo largo del segundo y tercer trimestre de gestación, así como en los datos obtenidos en la vida postnatal. En el presente estudio, se determinó que estas relaciones no pueden ser aplicables en el segundo trimestre, ya que la magnitud de crecimiento en los distintos segmentos es diferente, lo que condiciona variación en las dimensiones y, por consiguiente, en las proporciones entre los mismos. Se observa que al crecer más el istmo (106%) que la aorta descendente (91%) y la aorta ascendente (100%), se produce una variación en la proporción de las relaciones entre ellas. Lo que modifica las relaciones entre estas estructuras durante las distintas semanas de gestación, que indudablemente afectaría los criterios morfométricos para el diagnóstico prenatal de alteraciones aórticas. Se espera que, con los resultados de las relaciones de las estructuras de la aorta durante las semanas 13 a 20 obtenidos en este estudio, se pueda tener mayor precisión diagnóstica. En el Cuadro 10 están los datos que podrían ser la base que permita sospechar la presencia de coartación ártica y/o patología del arco aórtico; por ejemplo, para un feto con 14 semanas de gestación, el diagnóstico de anomalías de la aorta se debe considerar cuando la relación entre el istmo aórtico y la aorta ascendente sea menor a 0.65. Debido a que en la actualidad, el diagnóstico de la coartación de aorta por ecocardiografía parece ser un reto <sup>58</sup>, la comparación de nuestros resultados con estudios ecocardiográficos seguramente contribuirán a mejorar la certeza diagnóstica en la vida fetal.

El desarrollo, dimensiones y predominancia de los ventrículos, ha sido un motivo de controversia. En el presente estudio el ventrículo izquierdo fue el que tuvo

mayor espesor en sus paredes en los tractos de salida y entrada. Algunos autores mediante estudios morfométricos o ecocardiográficos, consideran que en la etapa prenatal el ventrículo derecho predomina sobre el ventrículo izquierdo <sup>29,53, 32</sup>, mientras que Jhon y cols <sup>79</sup> refiere que no existe predominio del ventrículo derecho. Fernández y cols. <sup>38</sup> observaron por ecocardiografía, en fetos entre 17 y 28 semanas de gestación, un ligero predominio del ventrículo izquierdo sobre el derecho; pero en fetos de mayor edad ésta relación se invirtió. Para fundamentar que el lado izquierdo predomina en etapas tempranas del desarrollo se ha postulado que, en un embarazo normal, durante etapas tempranas del desarrollo existe mayor resistencia placentaria. De esta forma el ventrículo izquierdo está conectado a un circuito de baja presión (arterias de cabeza, cuello y coronarias), mientras que el ventrículo derecho a un circuito de alta presión a través del conducto arterioso, "representado por la placenta." Así, el ventrículo izquierdo tendría mayor volumen de llenado que el ventrículo derecho, que involucraría una mayor dimensión en su diámetro; el progresivo descenso de las resistencias placentarias haría cambiar paulatinamente esta peculiar hemodinámica hasta el final de la gestación <sup>87</sup>; dando lugar, a la predominancia del ventrículo derecho observada en el recién nacido <sup>38</sup>.

El conocer que existe un comportamiento diferente de las dimensiones y relaciones existentes entre los ventrículos durante la vida prenatal y la postnatal tiene importancia para la detección de defectos congénitos, ya que la desproporción entre los tamaños de los ventrículos es a menudo un signo precoz y de fácil detección de la existencia de una cardiopatía <sup>17,20,21,37,38</sup>. Al utilizar los resultados obtenidos en este estudio en cuanto a la longitud y espesor de ambos tractos de salida de los ventrículos, permitirá conocer los límites de normalidad de las dimensiones de estas estructuras cardíacas, lo que ayudara a la precisión del diagnóstico de coartación aórtica, hipoplasia del arco aórtico, hipoplasia ventricular derecha o izquierda y transposición de los grandes vasos, cuando el examen ecocardiográfico muestre una asimetría entre una cavidad respecto a la contralateral.

Con lo expresado, se considera que el análisis cuantitativo del corazón fetal es de gran ayuda para la evaluación de la severidad y progresión de la patología cardíaca. Contribuyendo para mejorar la precisión en el diagnóstico prenatal de las

cardiopatías congénitas, para una posible corrección quirúrgica y proporcionar el manejo más adecuado en la etapa perinatal.

## CONCLUSIONES

1. El crecimiento de los distintos segmentos cardíacos entre las semana 13 y 20 de gestación muestran un crecimiento lineal en relación con la edad gestacional.
2. La rama pulmonar derecha es mayor a la izquierda en todo el período estudiado, dato que sería importante considerar en la realización de las fístulas sistémico pulmonares.
3. Durante el segundo trimestre de la gestación, cuando la aorta se encuentre de menor calibre que la arteria pulmonar debe sospecharse patología.
4. La aorta ascendente es mayor en su diámetro a la aorta descendente en todo el periodo estudiado.
5. El istmo aórtico es siempre mayor que el conducto arterioso.
6. La proporción entre el istmo aórtico y la aorta ascendente fluctúa entre 0.65 a 0.73.
7. No existe predominio del ventrículo derecho sobre el izquierdo durante las semanas de gestación 13 a 20.
8. Cuando se realiza la evaluación ecocardiografía de las estructuras cardíacas, se debe considerar que las medidas obtenidas son generalmente menores que las morfométricas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Netter FH. Embriología. En: Colección Ciba de Ilustraciones Médicas. Tomo V: Corazón. Netter FH (ed). Salvat Editores SA. Barcelona, 1976. p. 112.
2. De la Cruz MV, Cayré RO. Desarrollo embriológico del corazón y de las grandes arterias. En: Cardiología Pediátrica. Clínica y Cirugía. Tomo I. Pedro A. Sánchez (ed). Salvat Editores SA. Barcelona, 1986. p. 10.
3. García-Peláez I. Desarrollo embriológico normal. En: Cardiopatías Congénitas. Diagnóstico Morfológico. Arteaga M & Fernández R. Ediciones Norma SA. Madrid, 1986. p. 107.
4. Arteaga M, García-Peláez I, Quero-Jiménez M. Desarrollo embriológico normal del corazón. En: Cardiología Pediátrica. Julio Ardura Fernández (ed). Ediciones CEA, SA. Madrid, 1987. p. 41.
5. Harvey RP, Rosenthal N. Heart Development. Academic Press. Toronto, 1999.
6. Bizot J: Recherches sur le coeur et le système artériel chez l'homme. *Mém Soc Méd d'observation Paris* 1837; 1: 562.
7. Kirklin JW, Barrat-Boyes BG. Anatomy and Terminology. En: Cardiac Surgery. Morphology, Diagnostic Criteria, Natural History, Techniques, Results, and Indications. John Wiley & Sons, Inc. USA, 1986. p. 3.
8. Falk A. The growth of the child's heart related to age: Dissertation, St. Petersburg, 1901.
9. Bardeen CR. Determination of the size of the heart by means of the X-rays. *Am J Anat* 1918; 23: 423.
10. Coppoletta JM, Wolbach SB. Body length and organ weights of infants and children; study of body length and normal weights of more important vital organs of body between birth and twelve years of age. *Am J Path* 1933; 9: 55.
11. Bazzocchi A. Ati per lo studio dell'anatomia quantitativa. *Arch Ital Antm e Embriol.* 1935; 34: 265.

12. Giordano. Zur Kenntnis der Körpermasse und der Organgewichte bei Feten und Neugeborenen, it besonderer Berücksichtigung ihrer Entwicklung in den letzten Monaten des intrauterinen Lebens. Arch Path Anat 1938; 301: 380.
13. Grant RP, Downey FM, MacMahon H. The architecture of the right ventricular outflow tract in the normal human heart and in the presence of ventricular septal defect. Circulation 1961; 24: 223.
14. Rowlatt VF, Rimoldi HJA, Lev M. The quantitative anatomy of the normal child's heart. Pediatric Clin N Am 1963; 10: 499.
15. Amoedo M, Boleri A. Estudio anatómico de 115 corazones normales. Arch Inst Cardiol Mex 1978; 48: 67.
16. Allan LD, Tynan MJ, Campbell S, Wilkinson JL, Anderson RH. Echocardiographic and anatomical correlates in fetus. Br Heart J 1980; 44: 444.
17. Allan LD Crawford DC, Anderson RH, Tynan MJ. Echocardiographic and anatomical correlations in fetal congenital heart disease. Br. Heart J. 1984; 52: 542.
18. Lapasset M, De Greeter B, Renalud R. Echographie quantitative de coeur foetal. Arch Mal Coeur 1985; 5: 627.
19. Allan LD, Joseph MC, Boyd EG, Campbell S, Tynan M. M-mode echocardiography in the developing human fetus. Br Heart J 1982; 47: 573.
20. Allan LD, Sharland GK, Milburn A, Lockhart SM, Groves AM, Anderson RH, Cook AC, Fagg NK. Prospective diagnosis of 1006 consecutive cases of congenital heart disease in the fetus. J Am Coll Cardiol 1994; 23: 1452.
21. Allan LD, Santos R, Pexieder T. Anatomical and echocardiographic correlates of normal cardiac morphology in the late first trimester fetus. Heart 1997; 77: 68.
22. Paladini D, Chita SK, Allan LD. Prenatal measurement of cardiothoracic ratio in evaluation of heart disease. Arch Dis Child 1990; 65: 20.
23. San CC, Grumbach K, De Costa DT, Meyers CM, Dungan JS. Correlation of prenatal ultrasound diagnosis and pathologic findings in fetal anomalies. Pediatr Dev Pathol 1999; 2: 131.

24. Kirk JS, Comstock CH, Lee W, Smith RS, Riggs TW, Weinhouse E. Fetal cardiac asymetry: A marker for congenital heart disease. *Obstet Gynecol* 1999; 93: 189.
25. Valtorta F.: Ricerche sullo sviluppo dei visceri del feto. La individualità nel neonato. *Il Nota anatomica. Ann Obstet e Ginec* 1909; 31: 673.
26. Jackson CM. On the prenatal growth of the human body and the relative growth of the various organs and parts. *Am J Anat* 1909; 9: 119.
27. Schulz DM, Giordano DA, Schulz DH. Weights of organs of fetuses and infants. *Arch Pathol* 1962; 74: 80.
28. Schulz DM, Giordano DA. Hearts of infants and children. Weights and measurements. *Arch Pathol* 1962; 74: 464.
29. Sinha SN, Kardatzke ML, Cole RB, Muster HU, Paul MH. Coarctation of aorta in infancy. *Circulation* 1969; 50: 385.
30. McNamara DG. Coarctation-course and prognosis in infancy and childhood. En: *The Natural History and Progress in Treatment of Congenital Heart Defect*. Kidd BSL & Keith JD (ed). 1971: 267.
31. Van Meurs-Van Woezik H, Klein HW, Krediet P. Normal internal calibres of ostia of great arteries and of aortic isthmus in infants and children. *Br Heart J* 1977; 39: 860.
32. Álvarez L, Aránega A, Saucedo R, Contreras JA. The quantitative anatomy of the normal human heart in the fetal and perinatal life. *Inter J Cardiol* 1987; 17: 57.
33. Álvarez L, Saucedo R, Contreras J.A. López F. Aránega A. Morphometric data concerning the great arterial trunks and their branches. *Inter J Cardiol* 1990; 29: 127.
34. Álvarez L, Saucedo R, Contreras JA, López F, Aránega MA. Morphometric data on the arterial duct in the human fetal heart. *Inter J Cardiol* 1991; 337
35. Elejalde BR, Elejalde MM. Análisis antropométrico del feto humano *in útero*. En: Carrera JM (ed). *Crecimiento Fetal Normal y Patológico*. Editorial Masson SA, Barcelona, 1997. p. 189.

36. Edler I, Hertz CH. Use of ultrasonic reflectoscope for the continuous recording of movements of heart walls. *Kungl Fysiogr sallsk Lund forhandl* 1954; 24: 5.
37. Maitre MJ, Fernández L, López M. Diagnóstico cardiológico prenatal. *Rev Esp Cardiol* 1993; 46 (suppl 2): 3.
38. Fernández L, Tamariz-Martel A, Maitre MJ, López M, Cazzaniga M, Rico F, Quero M. Crecimiento cardíaco en el feto humano normal. Estudio mediante ecocardiografía bidimensional. *An Esp Pediatr* 1996; 44: 475.
39. Angelini A, Allan LD, Anderson RH, Crawford DC, Chita DK, Yen Ho S. Measurements of dimensions of the aortic and pulmonary pathways in the human fetus: a correlative echocardiographic and morphometric study. *Br Heart J* 1988; 60: 221.
40. American Institute of Ultrasound in Medicine: Safety statements. *J Ultrasound Med* 1983; 2: S19.
41. Merrit CRB. Ultrasound safety: What are the issues? *Radiology* 1989; 173: 304.
42. Reece EA, Assimakopoulos E, Sheng X-Z, et al. The safety of obstetric ultrasonographic: Concern for the fetus. *Obstet Gynecol* 1990; 6: 139.
43. Kremkau WF. Biologic effects and possible hazards. *Clin Obstet Gynecol* 1983; 10: 395.
44. American Institute of Ultrasound in Medicine, Bioeffects Committee: Bioeffects consideration for the safety of diagnostic ultrasound. *J Ultrasound Med.* 1988; 7(suppl): 53.
45. Wells PNT. The safety of diagnostic ultrasound: Report of a British Institute of Radiology Working Group. *Br J Radiol* 1987; 20(suppl): 1.
46. Report of the Royal College of Obstetricians and Gynaecologist Working Party on Routine Ultrasound Examination in Pregnancy, December 1984.
47. Eik-Nes S, Okland O, Aure J, Ulstein M. Ultrasound screening in pregnancy: A randomized controlled trial *Lancet* 1984; 1: 1347.

48. Goss SA. Sister chromatid exchange and ultrasound. *J Ultrasound Med* 1984; 3: 463.
49. Stark CR, Orleans M, Haverkamp AD, Murphy J. Short and long term risks after exposure to diagnostic ultrasound in utero. *Obstet Gynecol* 1984; 63: 194.
50. Cartensen E, Gates AH. The effects of pulsed ultrasound on the fetus. *J Ultrasound Med* 1984; 3: 145.
51. Fyfe A, Kline Ch. Diagnóstico ecocardiográfico fetal de cardiopatías congénitas. *Clin Ped Nort* 1990; 1: 43.
52. Ultan LB, Segal BL, Likoff W. Echocardiography in congenital heart disease. *Am J Cardiol* 1967, 19:74.
53. Sahn DJ, Lange LW, Allen HD, Goldberg S.J, Anderson C, Giles H, Haber K. Quantitative Real-time Cross-sectional Echocardiography in the Developing Normal Human fetus and Newborn. *Circulation* 1980; 62:588.
54. Lange LW, Sahn DJ, Allen HD, Goldberg S.J, Anderson C, Giles H, Haber K. Qualitative Real-time Cross-sectional Echocardiographic Imaging of the Human Fetus During the Second Half of Pregnancy. *Circulation* 1980; 62: 799-806.
55. Allan LD. A review of fetal echocardiography: A review of. *Cardiovascular Ultrasound* 1985;2:351
56. Silverman NH, Schmidt KG. Evaluación ecográfica del corazón fetal. *Ultrasonografía en Obsetricia* 1995; 314-340.
57. Papa M, Camesasca Ch, Santoro F, Zoia E, Fregasso G, Giannico S, Chierchia S. Fetal echcardigraphy in detecting anomalous pulmonary venous connection: Four false positive cases. *Br Heart J* 1995; 73: 355.
58. Sharland G, Chan K, Allan L. Coarctation of the aorta: Difficulties in prenatal diagnosis. *Br Heart J* 1994; 71: 70.
59. Oberhoffer R, Cook A, Labg D, Sharland G, Allan L, Fagg N, Anderson R. Correlation between echocardiographic and morphological investigations of lesions of the tricuspid valve diagnosed during fetal life. *Br heart J* 1992; 68: 580.

60. Anderson RH, Becker AE. Cardiac Anatomy. An Integrated Text and Colour Atlas. Gower Medical Publishing. Londres, 1980.
61. Becker AE, Anderson RH. Cardiac Pathology. An Integrated Text and Colour Atlas. Gower Medical Publishing. Londres, 1983.
62. De la Cruz MV, Violini R, Cayré R, Martínez-Sánchez A, Arteaga M, Fernández-Espino R. Características anatómicas del corazón normal y del situs visceral en el diagnóstico de las cardiopatías congénitas. Rev Lat Cardiol 1983; 4: 35.
63. Arteaga M, Fernández R. Cardiopatías Congénitas. Diagnóstico Morfológico. Ediciones Norma SA. Madrid, 1986.
64. Baño A, Quero M, Antúnez ML. Anatomía cardiaca. En: Cardiología Pediátrica. Clínica y Cirugía. Tomo I. Pedro A. Sánchez (ed). Salvat Editores SA. Barcelona, 1986. p. 32.
65. Kirklin JW, Barrat-Boyes BG. Anatomy and Terminology. En: Cardiac Surgery. Morphology, Diagnostic Criteria, Natural History, Techniques, Results, and Indications. John Wiley & Sons, Inc. USA, 1986. p. 3.
66. Arteaga M, Maitre MJ, García-Peláez I, González de Vega C, Quero M. Anatomía y fisiología normal del corazón. En: Cardiología Pediátrica. Julio Ardura Fernández (ed). Ediciones CEA, SA. Madrid, 1987. p. 1.
67. Attie F, Zabal C, Buendía A. Cardiología Pediátrica. Diagnóstico y Tratamiento. Editorial Médica Panamericana SA. México DF, 1993.
68. Blandon R, Leandro I. Cardiología prenatal: Ecocardiografía fetal. En: Cardiología Pediátrica. Clínica y Cirugía. Tomo II. Pedro A. Sánchez (ed). Salvat Editores SA. Barcelona, 1986. p. 1057.
69. Arteaga M, García-Peláez I, Herrera P, Errasti T, Chavira S, Saavedra D. Antropometría fetal normal de la 9ª a 20ª semanas del desarrollo. Perinat Reprod Hum. 1997; 11: 21.
70. Herrera P, García-Peláez I, Chavira S, Saavedra D, Arteaga M. Variables cualitativas del desarrollo humano normal de la 9ª a 20ª semanas de gestación. Perinat Reprod Hum 1997; 11: 152.

71. Arteaga M, García-Peláez I, Cornejo LR, Chavira S, Saavedra D. Fetal dysmorphism in spontaneous abortions in a Mexican population. *Int J Gynecol Obstet* 2001; 73: 131.
72. Spranger J, Bernirschke K, Hall JG, Lenz W, Lowry RB, Opitz JM, et al. Errors of morphogenesis: Concepts and terms. Recommendations of an International Working Group. *Pediatrics* 1982; 100: 160.
73. Kalousek DK. Pathology of abortion: The embryo and the previable fetus. En: *Potter's Pathology of the Fetus and Infant*. Mosby, USA. 1997. p. 106.
74. Hernández Arriaga JL. Investigación en niños, fetos y embriones. En: *Ética en la Investigación Biomédica*. Editorial el Manual Moderno. México, D.F. 1999. p. 43.
75. Ley General de Salud. Decimosexta edición. Editorial Porrúa. México, D.F. 2000.
76. Streeter GL: Weigth, sitting heigth, head size, foot length and menstrual age for the human embryo *Contrib Embyol* 1920;11: 143..
77. Hornberger LK, Weintraub RG, Pesonen E, Murillo-Olivas A, Simson IA, Sahn C, Hagen-Ansert S, Sahn DJ. Echocardiographic study of the morphology and growth of the aortic arch in the human fetus. *Circulation* 1992; 86:741.
78. Achiron R, Zimand S, Hegesh J, Lipitz S, Rotstein Z. Fetal aortic arch measurements between 14 a 38 weeks' gestation: *in- utero* ultrasonographic study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; 15: 226.
79. Jhon SM, Gewitz MH, Shan B, Cohen A, Reichel N, Gabbe S, Huff DS. Quantitative assessment of growth and function of the cardiac chambers in the normal human fetus: a prospective longitudinal echocardiographic study. *Circulation* 1984;69 :645.
80. Mandarim-de-Lacerda CA. Crescimento do coração no período embrionario humano: estudo relativo ao segundo mês gestacional. *Arq. Bras Cardiol* 1989; 52: 185.
81. Rudolph AM, Heyman MA, Spitznas U. Hemodynamic consideratrions in the development of narrowin of the aorta. *Am J Cardiol* 1972; 30: 514.

82. Rudolph A.M, Distribució n and regulation of blood flow in the fetal and neonatal lamb. *Circulation* 1985; 57:811.
83. Cartier MS, Davidoff A, Warneke LA, Hirsh MP, Bannon S, Jhon SM, Doubilet PM, The Normal Diameter of the Fetal Aorta and Pulmonary Artery: Echocardiographic Evaluation in Utero. *AJR* 1987; 149:1008.
84. Keen EN, The Postnatal Development of the Human Cardiac Ventricles. *J. Ant* 1955;89:484.
85. Sala Panisello F, Castellanos A, Junco JA, Valladares F. Medidas significativas en el Corazón del Prematuro. Re-evaluació de un Método eficaz para determinar el peso real de los Ventriculos. *Rev Cubana Pediat.* 1958; 30:19.
86. Hort W, Morphologische Untersuchungen an Herzenvor, wahrend und nach der postnatalen Kreislaufumschaltung. *Arch. Path Anat.* 1955; 326:458.
87. Al-Gazali W, Chapman MG, Chita SK, Crawford DC, Allan LD. *Br J Obstet Gynaecol*, 1987; 94: 742.

# CUADROS

**Cuadro 1.** Características de los fetos incluidos de acuerdo con la edad gestacional.

Medición	Edad semanas	N	Percentiles				
			10	25	50	75	90
<b>Peso (g)</b>	13	12	61.51	66.12	75.25	93.37	104.65
	14	12	89.45	105.55	111.50	125.02	171.25
	15	10	144.75	152.62	166.00	176.85	182.70
	16	11	191.60	195.00	211.00	225.50	248.80
	17	11	242.00	254.00	264.00	283.00	305.00
	18	14	276.25	310.75	318.00	352.50	412.10
	19	19	356.00	382.00	406.00	437.00	449.00
	20	14	417.50	460.37	499.35	533.50	578.50
<b>Talla (mm)</b>	13	12	87.61	93.25	94.50	105.25	109.70
	14	12	93.40	106.25	111.00	120.75	125.20
	15	10	113.00	115.25	122.50	134.50	149.80
	16	11	119.60	130.00	131.00	141.00	144.00
	17	11	142.20	143.00	147.00	156.00	157.00
	18	14	142.00	149.50	155.00	157.25	172.50
	19	19	158.00	162.00	166.00	172.00	181.00
	20	14	165.50	168.75	174.50	181.25	189.00
<b>Perímetro cefálico (mm)</b>	13	12	106.00	108.25	112.50	122.75	129.50
	14	12	117.40	124.25	131.50	134.50	150.00
	15	10	129.30	141.75	150.00	155.00	155.90
	16	11	149.40	153.00	157.00	164.00	174.40
	17	11	155.80	165.00	173.00	175.00	175.00
	18	14	163.50	175.00	179.50	182.75	199.00
	19	19	185.00	189.00	195.00	200.00	207.00
	20	14	194.50	201.00	203.00	209.25	220.50
<b>Longitud del fémur (mm)</b>	13	12	25.38	27.47	30.20	32.60	34.71
	14	12	30.23	32.70	34.20	36.07	41.78
	15	10	31.56	34.27	38.30	41.45	44.12
	16	11	37.80	39.90	42.60	45.50	47.20
	17	11	39.60	42.70	44.20	45.80	49.22
	18	14	45.00	46.60	47.40	50.95	55.50
	19	19	45.10	49.10	52.50	56.50	60.80
	20	14	51.90	53.27	58.50	60.60	64.90

**Cuadro 2. Características externas de los corazones fetales por edad gestacional.**

Medición	Edad (semanas)	Percentiles					% Incremento semanal	% Acumulado
		10	25	50	75	90		
Peso (g)	13	0.28	0.35	0.54	0.78	1.06	-	
	14	0.55	0.67	0.72	0.79	0.86	33.3	33.3
	15	0.97	1.12	1.23	1.37	1.62	70.3	127.7
	16	1.06	1.28	1.60	1.93	2.15	30.0	196.3
	17	1.96	2.20	2.29	2.49	2.64	43.0	324.0
	18	2.12	2.30	2.74	3.15	3.56	19.0	407.4
	19	2.18	2.65	4.07	4.62	4.74	48.5	653.7
	20	3.65	3.87	4.69	5.08	5.96	15.2	768.5
Longitud mayor (mm)	13	10.30	11.85	13.00	14.02	15.35	-	
	14	12.66	13.10	14.00	14.82	16.14	7.6	7.6
	15	14.83	15.70	16.15	17.50	18.46	15.0	24.2
	16	16.26	17.90	18.50	19.90	20.46	14.9	42.3
	17	19.22	19.60	20.50	21.00	21.98	10.8	57.6
	18	20.33	21.00	22.60	24.77	25.55	9.7	73.8
	19	21.80	23.20	25.10	26.03	26.80	11.6	93.0
	20	23.50	24.85	26.75	28.22	29.55	6.6	105.7
Atrial plano frontal (mm)	13	6.54	7.40	9.00	9.50	9.6	-	
	14	8.56	8.85	9.00	9.25	9.47	0.0	0.0
	15	10.05	10.87	11.20	12.32	13.00	24.4	24.4
	16	10.36	11.10	12.50	13.30	14.80	11.6	38.8
	17	12.72	13.30	14.50	15.20	15.96	16.0	61.1
	18	13.55	14.80	15.35	16.85	18.15	5.9	70.5
	19	14.30	16.00	17.00	18.70	19.90	10.8	88.8
	20	15.90	16.30	17.55	18.65	20.55	2.9	95.0
Atrial plano sagital (mm)	13	5.32	6.10	6.65	7.07	7.17	-	
	14	5.68	6.17	7.05	7.78	7.90	6.0	6.0
	15	7.24	7.75	8.85	9.31	10.26	25.5	33.0
	16	7.38	8.30	9.50	10.00	11.40	7.3	42.8
	17	8.42	9.96	10.30	11.50	12.54	8.4	54.8
	18	9.43	10.30	11.40	12.44	14.10	10.7	71.4
	19	11.00	11.50	12.50	13.60	14.30	9.6	87.9
	20	12.15	12.47	13.15	13.87	15.10	5.2	97.7
Ventriculo plano frontal (mm)	13	6.79	7.30	7.95	8.95	9.35	-	
	14	7.65	8.12	8.90	9.00	9.58	12.0	12.0
	15	8.25	8.92	10.00	10.37	11.41	12.3	25.7
	16	10.14	10.90	12.00	12.80	13.20	20.0	50.9
	17	11.86	12.30	12.50	13.20	14.02	4.1	57.2
	18	12.45	12.50	14.45	15.75	17.66	15.2	81.7
	19	13.70	14.50	15.90	16.50	17.00	10.4	100.0
	20	14.70	16.00	16.40	17.85	19.50	3.1	106.2
Ventriculo plano sagital (mm)	13	4.89	6.02	6.30	7.19	7.44	-	
	14	6.00	6.85	7.33	7.56	8.30	16.3	16.3
	15	6.85	7.37	8.25	8.54	9.86	28.9	30.9
	16	8.10	8.60	9.60	10.20	11.02	45.3	52.3
	17	9.76	10.00	10.36	10.50	10.92	53.1	64.4
	18	9.50	9.95	10.70	12.50	13.75	56.5	69.8
	19	10.20	10.80	12.00	12.70	13.70	68.6	90.4
	20	11.25	12.00	12.780	13.32	14.25	75.1	102.8

**Cuadro 3.** Características morfométricas de la Arteria Pulmonar y sus ramas, en milímetros por edad gestacional.

	Edad (semanas)	Percentiles					% Incremento semanal	% Acumulado
		10	25	50	75	90		
<b>Longitud</b>	13	2.60	3.50	4.00	4.30	4.57	-	
	14	3.57	4.25	4.55	5.00	5.44	13.7	13.7
	15	3.96	4.50	4.80	5.10	5.58	6.6	20.0
	16	5.10	5.50	5.80	6.00	6.52	20.8	45.0
	17	5.10	5.50	6.50	6.50	7.18	12.0	62.5
	18	6.15	6.65	7.15	7.72	8.15	9.2	78.7
	19	6.80	7.00	7.20	7.70	8.00	1.4	80.0
	20	6.85	7.32	8.00	8.50	9.25	11.1	100.0
<b>Diámetro Anillo valvular</b>	13	1.86	2.00	2.10	2.37	2.77	-	
	14	2.06	2.30	2.40	2.65	2.94	14.0	14.0
	15	2.12	2.45	2.95	3.12	3.50	22.0	40.4
	16	2.58	3.00	3.30	3.40	3.50	11.0	57.1
	17	3.00	3.00	3.40	4.00	4.34	3.0	61.9
	18	3.05	3.17	3.50	4.00	4.40	3.0	66.6
	19	3.00	3.70	4.00	4.30	4.80	14.0	90.4
	20	3.00	3.97	4.00	4.77	5.10	0.0	90.4
<b>Diámetro Tronco</b>	13	1.73	2.00	2.20	2.40	2.64	-	
	14	1.86	2.17	2.60	2.77	3.14	18.1	18.1
	15	2.11	2.27	2.65	2.90	3.38	1.92	20.4
	16	2.62	2.70	3.00	3.00	3.18	13.2	36.3
	17	3.00	3.00	3.30	3.80	4.00	10.0	50.0
	18	3.30	3.47	3.50	4.07	4.40	6.0	59.1
	19	3.10	3.50	4.00	4.30	4.30	14.2	81.8
	20	3.75	4.00	4.20	4.62	5.00	5.0	90.9
<b>Diámetro Rama Derecha</b>	13	0.73	0.92	1.20	1.40	1.71	-	
	14	1.00	1.05	1.35	1.47	1.70	12.5	12.5
	15	1.02	1.20	1.45	1.85	2.00	7.4	20.8
	16	1.42	1.60	1.80	1.90	2.00	24.1	50.0
	17	1.52	1.60	1.90	2.00	2.36	5.5	58.3
	18	1.75	2.00	2.10	2.20	2.50	10.5	75.0
	19	1.90	2.10	2.20	2.50	2.80	4.7	83.3
	20	2.15	2.30	2.50	2.65	2.85	13.6	108.3
<b>Diámetro Rama Izquierda</b>	13	0.73	0.80	0.90	1.00	1.14	-	
	14	0.80	0.85	1.00	1.17	1.20	11.1	11.1
	15	0.91	1.00	1.15	1.20	1.29	15.0	27.7
	16	1.20	1.20	1.40	1.50	1.58	21.7	55.5
	17	1.22	1.30	1.50	1.80	2.08	7.1	66.6
	18	1.50	1.50	1.60	2.00	2.20	6.6	77.7
	19	1.50	1.70	1.90	2.00	2.20	18.7	111.1
	20	1.70	1.87	2.18	2.50	2.68	14.7	142.2

**Cuadro 4. Características de los diámetros aórticos en milímetros por edad gestacional.**

	Edad (semanas)	Percentiles					% Incremento semanal	% Acumulado
		10	25	50	75	90		
<b>Aorta ascendente</b>	13	1.66	1.82	2.10	2.55	2.91	-	
	14	2.23	2.40	2.53	2.70	2.94	20.4	20.4
	15	2.31	2.40	2.65	2.85	3.27	4.7	26.1
	16	2.50	3.00	3.00	3.50	3.50	13.2	42.8
	17	3.00	3.10	3.40	3.60	3.78	13.3	61.9
	18	3.05	3.30	3.50	3.72	3.90	2.9	66.6
	19	3.50	3.60	4.00	4.20	4.50	14.3	90.4
20	3.70	4.00	4.20	4.50	4.90	5.0	100.0	
<b>Arco aórtico</b>	13	1.50	1.55	1.92	2.07	2.37	-	
	14	1.73	1.92	2.10	2.30	2.65	9.1	9.1
	15	1.81	1.97	2.30	2.52	2.69	9.5	19.7
	16	2.06	2.30	2.50	3.00	3.00	8.7	30.2
	17	2.60	2.70	2.90	3.00	3.30	16.0	51.0
	18	2.75	3.00	3.15	3.32	3.50	8.6	64.0
	19	3.00	3.00	3.30	3.60	3.80	4.7	71.8
20	3.40	3.50	3.80	4.00	4.50	14.1	97.9	
<b>Istmo aórtico</b>	13	1.03	1.27	1.45	1.67	1.97	-	
	14	1.30	1.45	1.70	1.80	1.94	17.2	17.2
	15	1.61	1.70	1.90	2.15	2.30	11.7	31.0
	16	1.64	1.80	2.10	2.30	2.50	10.5	44.8
	17	2.00	2.00	2.40	2.50	2.76	14.3	65.5
	18	2.00	2.27	2.55	2.80	3.00	6.2	75.8
	19	2.10	2.50	2.80	3.00	3.10	9.8	93.1
20	2.80	2.90	3.00	3.35	3.50	7.1	106.9	
<b>Aorta Descen- dente</b>	13	1.30	1.55	1.75	1.90	2.04	-	
	14	1.60	1.70	1.90	2.00	2.14	8.6	8.6
	15	1.71	1.95	2.00	2.22	2.48	5.3	14.2
	16	2.02	2.10	2.40	2.50	2.50	20.0	37.1
	17	2.24	2.50	2.60	2.80	3.08	8.3	48.5
	18	2.50	2.57	2.85	3.10	3.45	9.6	62.8
	19	2.50	2.70	3.10	3.30	3.50	8.8	77.1
20	3.00	3.10	3.35	3.50	3.80	8.1	91.4	
<b>Conducto arterioso</b>	13	0.93	1.00	1.20	1.30	1.40	-	
	14	1.10	1.12	1.35	1.40	1.40	12.5	12.5
	15	1.20	1.27	1.30	1.42	1.50	-3.70	8.3
	16	1.50	1.50	1.50	1.80	1.80	15.9	25.0
	17	1.02	1.40	1.50	1.80	2.08	0.00	25.0
	18	1.35	1.60	1.78	2.00	2.10	18.7	48.3
	19	1.80	1.90	2.00	2.30	2.50	12.4	66.6
20	1.70	2.00	2.45	2.92	3.05	22.5	104.1	

**Cuadro 5. Dimensiones internas de las aurículas por edad gestacional.**

Medición (mm)	Edad (semanas)	Percentiles					% Incremento	% Acumulado
		10	25	50	75	90		
<b>Espesor de la pared de la aurícula derecha</b>	13	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	-	
	14	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0	00.0
	15	0.10	0.10	0.15	0.20	0.29	50	50.0
	16	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	33	100.0
	17	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0	100.0
	18	0.15	0.20	0.20	0.30	0.40	0	100.0
	19	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30	50	200.0
	20	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30	0	200.0
<b>Espesor de la pared de la aurícula izquierda</b>	13	0.10	0.10	0.10	0.17	0.20	-	
	14	0.10	0.10	0.10	0.17	0.20	-	00.0
	15	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	50	100.0
	16	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0	100.0
	17	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0	100.0
	18	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30	0	100.0
	19	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30	0	100.0
	20	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30	0	100.0
<b>Diámetro de la fosa oval</b>	13	1.52	1.85	2.40	2.90	2.97	-	
	14	1.36	1.82	2.60	3.47	3.80	8.3	8.3
	15	1.96	2.50	2.85	3.17	3.49	9.6	18.7
	16	3.20	3.20	3.50	4.20	4.78	22.8	45.8
	17	3.04	3.30	4.00	4.20	5.16	14.3	66.6
	18	4.10	4.50	4.50	5.22	5.50	12.5	87.5
	19	4.00	4.20	4.60	5.30	5.50	2.2	91.6
	20	3.85	4.50	4.90	5.32	5.90	6.5	104.1

**Cuadro 6.** Longitudes Internas de los Ventriculos Derecho e Izquierdo por edad gestacional.

Medición (mm)	Edad (semanas)	Percentiles					% Incremento semanal	% Acumulado
		10	25	50	75	90		
<b>Ventriculo Derecho Plano Sagital</b>	13	4.06	5.00	5.25	5.95	6.00	-	
	14	4.45	5.80	6.25	7.25	7.71	19.0	19.0
	15	6.02	6.20	6.50	6.85	7.45	3.2	23.8
	16	6.20	7.00	7.30	8.00	8.46	12.3	39.0
	17	6.64	7.80	8.50	9.00	9.40	16.4	61.9
	18	7.15	7.87	8.70	9.00	10.00	2.3	65.7
	19	7.50	8.50	9.20	10.00	12.00	5.7	75.2
20	9.25	9.50	10.00	10.55	11.60	8.7	90.4	
<b>Ventriculo Izquierdo Plano Sagital</b>	13	2.00	2.27	2.95	3.30	3.50	-	
	14	2.60	3.00	3.20	3.67	4.30	8.4	8.4
	15	2.52	2.77	3.30	3.77	4.18	3.1	11.8
	16	3.80	4.00	5.00	5.50	5.86	51.5	69.5
	17	4.00	4.00	5.00	5.80	6.90	0.0	69.5
	18	5.00	5.45	5.50	6.62	7.45	10.0	86.4
	19	5.00	5.50	5.80	6.80	7.00	5.4	96.6
20	4.85	5.72	6.10	7.00	7.35	5.8	106.7	
<b>Ventriculo Derecho Via de Entrada</b>	13	5.86	6.20	6.40	7.00	7.40	-	
	14	5.18	6.72	7.65	8.37	8.50	19.5	19.5
	15	6.42	7.50	8.00	8.35	9.40	4.9	25.0
	16	7.36	8.20	8.50	9.50	9.58	6.2	32.8
	17	8.84	9.20	9.50	10.20	10.56	11.7	48.4
	18	9.05	9.87	10.50	11.57	11.90	10.5	64.0
	19	10.00	11.00	11.20	12.50	13.80	6.7	75.0
20	11.25	12.00	12.75	13.50	14.25	13.8	99.2	
<b>Ventriculo Izquierdo Via de Entrada</b>	13	5.23	5.52	6.50	7.82	8.76	-	
	14	6.56	7.70	8.15	8.77	9.35	25.4	25.3
	15	7.51	8.12	9.05	10.27	11.22	11.0	39.2
	16	8.54	9.10	10.00	10.50	11.08	10.5	53.8
	17	8.30	10.30	11.00	12.30	12.46	10.0	69.2
	18	9.50	10.00	11.50	12.70	13.50	4.5	76.9
	19	11.00	12.00	14.2	14.20	14.50	23.5	118.4
20	12.35	13.00	15.1	15.50	16.55	6.3	132.3	
<b>Ventriculo Derecho Via de Salida</b>	13	7.29	7.52	8.15	8.50	9.37	-	
	14	7.29	8.05	9.00	9.87	10.14	10.4	10.4
	15	9.00	9.15	10.00	11.50	11.77	11.1	22.7
	16	8.80	10.00	11.00	12.50	13.64	10.0	34.9
	17	11.60	12.20	12.80	13.50	13.90	16.4	57.0
	18	11.50	12.72	13.50	14.57	15.85	5.5	65.6
	19	12.70	13.80	14.50	15.30	15.50	7.4	77.9
20	15.35	15.92	16.40	17.00	17.35	13.1	101.2	
<b>Ventriculo Izquierdo Via de Salida</b>	13	6.40	7.35	7.55	8.95	10.00	-	
	14	7.50	8.25	9.40	9.95	10.70	24.5	24.5
	15	8.04	8.85	10.00	11.12	11.95	6.4	32.4
	16	9.64	10.50	11.60	12.80	13.40	16.0	53.6
	17	10.76	12.00	12.80	14.00	14.40	10.3	69.5
	18	11.50	12.00	13.00	14.55	14.70	1.6	72.2
	19	13.00	14.00	15.50	16.20	16.80	19.2	105.3
20	15.15	16.02	16.50	17.57	18.35	6.4	118.5	

**Cuadro 7. Dimensión del Espesor de la Pared Ventricular de la Vía de Entrada de ambos ventrículos, por edad gestacional.**

Medición (mm)	Edad (semanas)	Percentiles					% Incremento semanal	% Acumulado
		10	25	50	75	90		
<b>Tercio Superior Ventriculo Derecho</b>	13	0.59	.85	1.05	1.40	1.47	-	
	14	1.00	1.02	1.20	1.37	1.50	14.3	14.3
	15	1.02	1.20	1.35	1.50	1.77	12.5	28.5
	16	1.20	1.20	1.70	1.80	2.00	25.9	61.9
	17	1.50	1.50	2.00	2.30	2.46	17.7	90.5
	18	1.45	1.57	2.00	2.05	2.35	0.00	90.5
	19	1.50	1.90	2.00	2.50	2.50	0.00	90.5
20	1.45	2.00	2.05	2.50	2.80	2.5	95.2	
<b>Tercio Superior Ventriculo Izquierdo</b>	13	0.93	1.10	1.20	1.77	1.94	-	
	14	1.03	1.22	1.35	1.55	1.74	12.5	12.5
	15	1.02	1.20	1.50	1.62	1.88	11.1	25.0
	16	1.04	1.20	1.60	2.00	2.40	6.7	33.3
	17	1.50	1.50	2.00	2.30	2.48	25.0	66.6
	18	1.60	2.00	2.15	2.52	2.80	5.0	79.1
	19	2.00	2.00	2.20	2.30	2.50	4.8	83.3
20	2.20	2.45	2.70	3.00	3.10	22.7	125.0	
<b>Tercio Medio Ventriculo Derecho</b>	13	.60	0.77	1.05	1.20	1.47	-	
	14	1.00	1.02	1.15	1.35	1.50	9.5	9.5
	15	1.20	1.27	1.35	1.50	1.68	17.4	28.5
	16	1.12	1.30	1.60	1.80	1.96	18.5	52.4
	17	1.24	1.60	1.80	2.00	2.18	12.5	71.4
	18	1.35	1.47	1.80	2.00	2.45	0.0	71.4
	19	1.50	1.70	1.80	2.40	2.50	0.0	71.4
20	1.50	2.00	2.05	2.50	2.70	13.9	95.2	
<b>Tercio Medio Ventriculo Izquierdo</b>	13	1.03	1.20	1.35	1.72	1.80		
	14	1.06	1.20	1.40	1.75	2.00	3.7	3.7
	15	1.02	1.35	1.50	1.72	1.98	7.1	11.1
	16	1.32	1.50	1.70	2.10	2.20	13.3	25.9
	17	1.52	1.80	2.00	2.40	2.50	17.6	48.1
	18	1.65	1.80	2.30	2.45	2.70	15.0	70.3
	19	2.00	2.10	2.30	2.50	2.80	0.0	70.3
20	2.05	2.35	2.50	2.82	3.10	8.7	85.2	
<b>Tercio Inferior Ventriculo Derecho</b>	13	.53	0.70	.95	1.07	1.48		
	14	.80	0.92	1.00	1.20	1.30	5.3	5.3
	15	1.00	1.07	1.20	1.22	1.30	20.0	26.3
	16	1.00	1.00	1.20	1.50	1.82	0.0	26.3
	17	1.16	1.50	1.60	2.00	2.16	33.3	68.4
	18	1.35	1.47	1.80	2.00	2.15	12.5	89.5
	19	1.50	1.70	1.80	2.00	2.30	0.0	89.5
20	1.55	1.67	1.90	2.17	2.45	5.6	100.0	
<b>Tercio Inferior Ventriculo Izquierdo</b>	13	1.10	1.12	1.30	1.50	1.77		
	14	1.13	1.30	1.30	1.67	2.07	0.0	0.0
	15	1.30	1.30	1.45	1.67	1.99	11.5	11.5
	16	1.42	1.50	1.60	1.80	1.96	10.3	23.1
	17	1.52	1.80	1.90	2.20	2.46	18.8	46.1
	18	1.45	1.57	2.15	2.37	2.95	13.2	65.4
	19	1.90	2.00	2.20	2.30	2.60	2.3	69.2
20	1.80	2.00	2.40	2.50	2.85	9.1	84.6	

**Cuadro 8.** Dimensión del Espesor de la Pared Ventricular de la Vía de Salida de ambos ventrículos por edad gestacional.

Medición (mm)	Edad (semanas)	Percentiles					% Incremento semanal	% Acumulado
		10	25	50	75	90		
Tercio Superior Ventrículo Derecho	13	0.53	0.60	0.80	1.20	1.37	-	
	14	0.90	1.00	1.00	1.10	1.10	25.0	25.0
	15	0.82	1.00	1.15	1.20	1.20	15.0	43.7
	16	0.82	1.00	1.18	1.30	1.50	2.6	47.5
	17	1.02	1.10	1.20	1.40	1.50	1.7	50.0
	18	1.00	1.10	1.25	1.60	1.70	4.2	56.2
	19	1.00	1.00	1.30	1.60	2.00	4.0	62.5
	20	1.00	1.17	1.70	2.12	2.75	30.8	112.5
Tercio Superior Ventrículo Izquierdo	13	1.00	1.00	1.20	1.57	1.81	-	
	14	1.00	1.00	1.45	1.50	1.57	20.8	20.8
	15	1.11	1.20	1.50	1.62	1.97	3.4	25.0
	16	1.24	1.40	1.60	2.00	2.00	6.7	33.3
	17	1.56	1.80	2.00	2.30	2.50	25.0	66.6
	18	1.50	1.80	2.00	2.22	2.40	0.0	66.6
	19	1.80	2.00	2.35	2.50	2.80	17.5	95.8
	20	1.90	2.00	2.40	2.62	3.05	2.1	100.0
Tercio Medio Ventrículo Derecho	13	0.60	0.80	0.95	1.20	1.20	-	
	14	1.00	1.00	1.10	1.20	1.20	15.8	15.8
	15	0.82	1.00	1.10	1.30	1.30	0.00	15.8
	16	0.92	1.00	1.20	1.30	1.40	9.1	26.3
	17	1.00	1.20	1.30	1.70	1.80	8.3	36.8
	18	1.00	1.20	1.40	1.52	1.65	7.7	47.3
	19	1.10	1.20	1.60	1.70	2.00	14.3	68.4
	20	1.35	1.57	2.00	2.20	2.50	25.0	110.5
Tercio Medio Ventrículo Izquierdo	13	1.00	1.12	1.35	1.65	1.80	-	
	14	1.13	1.35	1.50	1.67	2.00	11.1	11.1
	15	1.41	1.50	1.60	1.80	1.80	6.7	18.5
	16	1.52	1.60	1.80	2.00	2.40	12.5	33.3
	17	1.84	2.00	2.20	2.50	2.92	22.2	62.9
	18	2.00	2.20	2.45	2.55	2.70	11.4	81.4
	19	2.00	2.30	2.50	2.60	3.00	2.0	85.1
	20	1.90	2.32	2.70	3.02	3.35	8.0	100.0
Tercio Inferior Ventrículo Derecho	13	0.43	0.72	0.95	1.07	1.20	-	
	14	0.90	1.02	1.10	1.20	1.27	15.8	15.8
	15	1.00	1.00	1.10	1.32	1.49	0.00	15.8
	16	0.84	1.00	1.10	1.20	1.36	0.00	15.8
	17	0.92	1.00	1.20	1.60	1.94	9.1	26.3
	18	1.00	1.10	1.35	1.85	2.00	12.5	42.1
	19	1.10	1.20	1.50	1.60	2.00	11.1	57.9
	20	1.35	1.50	1.80	2.02	2.50	20.0	89.4
Tercio Inferior Ventrículo Izquierdo	13	1.00	1.00	1.25	1.57	1.97	-	
	14	1.20	1.20	1.45	1.80	1.94	16.0	16.0
	15	1.50	1.50	1.50	1.62	1.70	3.5	20.0
	16	1.50	1.60	1.80	2.00	2.32	20.0	44.0
	17	1.72	2.00	2.10	2.50	2.80	16.7	68.0
	18	1.80	2.00	2.30	2.80	2.95	9.5	84.0
	19	1.90	2.00	2.40	2.50	2.80	4.3	92.0
	20	1.75	2.22	2.70	3.00	3.25	12.5	116.0

**Cuadro 9.** Coeficientes de correlación de Spearman del crecimiento de las diferentes estructuras del corazón fetal y la edad gestacional, ordenado por segmentos.

Segmento	Estructura	r	IC 95%	p
	Peso del corazón	0.94	0.91 – 0.95	< 0.001
	Longitud Mayor del corazón	0.94	0.91 – 0.95	< 0.001
<b>Atrial</b>	Atrios plano frontal	0.91	0.87 – 0.93	< 0.001
	Atrios plano sagital	0.90	0.85 – 0.93	< 0.001
	Diámetro Fosa Oval	0.80	0.71 – 0.86	< 0.001
<b>Ventricular</b>	Ventrículo plano frontal	0.92	0.88 – 0.94	< 0.001
	Ventrículo plano sagital	0.89	0.84 – 0.92	< 0.001
<b>Arterial</b>	Longitud Arteria pulmonar	0.90	0.85 – 0.93	< 0.001
	Diámetro Anillo pulmonar	0.82	0.74 – 0.87	< 0.001
	Diámetro Tronco Pulmonar	0.87	0.81 – 0.91	< 0.001
	Diámetro Rama Derecha	0.86	0.80 – 0.90	< 0.001
	Diámetro Rama Izquierda	0.89	0.84 – 0.92	< 0.001
	Diámetro Conducto Arterioso	0.85	0.78 – 0.89	< 0.001
	Diámetro Aorta Ascendente	0.90	0.85 – 0.93	< 0.001
	Diámetro Arco Aórtico	0.90	0.85 – 0.93	< 0.001
	Diámetro Istmo Aórtico	0.88	0.82 – 0.91	< 0.001
	Diámetro Aorta Descendente	0.90	0.85 – 0.93	< 0.001
<b>Ventricular</b>	VD Plano Sagital	0.88	0.85 – 0.93	< 0.001
	VD Vía de Entrada	0.92	0.88 – 0.94	< 0.001
	VD Vía de Salida	0.92	0.88 – 0.94	< 0.001
	VD Grosor pared entrada 1/3 medio	0.76	0.66 – 0.83	< 0.001
	VD Grosor pared salida 1/3 medio	0.72	0.61 – 0.80	< 0.001
	VI Plano Sagital	0.81	0.73 – 0.86	< 0.001
	VI Vía de Entrada	0.89	0.84 – 0.92	< 0.001
	VI Vía de Salida	0.92	0.88 – 0.94	< 0.001
	VI Grosor pared entrada 1/3 medio	0.79	0.70 – 0.85	< 0.001
	VI Grosor pared salida 1/3 medio	0.82	0.74 – 0.87	< 0.001

IC95% = Intervalo de Confianza al 95%; VD =Ventrículo Derecho; VI = Ventrículo Izquierdo

**Cuadro 10.** Mediana de las proporciones de los segmentos aórticos de acuerdo con la edad gestacional.

Edad gestacional	AO / AA	IA / AA	AD / AA	AO / AD	IA / AD	CA / IA
13	0.86*	0.67	1.27	1.09	0.85	0.81
14	0.83	0.65	1.38	1.14	0.89	0.78
15	0.83	0.72	1.31	1.10	0.94	0.70
16	0.83	0.67	1.34	1.12	0.90	0.78
17	0.86	0.69	1.28	1.10	0.88	0.67
18	0.90	0.72	1.22	1.10	0.88	0.71
19	0.84	0.70	1.29	1.09	0.90	0.77
20	0.89	0.73	1.27	1.13	0.93	0.78
Total	0.86	0.70	1.29	1.11	0.90	0.75

AA. Aorta ascendente. AO. Arco aórtico. IA. Istmo Aórtico. AD. Aorta descendente. CA. Conducto arterioso.

\* La proporción se obtuvo al dividir los valores puntuales del arco aórtico entre los valores puntuales de la aorta ascendente.

**Cuadro 11.** Comparación de los valores promedios del arco aórtico y del istmo aórtico, obtenidos por morfometría en este estudio, comparándolos con los reportados por ecocardiografía\*, clasificados de acuerdo con la edad gestacional.

Estructura	Semanas de Gestación	Morfometría (mm)	Ecocardiografía (mm)	%
Arco Aórtico	14-15	2.19	1.08	49.3
	16-17	2.73	1.62	59.3
	18-19	3.22	1.99	61.8
	20-21	3.99	2.23	55.8
Istmo Aórtico	14-15	1.79	1.15	64.2
	16-17	2.20	1.73	78.6
	18-19	2.65	2.13	80.3
	20-21	3.25	2.46	75.6

\* Achiron R. Ultrasound Obstet Gynecol 2000; 15: 226.

# FIGURAS

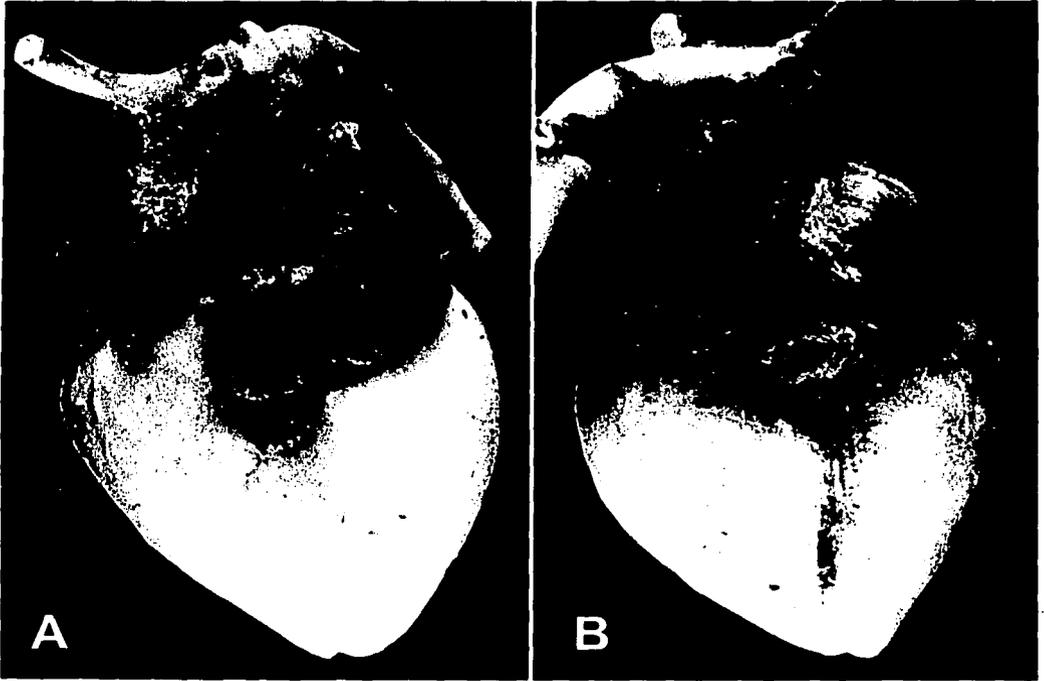


Fig 1. Aspecto externo del corazón fetal humano de 18 semanas. A. Vista anterior.  
B. Vista Posterior.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

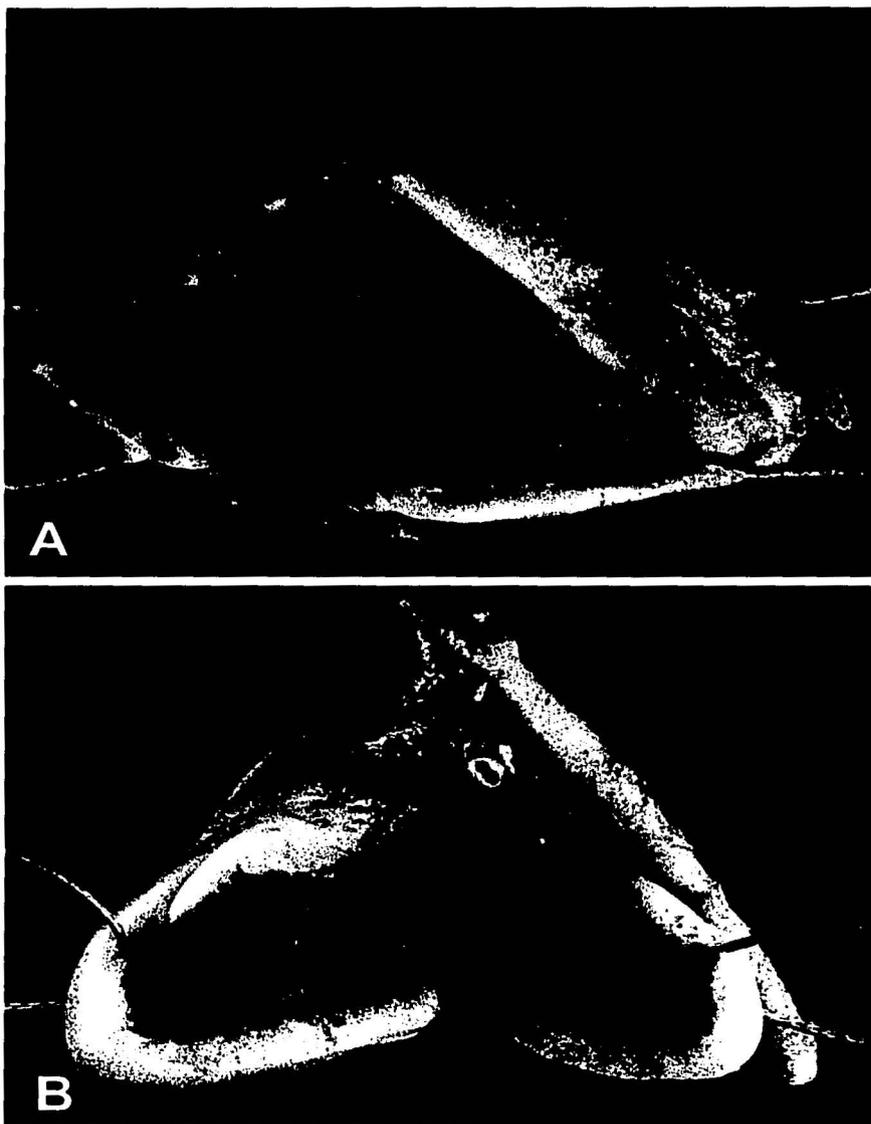


Fig 2. Aspecto interno del corazón fetal humano de 18 semanas. A. Cavidad ventricular Derecha. B. Cavidad Ventricular Izquierda.

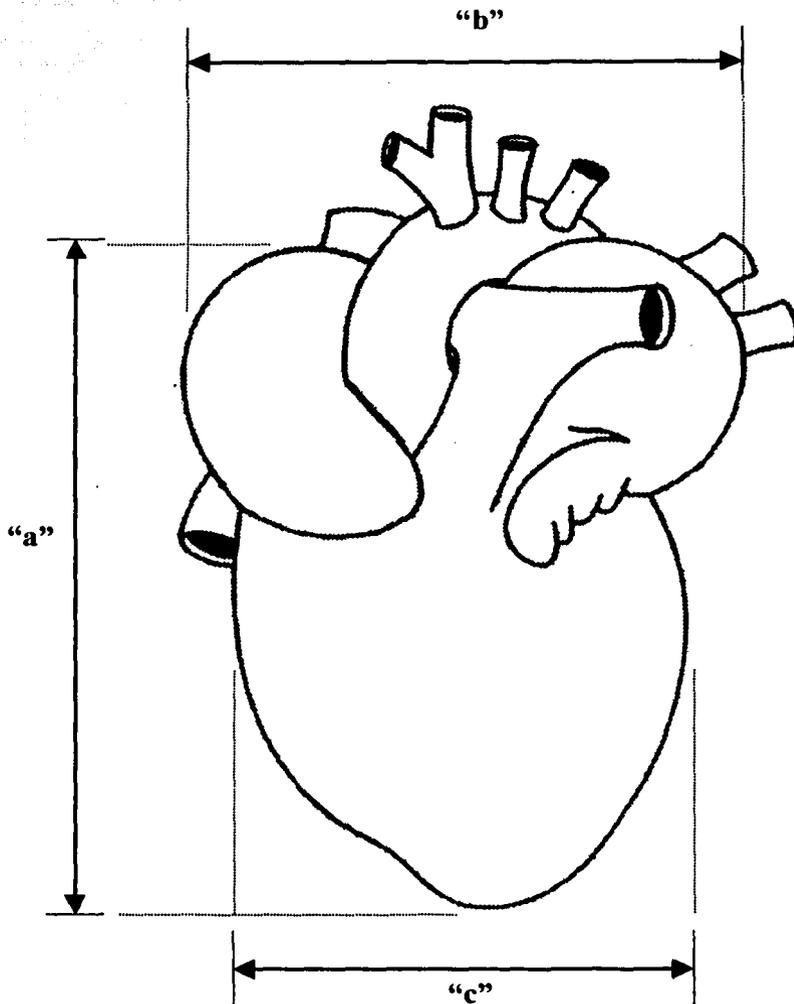


Fig 3. Representación esquemática del corazón, vista frontal: "a" longitud mayor del corazón, "b" diámetro externo atrial, "c" diámetro externo ventricular.

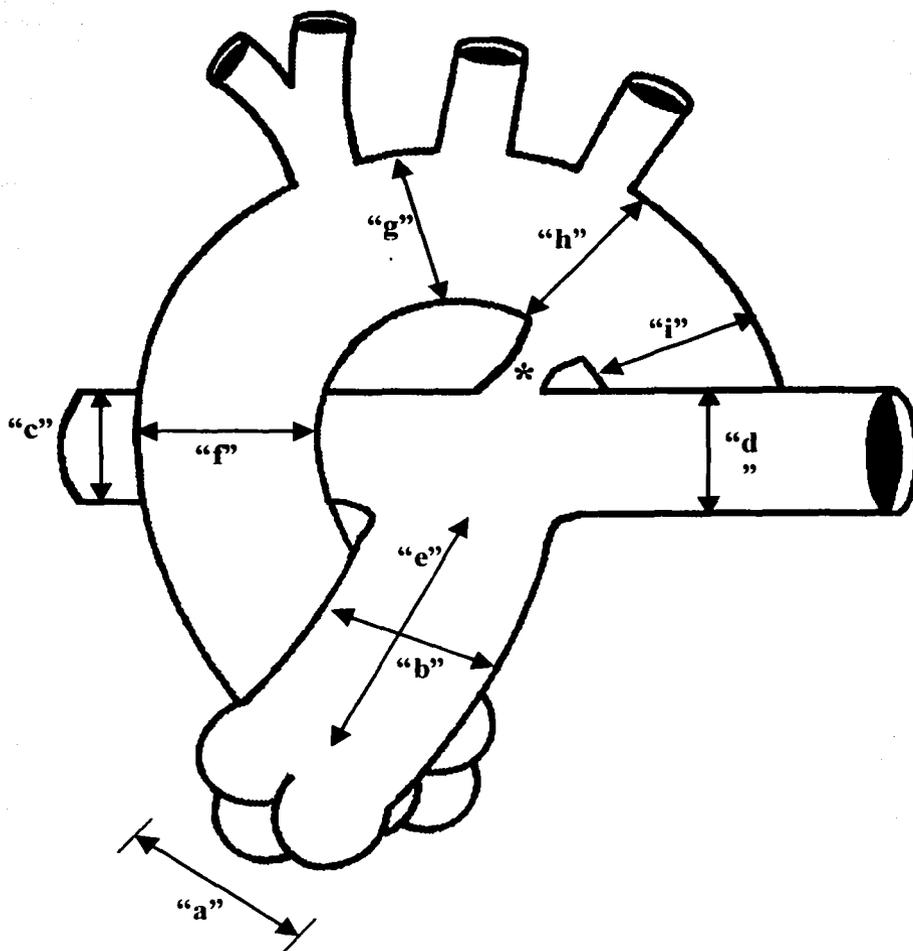
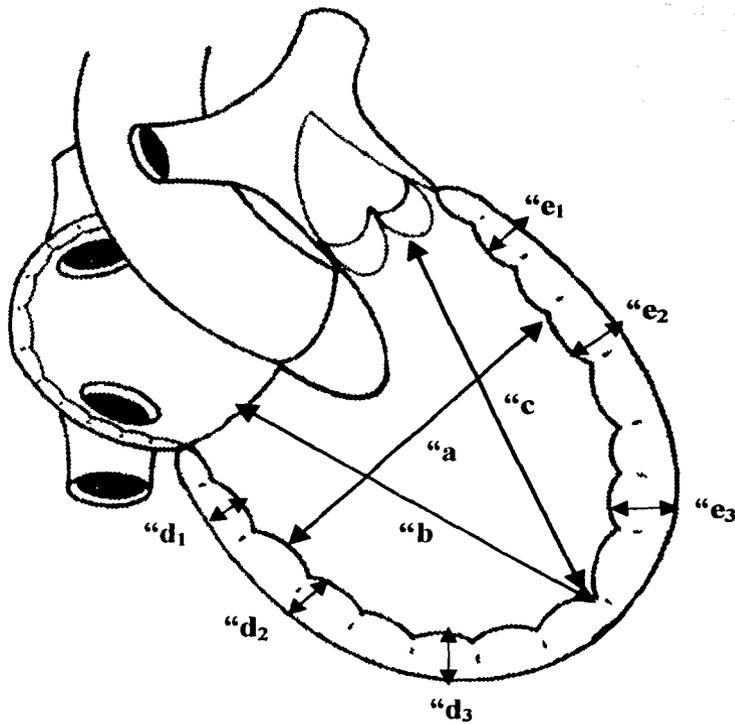
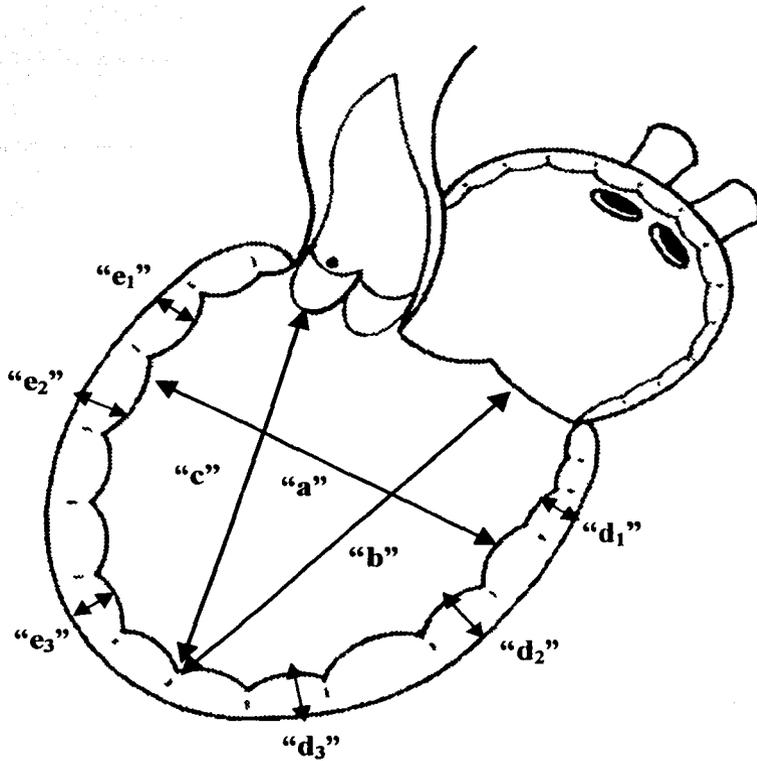


Fig 4. Representación esquemática del corazón, segmento arterial: "a" diámetro del anillo pulmonar, "b" diámetro arteria pulmonar principal, "c" diámetro rama derecha de la arteria pulmonar, "d" diámetro rama izquierda de la arteria pulmonar, "e" longitud de la arteria pulmonar principal, "f" diámetro de la aorta ascendente, "g" diámetro del arco aórtico, "h" diámetro del istmo aórtico, "i" diámetro aorta descendente, \* diámetro del conducto arterioso.



**Fig. 5.** Representación esquemática del ventrículo derecho, aspecto interno, plano sagital: "a" diámetro interno, "b" longitud vía de entrada, "c" longitud vía de salida, "d<sub>1</sub>" grosor vía de entrada tercio superior, "d<sub>2</sub>" grosor vía de entrada tercio medio, "d<sub>3</sub>" grosor vía de entrada tercio inferior, "e<sub>1</sub>" grosor vía de salida tercio superior, "e<sub>2</sub>" grosor vía de salida tercio medio, "e<sub>3</sub>" grosor vía de salida tercio inferior.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



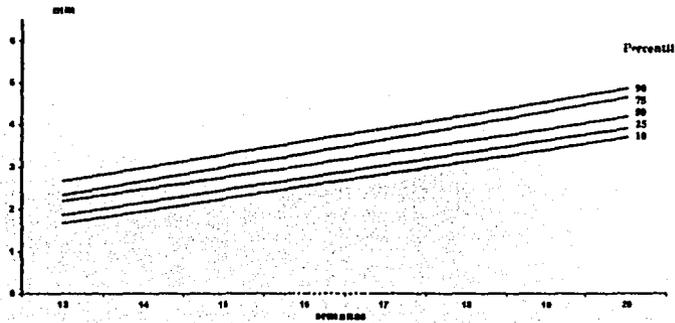
**Fig. 6.** Representación esquemática del ventrículo izquierdo, aspecto interno, plano sagital: "a" diámetro interno, "b" longitud vía de entrada, "c" longitud vía de salida, "d<sub>1</sub>" grosor vía de entrada tercio superior, "d<sub>2</sub>" grosor vía de entrada tercio medio, "d<sub>3</sub>" grosor vía de entrada tercio inferior, "e<sub>1</sub>" grosor vía de salida tercio superior, "e<sub>2</sub>" grosor vía de salida tercio medio, "e<sub>3</sub>" grosor vía de salida tercio inferior.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

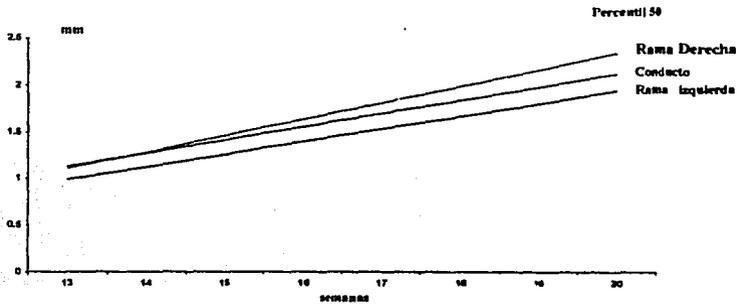
# GRÁFICAS

## DIÁMETRO EXTERNO ARTERIA PULMONAR



Gráfica 1

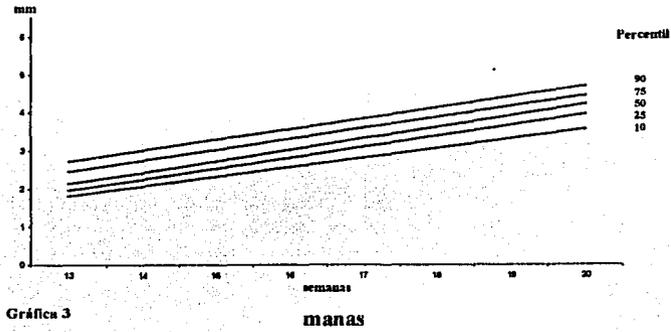
## DIÁMETRO EXTERNO RAMAS PULMONARES Y CONDUCTO ARTERIOSO



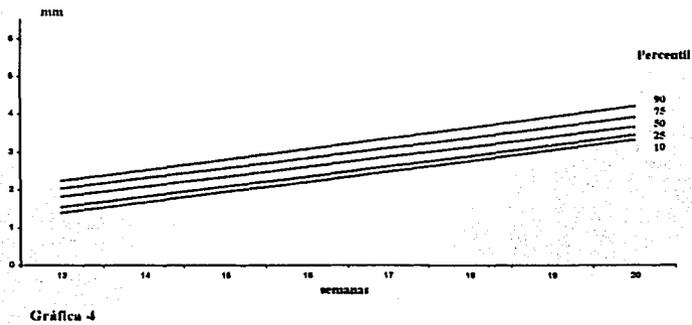
Gráfica 2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## DIÁMETRO AORTA ASCENDENTE



## DIÁMETRO ARCO AÓRTICO



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## DIÁMETRO ISTMO AÓRTICO

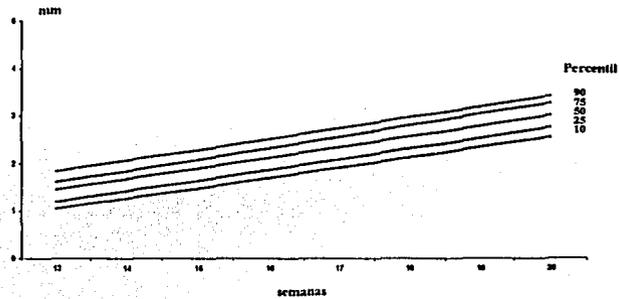


Gráfico 5

semanas

## DIÁMETRO AORTA DESCENDENTE

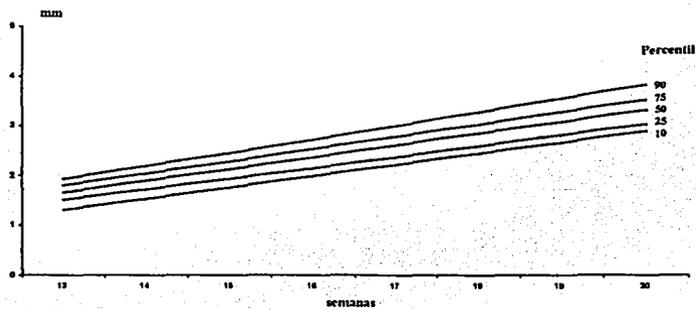
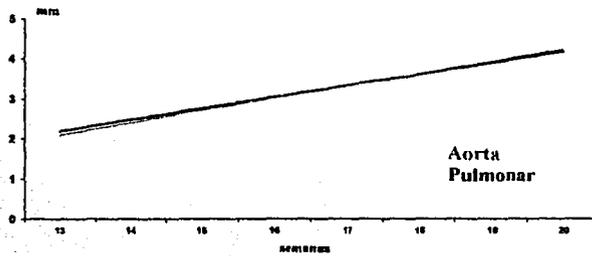


Gráfico 6

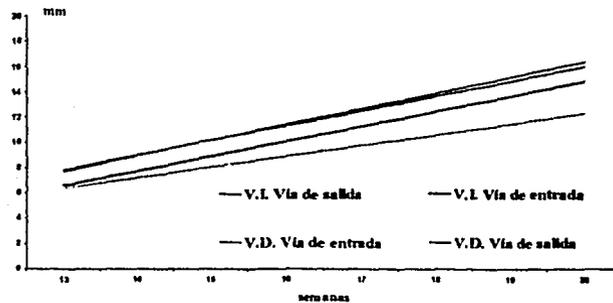
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## DIÁMETRO GRANDES ARTERIAS



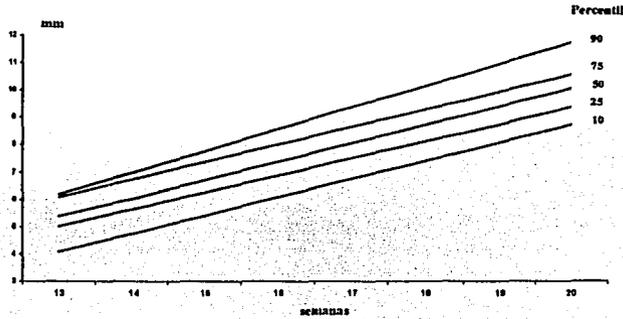
Gráfica 7

## LONGITUD VENTRÍCULOS



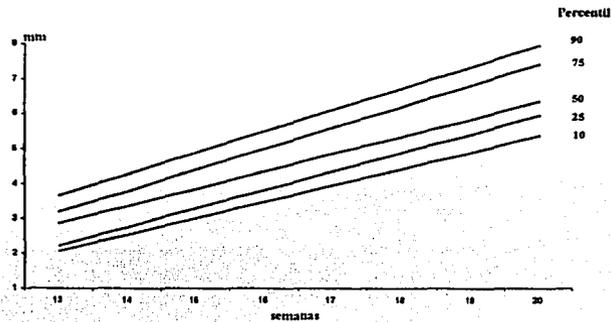
Gráfica 8

## VENTRÍCULO DERECHO PLANO SAGITAL



Gráfica 9

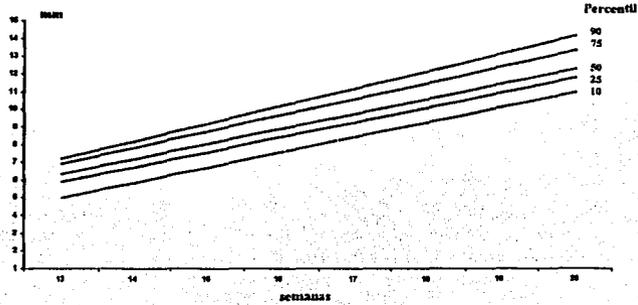
## VENTRÍCULO IZQUIERDO PLANO SAGITAL



Gráfica 10

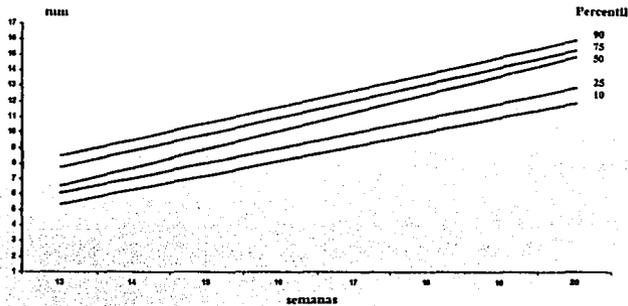
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## VENTRÍCULO DERECHO VÍA ENTRADA



Gráfica 11

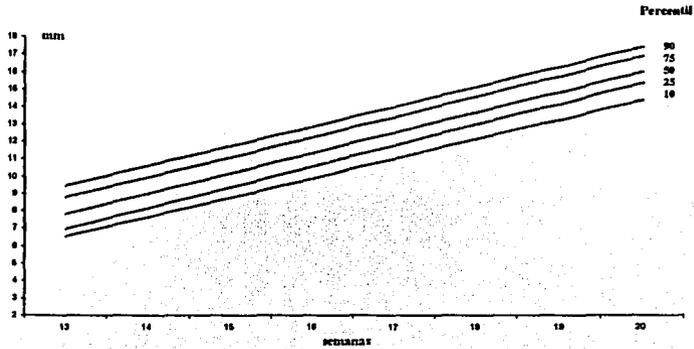
## VENTRÍCULO IZQUIERDO VÍA ENTRADA



Gráfica 12

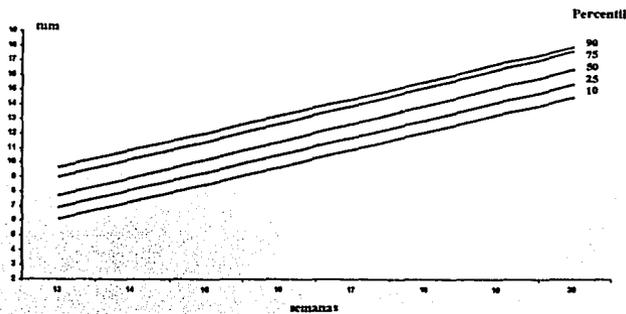
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## VENTRÍCULO DERECHO VÍA SALIDA



Gráfica 13

## VENTRÍCULO IZQUIERDO VÍA SALIDA



Gráfica 14

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

HOSPITAL INFANTIL DE MEXICO "DR. FEDERICO GOMEZ"  
 DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA DEL DESARROLLO Y TERATOGENESIS EXPERIMENTAL

**PROTOCOLO: ESTUDIO MORFOLOGICO CUALI-CUANTITATIVO DEL CORAZON FETAL HUMANO**

Número del producto: \_\_\_\_\_

Edad morfológica: \_\_\_\_\_ semanas

**DATOS GENERALES**

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1. Longitud C-R: _____ mm   | 5. Longitud del muslo: _____ mm  |
| 2. Sexo: Masculino <input type="checkbox"/> Femenino <input type="checkbox"/> | 6. Longitud del pie: _____ mm    |
| 3. Diámetro biparietal: _____ mm  | 7. Edad menstrual: _____ semanas |
| 4. Perímetro cefálico: _____ mm   |                                  |

**CORAZON (ASPECTO EXTERNO)**

- |  |   |
|--|---|
| 1. Tipo de corte: _____                        | 5. Diámetro externo atrial (sagital): _____ mm      |
| 2. Peso: _____ gramos                          | 6. Diámetro externo ventricular (frontal): _____ mm |
| 3. Longitud mayor del corazón: _____ mm        | 7. Diámetro externo ventricular (sagital): _____ mm |
| 4. Diámetro externo atrial (frontal): _____ mm |   |

**SEGMENTO ATRIAL**

- |  |   |
|--|---|
| 1. Diámetro máximo interno (atrio-atrio): _____ mm | 3. Grosor pared libre atrio izquierdo: _____ mm |
| 2. Grosor pared libre atrio derecho: _____ mm      | 4. Diámetro fosa oval: _____ mm                 |

**UNION ATRIO-VENTRICULAR**

- |                                    |                               |
|------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Perímetro tricuspideo: _____ mm | 2. Perímetro mitral: _____ mm |
|------------------------------------|-------------------------------|

**SEGMENTO VENTRICULAR**

- |  |  |
|--|--|
| 1. Diámetro máximo interno (ventrículo-ventrículo): _____ mm | 2. Grosor tabique interventricular: _____ mm |
|--|--|
3. Ventrículo derecho:
- |   |                           |
|---|---------------------------|
| a) Diámetro interno (frontal): _____ mm     | g) Grosor vía de entrada  |
| b) Diámetro interno (sagital): _____ mm     | Tercio superior: _____ mm |
| c) Longitud vía de entrada: _____ mm        | Tercio medio: _____ mm    |
| d) Longitud vía de salida: _____ mm         | Tercio inferior: _____ mm |
| e) Grosor cresta supraventricular: _____ mm | h) Grosor vía de salida   |
| f) Altura cresta supraventricular: _____ mm | Tercio superior: _____ mm |
|   | Tercio medio: _____ mm    |
|   | Tercio inferior: _____ mm |
4. Ventrículo izquierdo:
- |   |                           |
|---|---------------------------|
| a) Diámetro interno (frontal): _____ mm | e) Grosor vía de entrada  |
| b) Diámetro interno (sagital): _____ mm | Tercio superior: _____ mm |
| c) Longitud vía de entrada: _____ mm    | Tercio medio: _____ mm    |
| d) Longitud vía de salida: _____ mm     | Tercio inferior: _____ mm |
|   | f) Grosor vía de salida   |
|   | Tercio superior: _____ mm |
|   | Tercio medio: _____ mm    |
|   | Tercio inferior: _____ mm |

**SEGMENTO ARTERIAL**

1. Arteria pulmonar:

- a) Longitud A.P. principal: \_\_\_\_\_ mm
- b) Diámetro A.P. principal: \_\_\_\_\_ mm
- c) Diámetro rama derecha: \_\_\_\_\_ mm

- d) Diámetro rama izquierda: \_\_\_\_\_ mm
- e) Diámetro anillo valvular: \_\_\_\_\_ mm

2. Aorta

- a) Diámetro del ductus arteriosus: \_\_\_\_\_ mm
- b) Diámetro aorta ascendente: \_\_\_\_\_ mm
- c) Diámetro arco aórtico: \_\_\_\_\_ mm

- d) Diámetro istmo aórtico: \_\_\_\_\_ mm
- e) Diámetro aorta descendente: \_\_\_\_\_ mm

**COMENTARIOS**

---

---

---

---

---

---

---

---

Fecha: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_