

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS**

**USO CLINICO DEL ULTRASONIDO OBSTETRICO Y PRUEBAS  
ULTRASONOGRAFICAS DE BIENESTAR FETAL**

Estudio Prospectivo Transversal en Médicos Residentes y Ginecobstetras  
Especialistas de los Hospitales Escuela de la Ciudad de Guatemala, entre Mayo  
y Julio de 1998.

**TESIS**

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la  
Facultad de Ciencias Médicas de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**POR**

**JUAN CARLOS ZEA VEGA**

En el acto de investidura de:

**MEDICO Y CIRUJANO**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 1998**

05  
T(8042)  
e.4

EL DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS  
DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

H A C E   C O N S T A R   Q U E :

El (la) BACHILLER : JUAN CARLOS ZEA VEGA

Carnet Universitario No: 92-17148

Ha presentado para su Examen General Público, previo a optar al título de Médico y Cirujano, el trabajo de tesis titulado:

USO CLINICO DEL ULTRASONIDO OBSTETRICO Y PRUEBAS ULTRA-SONOGRAFICAS DE BIENESTAR FETAL

trabajo asesorado por:  
Doctor: JUAN FRANCISCO DE LEON

y revisado por:  
Doctor: CARLOS ENRIQUE ZEA FLORES

quienes lo avalan y han firmado conformes, por lo que se emite, firman y sellan la presente ORDEN DE IMPRESION.

Guatemala, 27 de agosto de 1998.

Dr. Jose Maria Gramajo G.  
COORDINADOR UNIDAD DE TESIS

DIRECTOR  
CENTRO DE INVESTIGACIONES  
DE LAS CIENCIAS DE LA SALUD

I M P R I M A S E :

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS

DR. ROMEO ARNALDO VASQUEZ VASQUEZ  
DECANO

DR. ROMEO ARNALDO VASQUEZ VASQUEZ  
DECANO 1993 - 2002 1



APROBACION INFORME FINAL

FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS  
Ciudad Universitaria, Zona 12  
Guatemala, Centroamerica

OF. NO: 187-98

Guatemala, 31 de julio 1998.

BACHILLER:  
JUAN CARLOS ZEA VEGA

Facultad de Ciencias Medicas  
USAC

Por este medio hago de su conocimiento que su Informe Final de Tesis, titulado: **USO CLINICO DEL ULTRASONIDO OBSTETRICO Y PRUEBAS ULTRASONOGRAFICAS DE BIENESTAR FETAL**

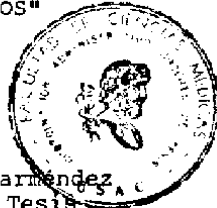
ha sido RECIBIDO, y luego de REVISADO se ha establecido que cumple con los requisitos contemplados en el reglamento de trabajos de tesis; por lo que es autorizado para completar los trámites previos a su graduación.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Dr. José María Gramajo Garméndez  
Coordinador Unidad de Tesis



NOTA. La información y conceptos contenidos en el presente trabajo es responsabilidad única del autor.



FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS  
GUATEMALA, CENTRO AMÉRICA

Guatemala, 31 de julio 1998

Doctor:  
José María Gramajo Garméndez  
Coordinador Unidad de Tesis  
Facultad de Ciencias Médicas

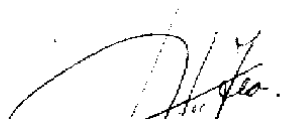
Se le informa que el (la) BACHILLER  
JUAN CARLOS ZEA VEGA

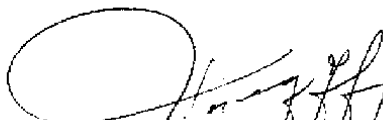
Nombres y apellidos completos

Carnet No. : 92-17148 ha presentado el Informe Final de su trabajo  
de tesis titulado:

USO CLINICO DEL ULTRASONIDO OBSTETRICO Y PRUEBAS ULTRASONO-  
GRAFICAS DE BIENESTAR PETAL

Del cual autor, asesor(es) y revisor nos hacemos responsables por el  
contenido, metodología, confiabilidad y validez de los datos y  
resultados obtenidos, así como de la pertinencia de las conclusiones y  
recomendaciones expuestas.

  
Firma del estudiante

  
F. Asesor  
Nombre completo y sello

Dr. Carlos Enrique Zea Flores  
GINECOLOGO Y OBSTETRA  
COLEGIADO No. 1894

  
F. Revisor  
Nombre completo y sello  
Reg. Personal 17083

Juan Francisco de León M.  
MEDICO Y CIRUJANO

COLEGIADO 6354

## INDICE

|       |   |    |
|-------|---|----|
| I.    | INTRODUCCION                                      | 1  |
| II.   | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA                        | 5  |
| III.  | JUSTIFICACION                                     | 9  |
| IV.   | OBJETIVOS   | 11 |
| V.    | REVISION BIBLIOGRAFICA                            | 13 |
|       | A. Características Generales del Sonido           | 13 |
|       | B. Historia del Ultrasonido                       | 14 |
|       | C. Física Básica del Sonido                       | 18 |
|       | D. Transmisión del Sonido a través de los Tejidos | 22 |
|       | E. Efectos Bioficos del Ultrasonido               | 25 |
|       | F. Diferentes Modos Ecográficos                   | 29 |
|       | G. Usos del Ultrasonido en Obstetricia            | 33 |
|       | H. Pruebas de Bienestar Fetal                     | 38 |
| VI.   | METODOLOGIA                                       | 49 |
| VII.  | PRESENTACION DE RESULTADOS                        | 59 |
| VIII. | ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS                | 65 |
| IX.   | CONCLUSIONES                                      | 71 |
| X.    | RECOMENDACIONES                                   | 73 |
| XI.   | RESUMEN   | 75 |
| XII.  | BIBLIOGRAFIA                                      | 77 |

## I. INTRODUCCION

En ginecología y obstetricia son cada día más utilizados los estudios ultrasonográficos y los de bienestar fetal que por este método diagnóstico son factibles. Existen muchas razones por las cuales el ultrasonido se ha convertido en uno de los aliados del médico obstetra, entre las que se pueden mencionar su no invasibilidad, su seguridad tanto para la madre como para el feto sin importar la edad gestacional, su rapidez, bajo costo y fácil acceso (al menos en la ciudad capital y principales ciudades del país).

La ultrasonografía se ha convertido en algo tan común que cada vez es más frecuente ver aparatos de ultrasonido diagnóstico en las clínicas de los obstetras y alguien dijo una vez que "el ultrasonógrafo era como el estetoscopio del obstetra"; hay que reconocer que la técnica del examen ultrasonográfico es fácil y basta un breve curso práctico para poder obtener adecuadas imágenes del feto y la placenta, las que son facilitadas porque, con el rápido avance tecnológico alcanzado, los actuales equipos proporcionan imágenes de muy alta resolución. Sin embargo, es importante comprender que la importancia y mérito de la ultrasonografía no estriba simplemente obtener bellas imágenes en donde los futuros padres puedan recrearse viendo la carita, las manos, el corazón y el sexo del bebé, sino que, sobre todo, es la prueba diagnóstica de la que en muchas ocasiones depende la vida o la integridad de esa criatura, el bienestar de la madre y, porqué no decirlo, hasta el prestigio del propio médico.

En otras palabras, al efectuar un estudio ultrasonográfico se está prestando un servicio remunerado a la paciente y, en su caso, a su médico tratante que lo ha solicitado, entendiéndose por servicio "toda actividad, beneficio o satisfacción que se ofrece en venta donde no existe una transferencia definitiva de bienes tangibles"<sup>1</sup>, aunque debe reconocerse, como lo hace J.E. Ligorria<sup>2</sup> que "literalmente hablando, el ejercicio de la medicina no se ofrece en venta como un producto más...", pero por su buen desempeño profesional el médico tiene derecho a percibir una adecuada retribución económica a cambio de una eficaz y eficiente atención al enfermo.

Es muy importante reconocer, sobre todo, que en la prestación de servicios médicos, como en toda relación humana, debe prevalecer -entre otros- el principio

---

<sup>1</sup> De León de Guerrero, Aída Alibet. Citada por J.E. Ligorria Guzmán en ASPECTOS ETICOS DE LA RELACION MEDICO PACIENTE. Tesis para Magister Artium en Ciencias Sociales. Guatemala, UFM, 1998. P.9.

<sup>2</sup> Ligorria Guzmán, Joaquín Estuardo. Op. Cit. P. 10.

ético. Cuando Hipócrates estableció los principios fundamentales de la medicina occidental puso las normas éticas de la medicina como imprescindibles. La medicina necesita una ética porque, como toda profesión, debe estar al servicio de la humanidad. De la ética del ejercicio profesional de la medicina depende que el paciente -y su familia- vaya confiando a consultar a un médico. El médico debe tener una sólida formación ética que le permita resolver adecuadamente los problemas que cada vez se le presentan en mayor cantidad y complejidad conforme transcurre su quehacer profesional. La formación ética del profesional médico debe ser continua y el egresado debe seguir formando su criterio porque cada día surgen nuevas situaciones que deben resolverse éticamente. Así pues, debe entenderse que la ética no es sólo un conjunto de normas, un manual de procedimientos, sino una vivencia existencial que dé como consecuencia un comportamiento.<sup>3</sup>

En el uso ético de la ultrasonografía se debe comenzar por establecer -previo a decidir la realización de un estudio- el costo/beneficio que implicará para la paciente: ¿se justifica el desembolso que la paciente hará para efectuar este examen en función del beneficio que del mismo se derive?. No es dable, como ya se dijo, valorar -en el caso de la ultrasonografía diagnóstica- el riesgo/beneficio, toda vez que no hay riesgo.

Pero, desde el punto de vista de la ética, es igualmente válido buscar el mayor beneficio posible del examen en función de la información obtenida, como consecuencia no sólo de la adecuada ejecución del estudio sino, además y sobre todo, de una juiciosa y profesional interpretación del mismo. En algunos lugares, son técnicos en ultrasonografía quienes efectúan los estudio pero son -o deben ser- médicos especializados, conocedores de la fisiopatología y de la anatomía quienes interpretan las imágenes. Es por ello que el médico referente debe proporcionar al ultrasonografista toda la información clínica para que pueda permitirse una adecuada correlación clínico-ultrasonográfica. Es frecuente recibir en las clínicas de ultrasonografía diagnóstica nota del ginecólogo o del obstetra que solicitan "evaluación pélvica" o "control del embarazo". Por otro lado, todo aquel que efectúa y/o interpreta un estudio, debe tener los conocimientos necesarios para proporcionar a la paciente, por medio de su médico tratante, la mayor información que sirva a éste para hacer un adecuado diagnóstico que le permita decidir las acciones que lleven a un adecuado tratamiento o manejo de cada caso en particular.

---

<sup>3</sup> Velez Correa, Luis Alfonso. ETICA MEDICA. Medellín, Corporación para Investigaciones Biológicas, 1989. Pp. 63-65

Tanto el clínico como el ultrasonografista deben tener el entrenamiento suficiente para saber cómo hacer o cómo interpretar los estudios, es por ello que los residentes de obstetricia deben conocer, entre otras, las ventajas y las limitaciones que se tienen con determinados métodos diagnósticos o terapéuticos. La ultrasonografía no es la excepción.

¿Están siendo los residentes de nuestros hospitales escuela adecuadamente informados y entrenados sobre cómo utilizar el ultrasonido diagnóstico y las pruebas ultrasonográficas de bienestar fetal? Se resalta "cómo utilizar" ya que la función del programa de especialización en Ginecología y Obstetricia es, principalmente, enseñar al futuro especialista cuáles son las ventajas y limitaciones del ultrasonido diagnóstico y cómo sacar mejor provecho de él y no necesariamente que termine su postgrado creyendo que es capaz de considerarse un especialista en este método.

Con el propósito de evaluar los conocimientos y prácticas que se tienen con respecto del uso de la ultrasonografía obstétrica y de las pruebas de bienestar fetal, se decidió establecer las bases cognitivas de los médicos que cursan el último año de residencia en Gineco-obstetricia y los médicos ginecobstetras especialistas docentes del postgrado en tres hospitales-escuela de la ciudad de Guatemala (General San Juan de Dios, Roosevelt y del IGSS), elaborando una encuesta en la que se evalúan los conocimientos, preferencias y prácticas de estos médicos.

Se consideró importante adicionar información general sobre la historia de la ultrasonografía, los principios físicos básicos del sonido y del ultrasonido y su aplicación en medicina, incluyendo lo fundamental sobre sus efectos biofísicos, pretendiendo con ello facilitar -especialmente a los residentes y ginecobstetras en general- algunos elementos que sirvan para enriquecer sus conocimientos en cuanto a las ventajas y limitaciones de la ultrasonografía, esperando con ello contribuir igualmente al mejor manejo de la paciente obstétrica, en la búsqueda y consecución de una atención prenatal más eficiente y más eficaz que se traduzca en un producto obstétrico de mejor calidad que suponga, por ello, que nuestra sociedad cuente con ciudadanos de una mayor capacidad intelectual y de un mayor potencial intelectual que redite, posteriormente, en una mejor nación.

Para lograr cumplir con este cometido, es indispensable que se evalúen los programas de postgrado ya que por los resultados obtenidos en el estudio, no cumplen en su totalidad con el objetivo anteriormente expuesto. Se necesita mejorar



el nivel cognoscitivo que sobre ultrasonido y pruebas de bienestar fetal tienen los médicos residentes y especialistas.

Modestamente se pretende cumplir con este cometido o, al menos, estimular a otros para que se sumen a él y le agreguen valor al quehacer médico que en Guatemala ha estado generalmente matizado de un alto espíritu de superación y buen desempeño.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El embarazo es uno de los momentos más importantes en la vida familiar, y su desenlace la puede afectar profundamente. Es por ello, la importancia del papel del médico obstetra, y la importancia de un buen manejo clínico durante el embarazo y el parto. A través de los años, se han realizado pruebas y exámenes para conocer el interior del útero grávido, y poder evaluar el bienestar del feto. La primera de ellas es la palpación y auscultación del abdomen de la madre, para obtener información sobre el tamaño del útero, posición, presentación, vitalidad fetal, etc. Esta, a pesar de ser de las pruebas más antiguas, no ha perdido su importancia en el examen rutinario de la paciente embarazada. Sin embargo, las investigaciones con exámenes complementarios continuaron, utilizándose pruebas como radiografía simple, amniografía, amniocentesis, fetografía etc. Durante los años 50, se iniciaron las investigaciones que llevaron a la aplicación del ultrasonido en el estudio de la paciente embarazada, con lo cual, se dio uno de los mayores adelantos en el campo obstétrico. Entre las ventajas que presenta el ultrasonido, se puede mencionar que es un método no invasivo, no produce riesgo ni a la madre ni al feto sin importar la edad gestacional, es rápido, no causa molestias, y en manos de personal bien entrenado es sumamente certero, además de eliminar el uso de radiación ionizante.

El hecho que el ultrasonido no tenga efectos negativos sobre la madre o el feto, no significa que su uso debería de ser indiscriminado, simplemente por llenar un requisito y, peor aún, como una fuente de ingresos, como lo menciona Roy Filly, profesor de radiología y obstetricia en el Centro Médico de la Universidad de California en San Francisco; "La sonografía es corrientemente utilizada por médicos virtualmente sin entrenamiento, que están tratando esta imagen diagnóstica como una caja registradora abierta". (1,12)

El ultrasonido tiene que ser utilizado por indicaciones médicas reales, pero lo más importante, debe ser utilizado por personal que tenga un adecuado conocimiento sobre el equipo, la física básica del ultrasonido, sus posibles riesgos, margen de seguridad, y por lo menos, adecuado conocimiento de como interpretar las imágenes utilizadas en el ultrasonido de nivel I, ya que, como menciona Lewis H. Nelson, III, director del Centro de Ultrasonido en Medicina de la Escuela de Medicina de Bowman Gray en Carolina del Norte EE.UU. "Si no saben lo que están haciendo, pueden cambiar los parámetros de la máquina, y obtener artefactos, haciendo aparecer enfermedades o defectos que no están allí." (12)

En todo el mundo es cada vez más común que en las clínicas privadas de los obstetras se tengan equipos portátiles de ultrasonido, en 1975, menos del 5% de los médicos hacían ultrasonido en sus clínicas según datos dados por Harvey Klein, presidente de Klein Biomedical Consultant Inc. en Nueva York. Los obstetras preferían referir a sus pacientes para que fueran examinadas en los hospitales. Cuando apareció el rastreo con tiempo real, al final de los años 70 este patrón cambió dramáticamente. Klein estima que hoy día un 75% de los 39,000 ginecobstetras de los EE.UU. tienen una máquina en su consultorio. Este hecho no deja de ser cierto en nuestro medio, principalmente en la ciudad capital. Pero la pregunta que nos debemos hacer es. ¿Cuál es el entrenamiento y la experiencia que tienen esos médicos para el uso del ultrasonido?, Ya que no existe ningún entrenamiento obligatorio o un proceso de certificación que avale el uso del ultrasonido. Muchos de los médicos cobran a las pacientes por hacerles el examen, después de una semana de entrenamiento dada por la compañía que les vendió el aparato. Este entrenamiento consiste estrictamente en el manejo del equipo, más no necesariamente en técnicas ultrasonográficas ni de interpretación que requieren de un entrenamiento específico y de una adecuada correlación con un juicio clínico. Pat Schroeder, coautor de la Declaración de la Calidad en Mamografía (1992) menciona al respecto "La única cosa peor de no hacerse un ultrasonido, es hacerse uno malo". (12)

Al respecto, el Colegio de Médicos y Cirujanos de Guatemala, en el Código Deontológico, estipula en el Capítulo I. De Los Deberes Relacionados Con La Dignidad Profesional, "artículo 6°. Son actos contrarios a la ética profesional: a) Llevar a cabo prácticas que comprometen la salud de sus semejantes. b) Dar remuneración o porcentajes a otro colega, por pacientes que éste le refiera; c) Recibir comisiones o remuneraciones que no correspondan a servicios efectivamente prestados. e) Acreditarse títulos que no posee o anunciar tratamientos especializados para lo que el médico no ha sido entrenado. h) Vender o percibir porcentajes por prescripciones de determinados medicamentos, aparatos o similares." Capítulo IV. Relaciones Médico Paciente, "artículo 42°. No es ético practicar procedimientos médico-quirúrgicos innecesarios o de índole mercantilista." (8)

El ultrasonido a través de los años se ha ido perfeccionando, y tomando mayor importancia como una prueba de gabinete que puede ayudar en la toma de decisiones, especialmente en los casos de embarazos de alto riesgo. Es en estos donde es sumamente importante la toma de decisiones, las cuales, deben ser en el momento adecuado, ya que el esperar cuando se debe actuar o el anticiparse

demasiado pueden significar la muerte del feto. Además, se debe tomar en cuenta que, muchos de los factores de alto riesgo que presentan las madres van a persistir en próximos embarazos, lo cual hace que esos fetos sean aun más valiosos. Para estos casos principalmente se tiene la ayuda de las pruebas de bienestar fetal.

Para que estas pruebas sean utilizadas adecuadamente, es necesario que el obstetra en general, tenga un conocimiento básico sobre en qué consisten y en qué les pueden ayudar, ya que sin este conocimiento mínimo, de nada serviría tener acceso a ellas. Además es muy importante que sepa interpretar los resultados, ya que es el médico tratante, y no el sonografista, quien sobre la base de esos resultados y a la correlación clínica tomará la decisión final del tratamiento de la paciente. Pero es aún más importante que dominen estos métodos si son ellos mismos quienes al momento de hacer el examen ultrasonográfico, realizan las pruebas de bienestar fetal. Especialmente si se toma en cuenta que según los resultados que se obtengan se puede tomar la decisión de por ejemplo inducir el parto o practicar cesárea en pacientes con fetos prematuros, pero que, al estar padeciendo *in utero*, tienen mayores posibilidades de sobrevivir fuera de él, pero si el examen fue practicado en forma errónea, se puede inducir un embarazo con un feto prematuro que podría morir cuando en realidad no era necesario el sacarlo anticipadamente.

Se puede concluir que las pruebas de bienestar fetal en manos de expertos son pruebas muy seguras y certeras para conocer si un feto se encuentra sano; pero en manos de personas no entrenadas adecuadamente, se convierte en una arma cargada que se puede disparar en cualquier momento, pudiendo tener consecuencias fatales.

Los programas de entrenamiento de postgrado en obstetricia, capacitan a los residentes en estos temas, pero es necesario que se conozca en forma real e imparcial, si la capacidad de los especialistas que están egresando es buena o es necesario que sea reestructurado el programa para dar mayor énfasis en la enseñanza de ultrasonido obstétrico y pruebas de bienestar fetal.

### III. JUSTIFICACION

La razón fundamental del presente trabajo es dar a conocer el grado de conocimiento sobre ultrasonido obstétrico y sobre pruebas de bienestar fetal que poseen los médicos que cursan en el último año del programa de postgrado en ginecología y obstetricia.

Es necesario que todo obstetra tenga un entrenamiento básico sobre ultrasonido, no necesariamente para que haga ultrasonidos por su propia cuenta, sino más bien, para sacarle el mayor provecho a esta ayuda diagnóstica, conocer sus indicaciones y limitaciones, para que de esta forma pueda utilizarla en forma racional y adecuada y no simplemente para ver qué encuentra o qué le reportan. Pero en caso que haga sus propios ultrasonidos, que esté capacitado en forma adecuada para realizar ultrasonidos de nivel I y que, de esta forma, los realice bajo una técnica científica y no como una técnica económica. Además, así conocer su limitación y saber cuándo referir a la paciente con una persona que tenga una especialidad en el campo de la ultrasonografía y pruebas de bienestar fetal.

Además, en algún momento de su vida profesional se encontrará con pacientes que por una u otra razón estén entre el grupo de embarazo de alto riesgo, por lo que es necesario que conozca pruebas que le puedan ayudar en el manejo de estas pacientes.

Es necesario que, el médico obstetra, aunque no sea quien realice las pruebas de bienestar en forma directa, tenga amplio conocimiento de estas pruebas ya que es él quien debe saber cuándo solicitarla y para qué, pero también qué hacer con los resultados de las pruebas, ya que es necesario que se correlacionen con la clínica. Debemos recordar que no se está tratando una prueba, sino a una paciente en forma individual.

Sólo conociendo las capacidades de los ginecobstetras que están egresando, se puede saber si los programas que se llevan a cabo están cumpliendo con el objetivo de entrenar especialistas con un alto nivel académico. Que al momento de iniciar la práctica privada tendrán una base fuerte que les permita tomar decisiones en forma segura, dando el mejor tratamiento a la paciente. De no ser así, se deben tomar medidas que permitan la reestructuración de los programas de entrenamiento para mejorar la calidad del profesional que se está formando, y de esta manera llegar a una excelencia académica, que se verá reflejada en mejores resultados perinatales.

## **IV. OBJETIVOS**

### **A. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar los conocimientos generales en el uso del ultrasonido obstétrico y pruebas de bienestar fetal de los médicos residentes del último año y ginecobstetras de los hospitales escuela de la Ciudad de Guatemala.

### **B. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 1.- Identificar el porcentaje de médicos que utilizan el ultrasonido en el control y seguimiento del embarazo.
- 2.- Establecer el promedio de ultrasonogramas que se le realiza a las pacientes obstétricas en los diferentes hospitales escuela de la Ciudad de Guatemala.
- 3.- Determinar los motivos por los que se usa la ultrasonografía en el control y seguimiento del embarazo.
- 4.- Establecer el grado de entrenamiento de los residentes de ginecología y obstetricia de los hospitales escuela de la Ciudad de Guatemala sobre ultrasonido obstétrico y pruebas ultrasonográficas de bienestar fetal.
- 5.- Comparar los conocimientos en ultrasonografía entre médicos residentes del último año de la especialización de ginecología y obstetricia de los tres hospitales escuela de la Ciudad de Guatemala.
- 6.- Comparar los conocimientos en ultrasonografía entre los médicos residentes del último año de gineco-obstetricia y los especialistas de los tres hospitales escuela de las Ciudad de Guatemala.

## V. REVISION BIBLIOGRAFICA

A pesar que para el ser humano, el producir ultrasonido tuvo que esperar el descubrimiento del efecto piezoeléctrico (1880), y su uso en medicina no fue hasta en 1957, existen formas naturales de ultrasonido. Animales como los murciélagos y los delfines, tienen un excelente sistema de navegación, que funciona basado en ultrasonido, el cual han utilizado por miles de años. (17,40)

La ultrasonografía no es más que la visualización de las estructuras profundas del cuerpo por medio del registro de los ecos que son reflejados desde los tejidos, luego de ser alcanzados por impulsos ultrasónicos, (19,23) y traducidos a imágenes por métodos electrónicos.

### A. CARACTERISTICAS GENERALES DEL SONIDO

Para poder hablar de ultrasonido, tenemos que saber primero la definición de *sonido*, cómo se comporta físicamente, cuáles son sus propiedades, ventajas, limitaciones, etc. Etimológicamente, la palabra sonido proviene del latín *sonitus*, por analogía prosódica con *ruido*, *chirrido*, *rugido*, etc., y se define según la Real Academia Española como la sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido en un medio elástico. (31) Esta definición, aunque cierta, no incluye variantes del sonido que quedan fuera de la percepción del oído humano. Para la física, el sonido es el efecto de la propagación (31,33) de la energía (33) u ondas producidas por cambios de densidad y presión (31,32) (sobrepresión y depresión) (36), una vibración mecánica (15,19,32,33) que da como resultado la puesta en movimiento de las partículas constitutivas del medio de propagación. (15,17,24,32) Es fácil entonces el poder entender que, para que se pueda dar el fenómeno de sonido, es necesario que la onda sea transmitida en un medio material, (31,33) por lo que, contrario a las ondas electromagnéticas (luminosas, p.ej), el sonido no puede viajar a través del vacío. (15,33) Siendo el cuerpo humano un medio material, el sonido puede viajar a través de él. El hecho que se pueda escuchar el latido del corazón a través de la pared torácica confirma este concepto. (19)

El ser humano sólo percibe como sonido ondas con una frecuencias entre 16,000 y 20,000 Hz.<sup>4</sup> (15,17,19,32,33) que son capaces de producir cambios de presión en el tímpano causadas por las ondas mecánicas que viajan por el aire. (33) Aunque

<sup>4</sup> Hz = Hertz, es una unidad de frecuencia que equivale a un ciclo por segundo. Un kilohertz (KHz) equivale a 1000 hertz y un megahertz (MHz) equivale a un millón de hertz.

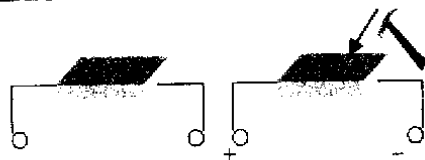
se menciona que el ser humano puede escuchar sonidos con frecuencia mucho mayores, de hasta 100 KHz, si éstas se proyectan directamente sobre el maxilar inferior. Este fenómeno se debe aparentemente por una estimulación directa sobre la cochlea (Deatherage et. al, 1954). (19)

## B. HISTORIA DEL ULTRASONIDO

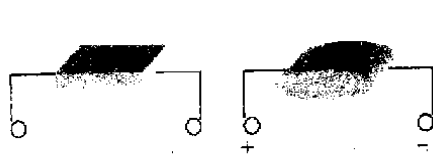
Posiblemente, el primer intento de acoplar el sonido desde un medio denso hacia el oído fue realizado por Leonardo da Vinci, quien introdujo un tubo hueco dentro del agua para escuchar barcos distantes. (19) Pero no fue hasta 1880 que los hermanos Curie descubrieron el fenómeno piezoeléctrico, observando que luego de pegarle a ciertos cristales con un martillo se inducía un voltaje (potencial eléctrico). Ese descubrimiento es la base del ultrasonido. (15,19,17,40) Este fenómeno físico hace posible la generación de voltaje en respuesta a estímulos mecánicos, (figura B-1) y el fenómeno piezoeléctrico invertido permite que los impulsos eléctricos sean convertidos en ondas mecánicas. (figura B-2) (19,17)

El fenómeno piezoeléctrico tuvo su primer aplicación práctica durante la primera guerra mundial, donde se utilizó para la detección de submarinos. El primer intento de utilizar el ultrasonido con fines diagnósticos en medicina fue realizado en Austria, en 1942, por Dussik, quien intentó observar tumores cerebrales a través del cráneo. Parece que la primera publicación que describe la utilización de ecos pulsados en el diagnóstico médico fue realizada por Ludwig y Struthers, en 1949, quienes por medio de estudios físicos de la velocidad y atenuación del ultrasonido demostraron que era posible el detectar cálculos biliares y cuerpos extraños. (17,40)

**FIGURA B-1**  
**EFEECTO PIEZOELECTRICO**



**FIGURA B-2**  
**EFEECTO PIEZOELECTRICO INVERTIDO**



En la figura B-1 se puede observar que cuando el cristal es estimulado mecánicamente (se hace vibrar) transforma las ondas mecánicas en impulsos eléctricos, que se pueden desplegar en una pantalla en forma de una imagen. En la figura B-2 se puede observar que cuando el cristal es estimulado eléctricamente, éste vibra produciendo ondas mecánicas. De esta forma, se logra producir ondas de alta frecuencia (ultrasonido).



Mientras tanto, en 1947, Douglass Howry (figura B-3) con el grupo de Denver, en Colorado, iniciaba sus trabajos sobre el estudio de tejidos blandos por ultrasonido. En 1949, en colaboración con el ingeniero W. Bliss, Howry desarrolló un aparato que podía grabar ecos de las interfases de los tejidos. (figura B-4) En el otoño de 1950, Howry publicó la primera foto de un corte transversal. En 1951, con la colaboración Joseph Holmes, (figura B-5) desarrolló el primer explorador compuesto. Este proyecto, combinado con sus amplios conocimientos clínicos y ultrasonográficos le valió a Holmes el título de pionero de la ultrasonografía diagnóstica. El primer artículo publicado de los trabajos de Howry apareció en el "*Journal of Laboratory & Clinical Medicine*" en 1952. (17,40) En 1954, el grupo de Denver terminó la construcción de un explorador compuesto, en el que el paciente era sumergido dentro de un tanque de agua, (figura B-6) el cual dio imágenes de buena calidad, especialmente en el estudio del cuello y las extremidades. Pero este método no era útil, ya que no se podía sumergir a pacientes enfermos dentro de tanques de agua. (15,17,23) Una segunda forma de acoplamiento, fue el utilizar grandes bolsas con agua. En esta técnica, el transductor se encontraba dentro del agua, y el paciente se ponía en contacto directo con la bolsa. (figura B-7) Además, se aplicaba una capa de una sustancia de acoplamiento acústico-transmisora entre la bolsa y el paciente, para tener una vía libre de aire para el paso de las ondas ultrasónicas. Sin embargo, esta técnica tenía sus inconvenientes: usualmente eran bolsas grandes, era necesario el cambiarle agua frecuentemente y ocasionalmente las bolsas se rompían. El peso de la bolsa producía molestias al paciente y en pacientes embarazadas, podía producir presión sobre la vena cava inferior y síncope. (15)

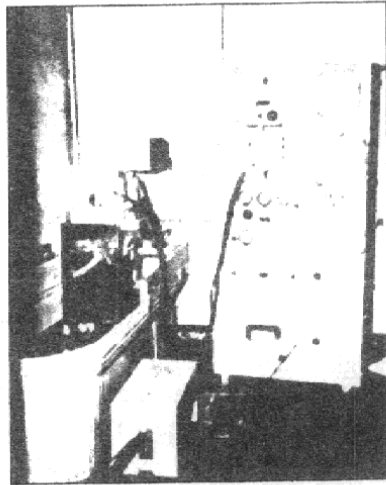
La introducción de la sonografía a la obstetricia se dio al inicio de los años 50, Ian Donald, (figura B-8) en Glasgow, Escocia, (17,32,40) fue quien inició sus estudios utilizando piezas neoplásticas ginecológicas que habían sido resecadas. Fue Donald el primero en colocar la sonda directamente sobre el tumor. En 1957, junto con su colega John MacVicar y el ingeniero Tom Brown, desarrollaron el primer explorador de contacto bidimensional, (figura B-9) el cual fue descrito en 1958 en el *Lancet*. (17,40) Con esto se inició una nueva técnica de acoplamiento, en la que solamente se aplica una capa de una sustancia acústico-transmisora sobre la piel del paciente, y el transductor se coloca inmediatamente sobre él, realizando la exploración en forma manual. (15) Esta técnica es mucho más cómoda para el paciente. (17)

**FIGURA B-3**



Douglass Howry. Pionero en la construcción de aparatos de ultrasonido para el estudio de los tejidos del cuerpo humano. (17)

**FIGURA B-4**



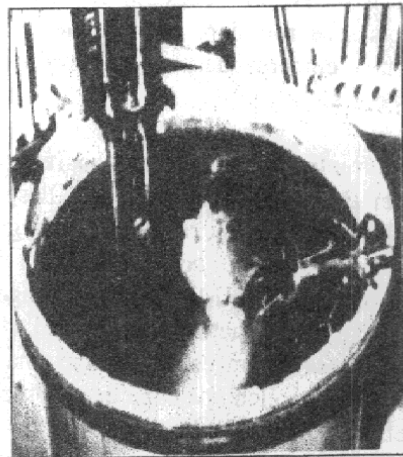
Primera máquina de ultrasonido. El transductor se movilizaba hacia delante y atrás a un costado del tanque por medio de rieles. (17)

**FIGURA B-5**



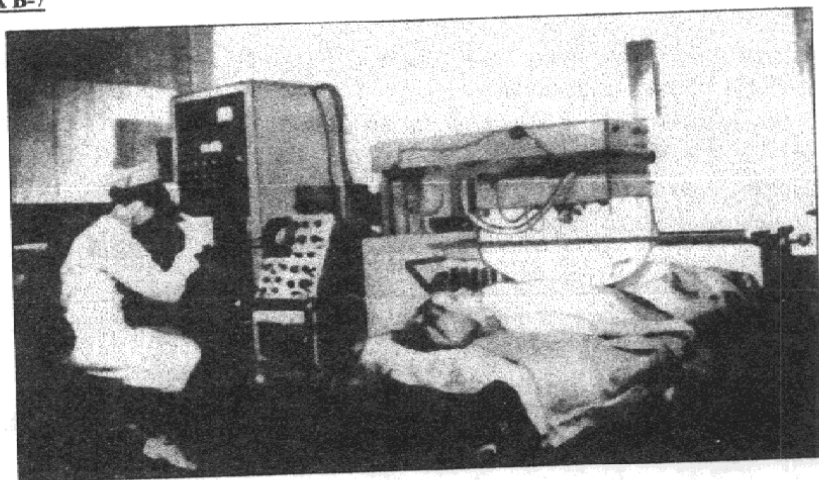
Joseph H. Holmes, reconocido como el pionero de la ultrasonografía diagnóstica por la creación del primer ultrasonido compuesto. (17)

**FIGURA B-6**



Explorador compuesto construido por el grupo de Denver. Se puede observar al paciente sumergido en el tanque de agua. El transductor se movía alrededor del paciente. (17)

**FIGURA B-7**



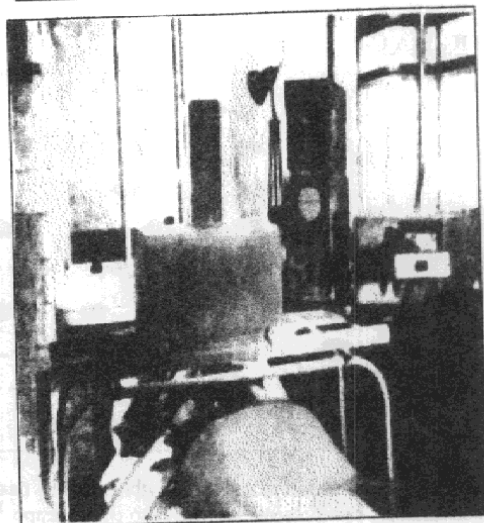
Esta máquina ultrasonográfica, utiliza grandes bolsas de agua para unir al transductor con la paciente. Además se colocaba una sustancia acústico-transmisora entre la bolsa y la paciente, para mejorar la calidad de la imagen. (15)

**FIGURA B-8**



Ian Donald. Introdutor de la sonografía en obstetricia. Pionero en colocar la sonda directamente sobre la paciente. (17)

**FIGURA B-9**



Primer equipo de ultrasonografía de contacto bidimensional. Realizado por Ian Donald, John MacVicar y Tom Brown en 1957. (17)

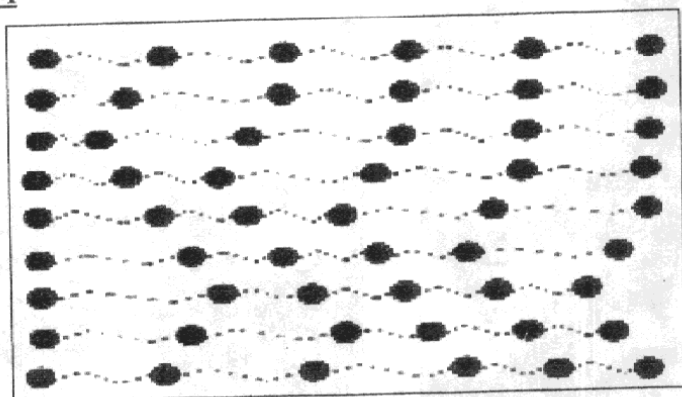
## C. FISICA BASICA DEL SONIDO

### 1.- Propagación del sonido

La materia no es más que la distribución ordenada de partículas o moléculas, en la que cada partícula está conectada a las vecinas por bandas elásticas. (15,33) Cuando una partícula se pone a vibrar, también afecta a sus vecinas debido a las bandas elásticas que las unen. El efecto neto de esta serie de movimientos secuenciales es la propagación de la onda de energía (sonido, por ejemplo). (15,33,36) Este movimiento sería indefinido si no fuera por el efecto que tiene la fricción sobre todos los cuerpos. El efecto de la fricción produce una disminución de la amplitud de onda en cada ciclo, con lo que un ciclo dado tendrá una amplitud menor al del ciclo que la precede. La energía que se utiliza en vencer la fuerza de la fricción es convertida en calor.

Si las uniones elásticas que unen a las partículas entre sí fueran rígidas, todas las partículas se moverían al mismo tiempo, en una sincronía perfecta. Sin embargo, debido a la naturaleza elástica de las bandas, existe un pequeño retraso para que la fuerza de movimiento de una partícula sea transmitida a la siguiente. (figura C-1) Si la banda de unión es menos elástica, el retraso es menor y aumenta la velocidad de propagación de la vibración. (15)

**FIGURA C-1**



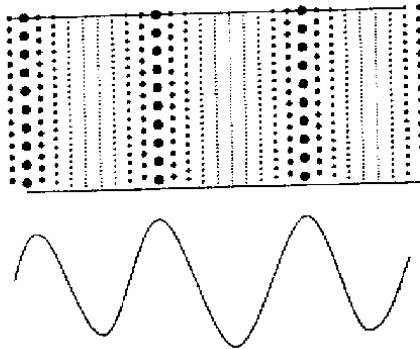
Forma esquemática de la vibración de partículas en un medio. En cada una de las líneas horizontales, se representa un momento en el tiempo. La primera línea se muestra en reposo. La siguiente línea muestra el desplazamiento de una partícula hacia la izquierda. Al soltarla transfiere la energía a sus vecinas produciendo movimiento secuencial.

## 2.- Tipos de ondas

Cuando la vibración de partículas ocurre en la misma dirección que el de la propagación del sonido (en forma paralela) se le conoce como onda sonora longitudinal. (figura C-2) Una onda transversal, es aquella en la que el movimiento de partículas es perpendicular a la dirección de propagación del sonido. (15,33,32) Las ondas de Rayleigh o de superficie, son ondas en las que el movimiento de moléculas se da en un patrón elíptico. Este tipo de ondas se da solamente en la superficie de un cuerpo líquido. (33)

Tanto sólidos, como líquidos y gases pueden transmitir ondas longitudinales, pero sólo los sólidos pueden transmitir las ondas transversales. En el cuerpo humano, con la excepción del hueso compacto, todos los tejidos se comportan acústicamente como líquidos. Por consiguiente, las ondas de tipo longitudinal, son las de predominio en el cuerpo y lógicamente, también en la aplicación médica del sonido. (15,32,33)

**FIGURA C-2**



En la parte superior se puede observar la forma en que las ondas longitudinales viajan en el medio. Dado a que las partículas del medio no vibran en perfecta sincronía, la distancia entre las partículas no es constante, pero se relaciona con los cambios de presión asociados a la onda de sonido, esquematizado en la parte inferior de la gráfica.

## 3.- Velocidad del sonido

La velocidad a la cual viaja el sonido depende esencialmente de dos propiedades del medio en el que viaja: la elasticidad y la densidad. (15,17,33,36) La relación exacta entre estas variables está dada en la siguiente ecuación:

$$c = \sqrt{E/\rho}$$

donde  $c$  es la velocidad de propagación,  $E$  es la elasticidad, y  $\rho$  es la densidad del medio. La densidad es definida como masa por unidad de volumen y se expresa en unidades de g/cc. La elasticidad es la medición de la rigidez de las bandas elásticas entre las partículas de la materia. (15,17) Para los físicos, a mayor rigidez de las bandas elásticas, mayor elasticidad, (15) lo que representa una menor compresibilidad. La elasticidad es inversamente proporcional a la compresibilidad. Materiales que tienen alta compresibilidad, y por lo tanto, poca elasticidad (como los gases), tienen mucho movimiento entre las partículas, lo que hace que las ondas de presión (sonido) sean transmitidas con menor rapidez. (33)

#### 4.- Intensidad del sonido

Es necesario la utilización de energía para poder iniciar una onda sonora. Esta energía es transmitida a las partículas dándose entonces el movimiento. (15) Fuerza<sup>5</sup> es la razón a la que la energía propagada pasa por un plano perpendicular a la onda sonora. La intensidad se define como potencia por área transversal y es la medición apropiada de la "fuerza" del haz de ultrasonido, la cual se expresa en unidades de Watt por centímetro cuadrado (W/cm<sup>2</sup>). Las intensidades utilizadas para fines diagnósticos son del rango de 0.001-0.05 W/cm<sup>2</sup>. Debido a que las intensidades utilizadas para diagnóstico son tan pequeñas, se dan en unidades de milliwatts/cm<sup>2</sup>.

En muchas ocasiones, es necesario que en lugar de una medición absoluta se haga una comparación de dos intensidades. Esto normalmente, implica una proporción entre las dos intensidades comparadas. Dado a que esta proporción puede variar por un gran margen (desde cero a cantidades mucho mayores) es conveniente expresarla por medio del logaritmo de la comparación, dada en decibeles (dB).<sup>6</sup> La intensidad del haz de sonido, con relación a uno de referencia, esta dado entonces de la siguiente manera:

$$\text{dB} = 10 \log_{10} (I/I_0)$$

donde  $I$  es la intensidad del sonido que se está comparando, y  $I_0$  es la intensidad de referencia. A menos que se indique lo contrario, la intensidad de referencia es siempre de  $10^{-16}$  W/cm<sup>2</sup>.<sup>7</sup> A mayor intensidad, mayor es la sensación subjetiva del sonido. (15.33)

<sup>5</sup> La unidad de medida para fuerza es el Watt.

<sup>6</sup> La unidad logarítmica del rango de dos intensidades comparadas, es llamado bel, en honor a Alexander Graham Bell (inventor del teléfono). Sin embargo, actualmente, la unidad estandar es el decibel, equivalente a la décima de un bel.

<sup>7</sup>  $10^{-16}$  W/cm<sup>2</sup> es la intensidad del sonido más fino que escucha el oído del ser humano.

Cuando se compara la magnitud de un eco con la del sonido de incidencia, usualmente es más conveniente el medir las amplitudes correspondientes, en vez de las intensidades. Dado que la intensidad es proporcional al cuadrado de la amplitud, la proporción en términos de dB, está dado por:

$$dB = 10 \log_{10} (A^2 / A_o^2) = 20 \log_{10} (A / A_o)$$

donde A es la amplitud del eco y A<sub>o</sub> es la amplitud del sonido incidente. (15)

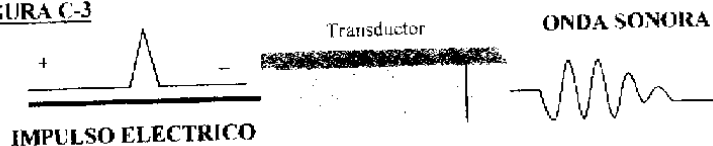
### 5.- Producción de sonidos.

La forma más común de generar sonidos audibles es por medio de amplificadores. Estos instrumentos consisten en un cono de papel que funciona como diafragma conectado a un electromagneto. Se aplican diferentes voltajes de impulsos eléctricos dependiendo del patrón de sonido que se desee obtener. Al ser estimulado eléctricamente, el electromagneto causa movimiento en el diafragma, el cual a su vez, produce variaciones de presión en el aire que se encuentra justo al frente de él. Estas variaciones de presión se propagan a través del aire hasta que alcanzan el oído en donde son percibidas como sonido. Sin embargo, debido a la inercia que tienen el papel y el electromagneto, no pueden vibrar tan rápido como para producir ultrasonido. De esta manera, es que para poder producir ultrasonido, es necesario el utilizar cristales que tienen características piezoeléctricas. (15,33)

### 6.- Efecto Piezoeléctrico

El efecto piezoeléctrico es la propiedad que tienen ciertos materiales (cristales o cerámicas) de generar un voltaje eléctrico al ser deformados. En el efecto piezoeléctrico invertido, si se aplica un voltaje, el material varía su forma. El signo de la carga, cuando el material es extendido, es opuesto, al que se produce cuando este es comprimido. La carga resultante es directamente proporcional al grado de compresión o extensión. Esto se debe a que los iones positivos y negativos en la estructura de un material piezoeléctrico están unidos de tal forma que existe una correlación entre la forma del cristal y la diferencia de potencial en sus caras. Por lo tanto, si se aplican cargas alternas a altas frecuencias, el cristal vibrará con la misma frecuencia, induciendo la vibración del medio de propagación, originando ondas de sonido. (figura C-3)

**FIGURA C-3**



Al estimular eléctricamente el cristal del transductor, este comienza a vibrar, produciendo vibración del medio. Si la estimulación es suficientemente rápida puede producir ondas sonoras de alta frecuencia, logrando así la producción de ultrasonido

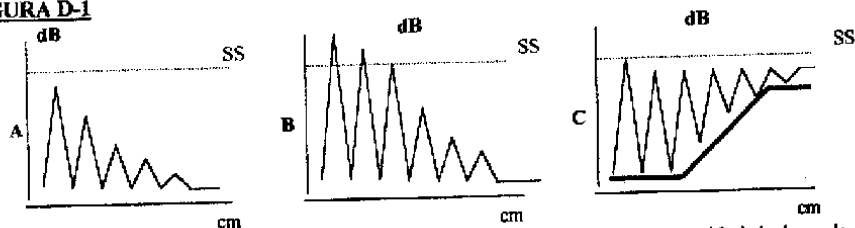
No todos los cristales tienen esta propiedad piezoeléctrica, pero existen en la naturaleza varios materiales, desde el hueso hasta los cristales de cuarzo que sí poseen esta propiedad. De todos ellos, fueron el cuarzo y las sales de Rochelle los cristales naturales más utilizados en la producción de ultrasonido. Sin embargo, con el tiempo han sido reemplazados por materiales sintéticos basándose en titanato de bario o circonato de bario, debido a su mayor estabilidad térmica y fuerza mecánica, además de un menor costo. (15,17,19,23,33,36)

## **D. TRANSMISION DEL SONIDO A TRAVES DE TEJIDOS**

### **1.- Atenuación**

La atenuación del sonido se refiere a la constante y progresiva disminución de la intensidad de la onda sonora mientras atraviesa los tejidos. (figura D-1) (15,33) Esto se debe a que los tejidos del cuerpo influyen la onda sonora a través de tres mecanismos básicos: la divergencia del haz, la desviación del sonido y la absorción de energía. (15,28)

**FIGURA D-1**



**A.** Se puede observar la constante y progresiva disminución de la intensidad de la onda sonora mientras avanza a través de los tejidos. **B.** La amplificación global sólo aumenta hacia arriba el perfil del eco. Los ecos de superficiales demasiado intensos sobrepasan el umbral de saturación (SS). Pero los ecos lejanos ahora sí se ven. **C.** Con el amplificador de compensación ganancia-tiempo varía el grado de amplificación con relación a la distancia del eco, por lo que los ecos cercanos se amplifican poco, y al aumentar la distancia aumenta la amplificación.



El coeficiente de atenuación depende de la frecuencia emitida y del medio de propagación. Dado a esta relación, al doblar la frecuencia, se multiplica por dos el coeficiente de atenuación, el alcance del haz se reduce entonces a la mitad. (36) Es por ello, que las frecuencias más altas proporcionan más detalle pero son menos penetrantes y lo contrario sucede con las frecuencias más bajas.<sup>8</sup> (19,28,33,36) Por lo que la penetración es inversamente proporcional a la frecuencia y por ello, en pacientes obesos o cuando se quiere penetrar más debido a que el plano de estudio esta más lejos del punto de emisión del sonido, hay que usar menor frecuencia y a la inversa cuando el punto focal es más cercano, hay que usar más frecuencia. Es por esta relación que en estudios transabdominales, p.ej. se suele utilizar entre 2.5 y 3.5 MHz, en tanto que en o los transvaginales se suele utilizar entre 5 y 7.5 MHz.

a. Divergencia: A medida que el haz sonoro se dispersa, su energía se esparce sobre una gran área transversal. En vista que la intensidad es proporcional a la energía por unidad de área, ésta disminuye en proporción al grado de esparción del haz. (figura D-2) (15,33)

b. Desviación: La intensidad también disminuye si parte de la energía se desvía de la dirección del haz. Esto se puede dar debido a la dispersión del sonido por pequeñas partículas o por la reflexión y refracción de la superficie. (15)

c. Absorción: En la atenuación del sonido dentro de los tejidos del cuerpo, la absorción es el mecanismo más importante. Este concepto se refiere al paso de energía del haz de sonido hacia el tejido. La energía absorbida se utiliza principalmente para sobreponer la fricción del tejido y finalmente es convertida en calor. A medida que el sonido se propaga a través de los tejidos, la cantidad de energía absorbida es proporcional a: 1) la distancia viajada; 2) la viscosidad del tejido; y 3) la frecuencia al cuadrado.

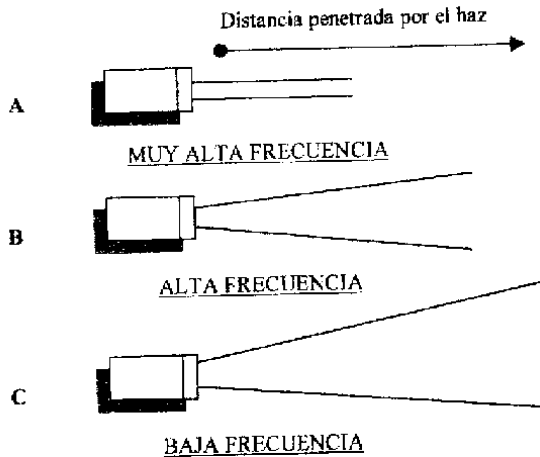
La viscosidad se entiende como la fuerza de fricción que se debe vencer para que se pueda propagar la onda sonora. Entre más rígido es un tejido, mayor es su viscosidad y mayor su absorción.<sup>9</sup> Con relación a la frecuencia, a medida que ésta aumenta, también aumenta la velocidad a la que se tienen que movilizar las

<sup>8</sup> Dado que el haz sufre una atenuación equivalente de ida y vuelta, los ecos devueltos por las estructuras más profundas no son tan potentes como los que provienen de tejidos próximos a la superficie, por lo que es necesario amplificarlos; esto se logra mediante el amplificador de compensación ganancia-tiempo, variando el grado de amplificación para compensar la atenuación y mejorar la imagen. (figura D-1)

<sup>9</sup> El hueso absorbe aproximadamente 10 veces más que los tejidos blandos.

partículas y también mayor será la cantidad de energía que se debe gastar para vencer la fricción. (15,33)

**FIGURA D-2**



Se pueden observar los cambios en la divergencia y penetración del haz de ultrasonido en relación con la frecuencia. A muestra un haz de alta frecuencia, donde no hay mucha divergencia, lo que se relaciona con una mayor intensidad, dando como resultado mejor resolución, pero menor penetración. Lo contrario sucede en el C, donde se utiliza baja frecuencia obteniendo un haz con bastante divergencia, poca intensidad pero con mayor penetración aunque con menor detalle. B muestra una frecuencia intermedia obteniendo un haz con características intermedias.

## 2.- Reflexión y Refracción

Las ondas sonoras producidas por un transductor viajan a una velocidad conocida hasta que se encuentran con una barrera entre dos tejidos conocida como interfase reflectante, la cual refleja parte de la onda emitida. Si la interfase reflectante es mucho más ancha que la longitud de onda, actuará como un espejo dando un tipo de reflexión conocida como "especular". El producto de la densidad de la sustancia enfrentada y la velocidad de la onda sonora es llamado impedancia acústica ( $Z$ ) y esta dada por la siguiente ecuación:  $Z = \rho \times c$ . La proporción de sonido reflejado depende del ángulo de incidencia y la diferencia de la impedancia acústica de los dos tejidos. A mayor impedancia acústica entre dos tejidos, mayor es la cantidad de sonido reflejado.

No toda la energía de la onda es reflejada y una porción de la onda sonora atraviesa la interfase reflectante. Sin embargo, siempre que existe un cambio en la

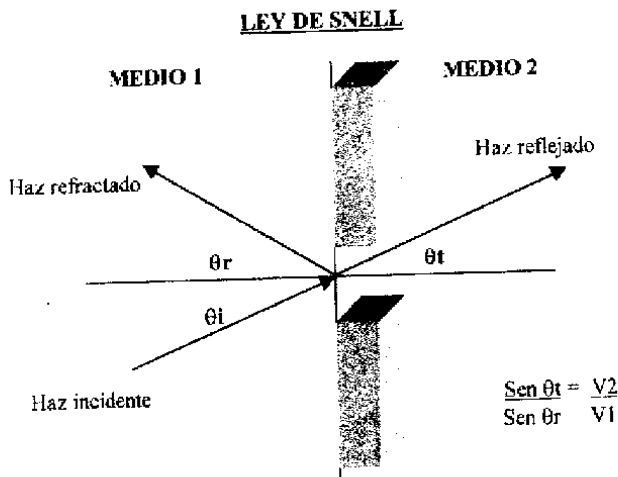
velocidad acústica a través de la interfase, se produce un cambio de dirección de las ondas. Este fenómeno se conoce como refracción. (figura D-3)

El ángulo de reflexión ( $\theta_r$ ) es igual al ángulo incidencia ( $\theta_i$ ). El ángulo de refracción ( $\theta_t$ ) se determina por la ley de Snell de la siguiente forma:

$$\frac{\text{sen } \theta_t}{\text{sen } \theta_r} = \frac{V_2}{V_1}$$

donde  $V_1$  es la velocidad de la onda en el medio 1 y  $V_2$  es la velocidad de la onda en el medio 2. (15,23,28,32,33)

**FIGURA D-3**



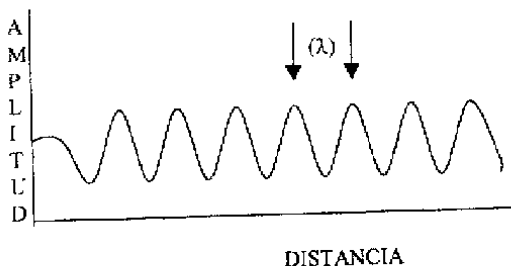
Ocurre reflexión y refracción a nivel del límite entre dos medios que son acústicamente diferentes. Los ángulos que se forman, guardan relación con la velocidad del sonido en cada uno de los medios. En la gráfica se puede observar en forma esquemática la ley de Snell, aplicada en la fórmula insertada. (ver texto)

## **E. EFECTOS BIOFISICOS DEL ULTRASONIDO**

Por definición, ultrasonido es toda frecuencia por arriba del sonido audible para el humano, esto significa arriba de 20,000 ciclos por segundo (20 KHz). (15,17,23,28,32,33) El rango de ultrasonido que nos es de interés se encuentra entre los 2 a 15 MHz. (19,28) Frecuencias mayores a ésta son muy absorbidas por el tejido como para poder penetrar en el cuerpo a una distancia útil. (19) Es necesario además, que

se tenga una longitud de onda ( $\lambda$ )<sup>10</sup> entre 0.1 a 1.5 mm. (esto debe su importancia a que la longitud de onda determina teóricamente el límite de resolución de la imagen). (figura E-1) (15,28,33) Un par de líneas con una distancia entre sí menor a una longitud de onda no pueden ser resueltas. (33) La longitud de onda se refiere a la distancia recorrida por la onda emisora durante un ciclo. (15,28,36) Teniendo la característica de ser inversamente proporcional a la frecuencia. (33,28) El valor de  $\lambda$  está dado por;  $\lambda = c/f$ , donde  $c$  es la velocidad de propagación que depende esencialmente del medio atravesado y ésta dada en metros/segundo (15,33,36) (para tejidos blandos del cuerpo humano se estima entre 1540 (15,17,28,32,33) a 1570 (36) m/s).  $f$  es la frecuencia dada en Hertz. (15,33,36)

**FIGURA E-1**



Entre las dos flechas, se puede observar esquemáticamente la longitud de onda, la cual, para el estudio ultrasonográfico debe de ser de 0.1 a 1.5 mm. cualquier par de líneas que tengan una distancia menor a la longitud de onda utilizada no pueden ser detectadas por el ultrasonido.

Siempre que el sonido interactúa con la materia, parte de su energía es transferida a ésta. Esta energía puede producir varios efectos dependiendo de la cantidad que es absorbida, la velocidad a la cual se absorbe y las propiedades de la materia. (15)

Parece razonable entonces el pensar que puede existir algún tipo de riesgo con el uso del ultrasonido, dado que éste es una forma de energía y por lo tanto tiene la capacidad de producir efectos biológicos que pueden constituir daño. El conocer cuáles son y cómo minimizar estos riesgos es útil para cualquiera que esté envuelto en el uso del ultrasonido diagnóstico, ya que dependiendo de su severidad, estos efectos pueden ser reversibles o irreversibles. A continuación se mencionan algunos de los daños que se pueden causar con el uso del ultrasonido, algunos de los

<sup>10</sup> Longitud de onda, es la distancia espacial de una repetición básica para una onda de frecuencia.

cuales se han observado en estudios experimentales, pero cabe mencionar, (a) que en estos estudios se utilizan niveles de energía mucho mayores a los utilizados en la práctica clínica, (b) las condiciones de exposición *in vitro* utilizados en varios experimentos son diferentes a las que se dan en el cuerpo humano, (c) algunos de los hallazgos, como por ejemplo rompimiento cromosómico o el intercambio de cromátides, no se han podido reproducir, poniendo en tela de juicio los hallazgos originales. Sin embargo, estos estudios deben de ser tomados en cuenta por el riesgo potencial que representan. (4,15,25,26,32,37)

**Tabla E-1** Resultados obtenidos en estudios sobre efectos biofísicos del ultrasonido a diferentes intensidades

| <b>A intensidades mayor que las diagnósticas.</b>    |   |
|--|---|
| <i>Respuesta inmune deficiente</i>                   | <i>Disminución en la reproducción celular</i> |
| <i>Desnaturalización de proteínas</i>                | <i>Bloqueo nervioso</i>                       |
| <i>Inactividad enzimática</i>                        | <i>Parálisis motora</i>                       |
| <i>Cambios en la permeabilidad celular</i>           | <i>Necrosis hepática</i>                      |
| <i>Ruptura de la membrana celular</i>                | <i>Cataratas</i>                              |
| <i>Alteraciones en la ultraestructura muscular</i>   | <i>Daño cerebral</i>                          |
| <i>Rompimiento cromosómico</i>                       | <i>Anormalidades fetales</i>                  |
| <i>Intercambios de cromátides hermanas</i>           | <i>Formación de radicales libres</i>          |
| <b>A intensidades usadas con fines diagnósticos.</b> |   |
| <i>No se conocen efectos adversos</i>                |   |

Muchos estudios epidemiológicos se han realizado para apoyar la seguridad del ultrasonido diagnóstico. Los reportes dados por la Agencia de Salud Radiológica de EE.UU. (1976), la Administración de Alimentos y Drogas de EE.UU. (1982), la Organización Mundial de la Salud (1982) y Consejo Nacional en Medición y Protección de Radiación de EE.UU. (1984), demuestran que en las tres pruebas clínicas al azar realizadas, en las que la mitad de las mujeres fueron expuestas a ultrasonidos de rutina, no hubo relación alguna entre el examen de rutina y el peso al nacer. En dos de las investigaciones que estudiaron este fenómeno específicamente, no existió relación entre la exposición a ultrasonido y pérdida en la audición de los neonatos. (26,43)

Dado que los riesgos son mínimos, muchos médicos utilizan este método diagnóstico como un examen de rutina en toda paciente embarazada, sin embargo, una práctica prudente sugiere que las mediciones se realicen a manera que se disminuya el tiempo de exposición, la cantidad de exámenes y la potencia (con relación a intensidad y amplitud). Es importante que los pacientes sean informados que hasta la fecha no existen bases para afirmar que el ultrasonido diagnóstico produce algún daño en el humano. (24,32,43)

Los mecanismos por medio de los que el ultrasonido puede causar efectos biológicos se pueden enmarcar en dos grupos; efectos térmicos y mecánicos.

### **1.- Efecto térmico.**

El calor que se produce por el efecto del sonido es resultado de la energía utilizada para sobreponer la fricción. La cantidad de calor que se produce es directamente proporcional a la intensidad del sonido y al coeficiente de absorción del tejido que es irradiado. (15)

Con la irradiación ultrasónica, la distribución de la temperatura no es homogénea en el punto focal. La mayor cantidad de calor se produce en el contorno de los tejidos, principalmente, entre las interfases de hueso-tejido blando o piel-aire. La actividad enzimática se duplica al haber un incremento de 10°. Con un aumento significativo de la temperatura, el sujeto en estudio puede experimentar dolor. Si existe un aumento local de la temperatura en unos 50°, se produce desnaturalización de las proteínas y se coagulan, se producen cambios en las membranas celulares, los cuales pueden llevar hasta la destrucción de la célula. Pero, debido a las bajas intensidades utilizadas en ultrasonografía diagnóstica, el grado de calor que se produce no es significativo. (15,33)

### **2.- Efecto de cavitación**

Cavitación se refiere al crecimiento de las burbujas de gas en un campo sonoro. Estas burbujas pueden haber estado presentes desde antes de que se inicie la irradiación, o se pueden formar durante la misma. Con altas intensidades, las burbujas pueden colapsar violenta y súbitamente en la fase positiva de la onda sonora, con lo que se produce un gran aumento de temperatura, y con ello, descomposición térmica del agua y liberación de radicales libres, fenómeno conocido como, *cavitación transitoria*. Con intensidades bajas, las burbujas de gas pueden pulsar por un tiempo indefinido, aumentando su tamaño durante la fase negativa de la onda de sonido y reduciendo su tamaño durante la fase positiva de la onda sonora, este fenómeno es conocido como *cavitación estable*. (2,15,21,33)

Burbujas estables que se hacen vibrar por el ultrasonido, aún a bajas intensidades, pueden producir tensión por deslizamiento, con lo que se puede afectar la estructura celular e incluso romperla y, probablemente, también el comportamiento de la célula puede ser afectado. (11,33)

La intensidad de la cavitación varía dependiendo de la frecuencia utilizada y es facilitada por el efecto acumulativo de miles de ciclos. Este efecto es eliminado por medio del uso de pulsaciones (emisiones de sonido) sumamente breves. (2,33)

Se han realizado múltiples estudios en relación con el uso del ultrasonido y la posibilidad de producir daño por medio del mismo. Estos estudios han demostrado que el ultrasonido es seguro al ser utilizado a intensidades menores de 100 mW/cm<sup>2</sup>. Los aparatos de ultrasonografía diagnóstica utilizan intensidades en el rango de 1 a 50 mW/cm<sup>2</sup>, por lo que se pueden considerar seguros. (15,26) Existen además documentos que apoyan su seguridad, como el realizado por el Instituto Americano de Ultrasonografía en Medicina con fecha de octubre de 1982 y que fue revisado y confirmado en octubre de 1983. (42) Además, tomando en cuenta el vasto número de exámenes ultrasonográficos que se han realizado y se realizan en hospitales y clínicas de todo el mundo; llama la atención que nunca se han reportado efectos adversos atribuibles al ultrasonido. (15,26) Por lo que se puede seguir tomando el ultrasonido como una de las pruebas diagnósticas no invasivas más seguras y confiables con las que cuenta el médico en general y especialmente el obstetra, ya que es la mejor forma de poder seguir de cerca el desarrollo del embarazo.

## F. DIFERENTES MODOS ECOGRAFICOS

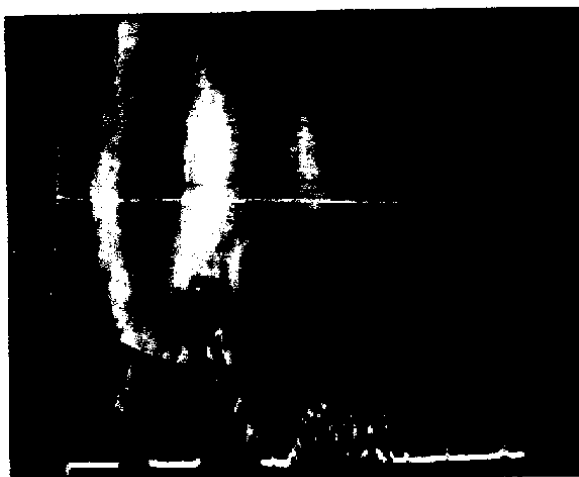
Como se ha mencionado anteriormente, cuando el sonido entra en el cuerpo, parte del mismo se dispersa, parte es reflejado y el resto transmitido a través de él. Ambos, el eco reflejado y el sonido transmitido pueden ser detectados y analizados para obtener información médica. (23,33) La información obtenida es luego transmitida al operador por medio de un oscilógrafo,<sup>11</sup> el cual da diferente tipo de imágenes según el modo en el que se esté trabajando.

1.- Modo A (Amplitud). Se calibra una línea base utilizando el valor de 1540 mts/seg<sup>12</sup> para poder hacer mediciones profundas con una certeza de  $\pm 1$  mm. (33) Los ecos obtenidos son desplegados como deflexiones verticales sobre la línea base. El alto de las deflexiones es proporcional a la amplitud del eco detectado. (figura F-1) (15,28,32) La posición de los ecos en relación con la sonda se mide en centímetros (32,36) Entre más a la derecha es la deflexión, a mayor distancia se encuentra la superficie reflejante. (15,32)

<sup>11</sup> El oscilógrafo es también llamado tubo de rayos catódicos, y se abrevia CRT por sus iniciales en inglés.

<sup>12</sup> Valor medio de la velocidad del sonido en los tejidos blandos.

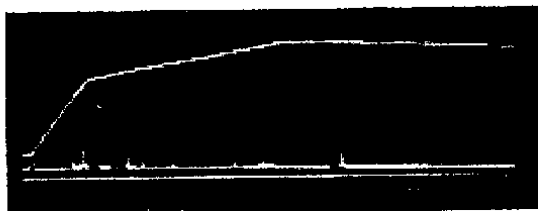
**FIGURA F-1**



En la parte inferior de la gráfica, se puede observar un ejemplo de modo-A. En la parte superior, se observa la misma imagen sólo que en modo-B. Nótese como las deflexiones verticales en el modo-A se relacionan con los puntos de diferentes intensidades del modo-B. (fotografía cortesía Dr. C.E. Zea-Flores)

Se hace necesario además el utilizar un amplificador de compensación ganancia-tiempo, para compensar la amplitud disminuida de los ecos provenientes de estructuras distantes y hacer aparecer a una mayor profundidad ecos que usualmente no son percibidos. (figura F-2) (15,33,36)

**FIGURA F-2**

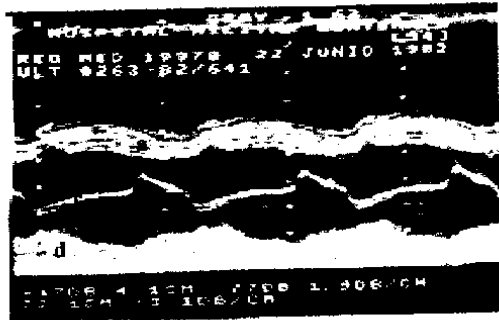


Ultrasonido en Modo-A. La línea blanca sobre las líneas verticales, corresponde a la amplificación dada a la imagen. Nótese como se amplifican más los ecos lejanos (lado derecho). (fotografía cortesía Dr. C.E. Zea-Flores)



2.- Modo B (Brillantez) Esta técnica se diferencia del modo A en que la información obtenida de los ecos es aplicada al eje-Z del oscilógrafo. Los ecos son desplegados como puntos iluminados sobre la línea base. La brillantez del punto iluminado es proporcional a la amplitud del eco detectado. (figura F-1) El modo B por si solo no es útil, pero es utilizado en la creación del modo M y el rastreo-B (B-Scan). (15,33,36)

**FIGURA F-3**



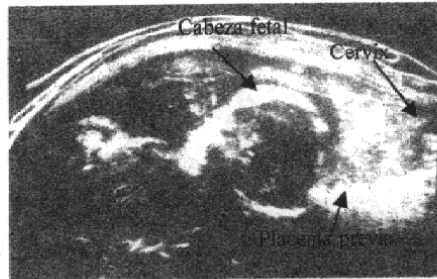
Modo M o TM. Se pueden observar los movimientos o la ausencia de los mismos, por medio de líneas onduladas o líneas rectas horizontales respectivamente. Con este modo, se pueden hacer mediciones en el tiempo de los movimientos de un objeto (latidos cardíacos p.ej.). a. Pared del miocardio b. Flujo sanguíneo c. Válvula d. Séptum (fotografía cortesía Dr. C.E. Zea-Flores)

3.- Modo M (Movimiento) o TM (Tiempo-movimiento) Este modo consiste en un modo B en el que la línea base es constantemente elevada. La línea vertical expuesta del modo B se estudia mediante un lento barrido horizontal a una velocidad constante. De esta forma las estructuras inmóviles se representan con rectas y las superficies móviles son por líneas onduladas. (figura F-3) La velocidad y la amplitud del movimiento pueden ser fácilmente medidos. Este método es utilizado para estudiar el movimiento de estructuras anatómicas, y es especialmente importante en los estudios ecocardiográficos. (15,28,32,36)

4.- Modo de rastreo-B (B-scan) A diferencia de las técnicas descritas anteriormente en las que el transductor es sostenido en forma estática sobre el paciente, en el B-scan el transductor es movido a través del paciente. La información obtenida tras este barrido manual es almacenada en forma de puntos de

intensidad variable desde el blanco al negro (pasando por diferentes escalas de gris), luego todos estos puntos se unen para producir una sola imagen bidimensional del área observada en corte tangencial. El grosor del corte, equivale al ancho del haz utilizado. La imagen obtenida es conocida como tomografía ultrasónica o ecotomografía estática. (figura F-4) (15,23,28,32,33,36)

**FIGURA F-4**



Modo-B (B-Scan). Fotografía en tiempo diferido de embarazo intrauterino de aproximadamente 37 semanas, en el cual, se puede observar la cara y la cabeza fetal, llama la atención la localización de la placenta, la cual es previa. (fotografía cortesía Dr. C.E. Zea-Flores)

5.- Escala de grises Para obtener una mejor visualización de los pequeños ecos, se agregó una característica especial conocida como escala de grises. La escala de grises se refiere al número de sombras que son distinguibles, entre el negro más oscuro al blanco más claro en una imagen. Con esto se logró una variedad suficiente de tonalidades para que la imagen se observe como una variación constante del color y dar la impresión de que se trata de una sola imagen y no de un conjunto de puntos. La imagen obtenida con la escala de grises fue aún mejorada por medio de una amplificación no lineal de las amplitudes de los ecos. De esta forma, los ecos más débiles, son amplificados más que los ecos más fuertes. Como resultado se obtuvo una imagen sustancialmente mejorada, mostrando los ecos débiles, sin variar la tonalidad los ecos fuertes. (33,23)

6.- Tiempo real En el modo de B-scan convencional, es necesario mover el transductor a través del área estudiada para obtener la imagen, lo cual toma un tiempo aproximado de 10 a 20 segundos, dando una secuencia de imágenes estáticas (tiempo-diferido). Esto no representa mayor problema para estructuras sin movimiento, sin embargo, si la onda sonora es interceptada por una estructura en movimiento (como el corazón o el feto) más de una vez durante un mismo barrido,

la imagen aparece borrosa, por lo que, el método convencional no es adecuado para el estudio de procesos dinámicos en el cuerpo o estudios del feto (movimientos respiratorios, p.ej).

El rastreo de tiempo real muestra el movimiento de las partes del cuerpo situadas por debajo del transductor durante el examen. Las imágenes cambian con cada movimiento del transductor o si se mueve cualquier parte del cuerpo en estudio. Esto se logra gracias a que se produce un barrido completo en un tiempo muy corto debido a que el transductor tiene un mecanismo oscilatorio, el cual puede ser de tipo lineal, rotatorio o sectorial, con lo que se produce una onda en forma de pie sobre un área transversal. (figura F-5) De esta forma, se pueden producir imágenes nuevas que son constantemente mostradas en el monitor a razón de 15 a 150 por segundo. Se logra entonces una imagen constante en la que se observa el movimiento de forma continua, de la misma forma que se observa movimiento en los dibujos animados. Con el tiempo real es posible ver los movimientos fetales desde la sexta semana de gestación. Además, es posible "congelar" la imagen, dejándola en una posición estática, y de esta forma poder estudiarla y hacer mediciones, en caso necesario. (15,23,28,30,32,33)

**FIGURA F-5**



Aborto en curso monitoreado por medio de ultrasonido en tiempo-real. Se pueden observar las áreas de sangrado marcadas con las flechas. (fotografía cortesía Dr. C.E. Zea-Flores)

## **G. USOS DEL ULTRASONIDO EN OBSTETRICIA**

El examen del útero grávido fue uno de los primeros usos del ultrasonido, impulsado por los estudios de Ian Donald. Desde sus inicios hasta ahora, el

ultrasonido ha evolucionado rápidamente hasta convertirse hoy en día en una de las mejores pruebas que se han desarrollado en los últimos años para intentar mejorar el desenlace del embarazo. Tiene la ventaja de ser un método rápido, no invasivo, que no provoca molestias a la paciente,<sup>13</sup> pero lo más importante, es seguro tanto para la madre como para el feto, sin importar la edad gestacional, y en manos experimentadas, es un método sumamente confiable. (15,26,30,32,41,42)

Con la introducción de la ecografía en la obstetricia, se puede obtener información dejando atrás antiguos métodos invasivos o ionizantes, como la radiografía simple, la amniografía, o la fetografía, con lo cual se hace más seguro y certero el manejo de la paciente obstétrica. (26,30)

En septiembre de 1985, la Comisión de Ultrasonido del Colegio Americano de Radiología en conjunto con un grupo de obstetras, realizó un documento sobre cómo efectuar el examen ultrasonográfico obstétrico. El mismo fue aceptado como una política de esa institución y fue presentado a la sección de Ultrasonografía Ginecobstétrica del Instituto Americano de Ultrasonido en Medicina en octubre de 1985, durante su reunión anual, donde fue aprobado habiéndose publicado una guía para que sea utilizada como referencia para los exámenes obstétricos básicos (nivel I). En la publicación se menciona lo que se debe buscar en el examen ecográfico según la edad gestacional.

#### 1.- Durante el primer trimestre:

- a. Documentar la localización del saco gestacional (figura G-1)
- b. Documentar edad gestacional (longitud corona-rabadilla o longitud del saco) (o inicio de segundo trimestre midiendo diámetro biparietal, circunferencia craneana, diámetro anteroposterior y transversal del abdomen, circunferencia abdominal, diámetro biorbitario y longitud femoral)
- c. Documentar la presencia o ausencia de vitalidad fetal
- d. Evaluación general del útero (incluyendo el cervix) y anexos. (figura G-2)

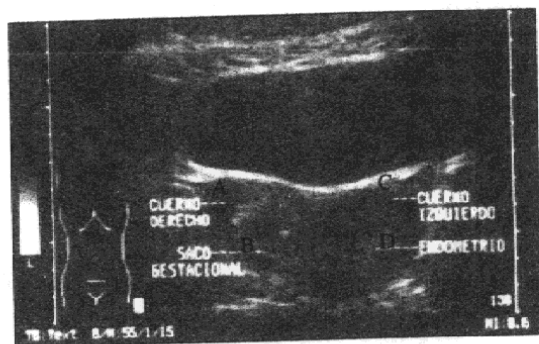
#### 2.- Durante el segundo y tercer trimestres:

- a. Documentar vitalidad, número y presentación fetal.

<sup>13</sup> Ocasionalmente, el tener la vejiga llena puede ser causa de molestia, pero puede ser necesario durante los primeros meses del embarazo, ya que el contenido líquido de la vejiga sirve como un excelente transmisor del haz ultrasónico, permitiendo una mejor visualización de las estructuras profundas. Desplaza las porciones de intestino que podrían estar en la cavidad pélvica, y que por su contenido gaseoso, pueden bloquear la visión. Además de elevar el útero y otras estructuras pélvicas colocándolas en una posición más accesible.

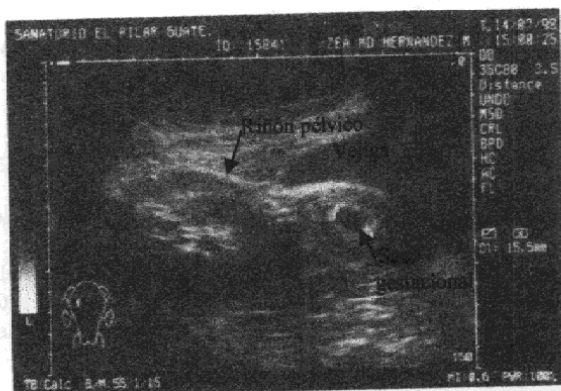
- b. Documentar un estimado de la cantidad de líquido amniótico (normal, aumentado, disminuido)
- c. Documentar el lugar de implantación placentaria (figura F-4)
- d. Documentar el crecimiento y desarrollo fetal. (4 cámaras cardíacas, columna, estómago, vejiga, riñones e inserción del cordón umbilical) (1,18)

**FIGURA G-1**



Paciente de 31 años a quien se le realiza ultrasonograma temprano por hemorragia vaginal y sospecha de embarazo. Se encuentra imagen compatible con útero didelfo, donde A muestra el cuerno derecho y C el izquierdo. En el lado izquierdo se observa el saco gestacional de aproximadamente 6 semanas, mientras que en lado derecho existe endometrio de aspecto secretor avanzado (posiblemente decidual). (Fotografía cortesía Dr. C.E. Zea-Flores)

**FIGURA G-2**



En la misma paciente de la figura G-1, al evaluar los anexos se observa una imagen compatible con un riñón pélvico. (Fotografía cortesía Dr. C.E. Zea-Flores)

Pero la ultrasonografía, a pesar de ser un examen inocuo, no se debe utilizar indiscriminadamente. Su utilización debe estar basada en indicaciones médicas específicas. Los ultrasonidos realizados solamente para satisfacer el deseo de la familia de ver al feto o simplemente tomarle una foto, o conocer el sexo no se deben de realizar a menos que en el último de los casos exista algún riesgo familiar considerable de algún trastorno genético ligado al sexo. (26,28,42,43)

Existen, sin embargo, múltiples ocasiones (aparte del examen de nivel I) en las que el examen ultrasonográfico es de gran ayuda y puede influir en la toma de decisiones y en el resultado final del embarazo. A continuación se mencionan algunas situaciones en las que el ultrasonido tiene gran valor:

-Sangrados vaginales de etiología no determinada durante el embarazo. El ultrasonido permite determinar el grado y localización del sangrado y conocer el estado del feto. (figura G-3)

-Amniocentesis asistida. El ultrasonido permite guiar la aguja para evitar lesionar la placenta o el feto, aumenta las posibilidades de obtener líquido amniótico y disminuye los riesgos de complicaciones. (figura G-4)

-Detección de mola hidatidiforme. Sobre la base de los hallazgos clínicos de hipertensión, proteinuria y/o la palpación de un quiste ovárico durante el examen pélvico, o la ausencia de frecuencia cardíaca fetal auscultada con Doppler después de la 12 semana. El ultrasonido puede dar un diagnóstico exacto y diferenciar entre neoplasia y muerte fetal. (figura G-5)

-Colocación de cerclaje. El ultrasonido puede ayudar en la colocación exacta del cerclaje en pacientes con incompetencia cervical.

-Sospecha de embarazo ectópico o cuando el embarazo ocurre después de tuboplastia o luego de un antecedente de ectópico anterior, puede ayudar a detectar tempranamente esta complicación.

-Sospecha de abrupción placentaria. El diagnóstico temprano cambia el pronóstico final.

-Versión externa asistida. El ultrasonido hace este procedimiento más fácil y más seguro.

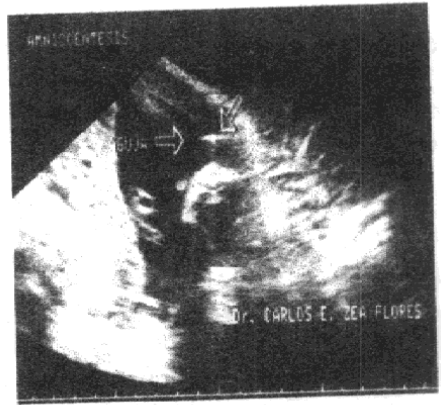
-Perfil biofísico. Después de la 28 semana de gestación, el control del líquido amniótico el tono muscular fetal, movimientos corporales, movimientos respiratorios y el patrón del ritmo cardíaco ayuda en el manejo de los embarazos de alto riesgo. etc. (15,26,28,30,32,33,36,41)

**FIGURA G-3**



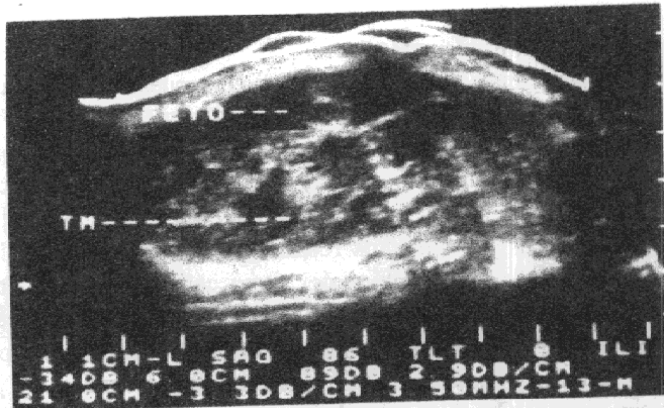
Por medio del ultrasonido se puede observar con precisión el área de sangrado, y conocer si existe embarazo o si este aún tiene vida. (Foto cortesía Dr. C.E. Zea-Flores)

**FIGURA G-4**



En la figura G-4 se observa marcado con las flechas el sitio en que la aguja penetra la cavidad amniótica. (Foto cortesía Dr. C.E. Zea-Flores)

**FIGURA G-5**



Fotografía en tiempo diferido en la que se observa una mola embionada. La mola se encuentra en la parte posterior o dorsal, mientras el feto se encuentra en la parte anterior o ventral. (Fotografía cortesía Dr. C.E. Zea-Flores)

## H. PRUEBAS DE BIENESTAR FETAL.

Se entienden como estas, aquellas pruebas de carácter clínico, químico, bioquímico, ultrasonográfico, que permiten la evaluación de la condición fisiológica del feto y que coadyuvan en el manejo eficiente y eficaz del embarazo para disminuir la morbilidad y la mortalidad perinatal, identificando oportunamente los procesos fisiopatológicos que pueden poner en riesgo la vitalidad fetal.

### 1.- El Perfil Biofísico Fetal

Es evidente que la sonografía fetal tiene un papel importante en el manejo de toda paciente embarazada, pero su importancia aumenta en los casos de pacientes con embarazos de alto riesgo. Estos estudios prenatales se han hecho cada vez más comunes. Entre los estudios que se realizan para conocer el buen estado del feto sobresale el perfil biofísico. Este fue inicialmente definido y evaluado por Maning y Platt en 1980. El perfil biofísico es un método que fue diseñado para conocer el riesgo fetal y se realiza mediante el estudio ultrasonográfico dinámico de varios parámetros biofísicos, los cuales se evalúan por separado y conjuntamente. Por separado, cada examen tiene un alto porcentaje de falsos positivos, el cual se reduce considerablemente cuando todas las variables se combinan. Este estudio sirve para identificar el riesgo de daño o muerte fetal y facilita el manejo de los embarazos de alto riesgo ya que la detección temprana de un riesgo fetal, combinado con un buen examen obstétrico en general, permite un tratamiento selectivo más seguro. (6,16,22,32)

#### a. Actividades biofísicas fetales.

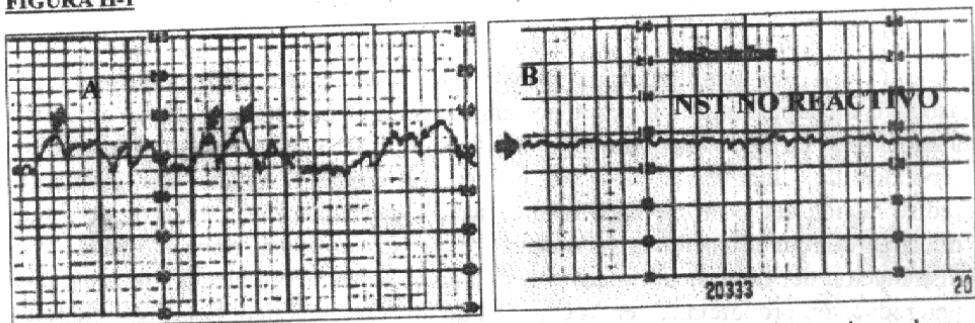
(1) Respuesta fetal a la asfixia: El Feto muestra una gran variedad de actividades biofísicas, desde actividad motora gruesa; como la observada en el tronco, extremidades y movimientos respiratorios, a movimientos finos, como movimiento de los ojos, succionar, tragar, etc. Los movimientos fetales se pueden detectar desde la sexta semana de gestación y aumentan a medida en que la gestación progresa. Los movimientos respiratorios se han observado a edades de hasta catorce semanas, y los cambios del ritmo cardíaco fetal, en respuesta a los movimientos fetales, pueden ser reconocidos entre la doce y la catorce semana. Con relación a este último parámetro, hay que tomar en cuenta que aparentemente la respuesta primaria al movimiento fetal en las primeras semanas de gestación es la bradicardia transitoria. Conforme se alcanza mayor madurez del sistema nervioso central (alrededor de las 24 semanas de gestación), la respuesta primaria al movimiento es una aceleración del ritmo cardíaco. (ver figura H-1) Esta es la base de la prueba sin estrés conocida como NST (por las siglas en inglés de non-stress



test), la cual es una prueba de bienestar fetal que se puede utilizar como uno de los parámetros del punteo de perfil biofísico. (6,22)

Estas actividades biofísicas, no son eventos ocasionales al azar, sino movimientos altamente específicos, regulados en forma compleja a nivel central por la vía neurológica. Dado a que el sistema nervioso central fetal es extremadamente sensible al oxígeno, se puede concluir que si estas actividades biofísicas están presentes, el sistema nervioso central está funcionando adecuadamente y se encuentra bien oxigenado, lo cual indica bienestar del feto. (32)

**FIGURA H-1**



En la figura A se puede observar marcado con flechas los momentos en los que la prueba se comporta como reactiva. Por el contrario en la figura B, se puede observar que no se dan aumentos en la frecuencia cardíaca fetal, por lo que la prueba se debe tomar como no reactiva.

Sin embargo, la ausencia de actividad es más difícil de interpretar en un feto normal, ya que una de las características de la actividad biofísica es la periodicidad. Esta periodicidad está muy relacionada con los ciclos de vigilia-sueño y la ausencia de actividad en períodos cortos se puede observar durante los períodos de sueño. Por lo tanto, para poder diferenciar a un feto dormido de uno asfixiado, es necesario observar la actividad fetal por un tiempo prolongado (aproximadamente 30 minutos). Se puede estimular al feto movilizándolo o con estimulación acústica. Si el feto responde adecuadamente a la estimulación o en forma espontánea y adecuada en el tiempo de espera, se considera normal. (16,32,34)

Finalmente, otros factores aparte del ritmo del sistema nervioso central o la asfixia, pueden alterar la respuesta biofísica. El fumar, uso de medicamentos que suprimen la actividad biofísica (p.ej. narcóticos), trauma al sistema nervioso, retardo

del crecimiento intrauterino o anomalías congénitas deben ser consideradas siempre que se estén ausentes las variables biofísicas. (13,32)

(2) Asfixia fetal aguda versus crónica: Los efectos de la asfixia sobre el comportamiento biofísico del feto, dependen de la duración, extensión, cronicidad y frecuencia del insulto. La asfixia fetal puede pasar sin que se dé acidosis. Si es prolongada, con asociación de acidosis metabólica o respiratoria, se verán afectados múltiples órganos.

(3) Asfixia fetal aguda: Produce una disminución en los movimientos respiratorios fetales, en el ritmo de reactividad cardíaca fetal y en casos severos, puede darse una disminución o ausencia de los movimientos y el tono fetal. Estos cambios biofísicos reflejan asfixia de tipo agudo al momento del examen. (32)

(4) Asfixia fetal crónica: Usualmente, esta es una enfermedad gradual, asociada a una insuficiencia uteroplacentaria. En las etapas iniciales, no se observan alteraciones en el comportamiento biofísico del feto. Sin embargo, episodios repetidos de hipoxemia pasajera, pueden dar como resultado una dramática redistribución del gasto cardíaco fetal, a manera de mantener la perfusión cerebral, mientras que el flujo renal, pulmonar y esplénico caen en forma dramática. La disminución del flujo renal da como resultado una menor producción de orina con una reducción proporcional en la cantidad de líquido amniótico. Esta reducción del volumen amniótico es por sí sola un factor de riesgo importante, ya que puede llevar a compresión del cordón y muerte fetal. (16,32)

#### **b. Punteo del perfil biofísico.**

El examen consiste en el monitoreo de cinco parámetros:

- Movimientos fetales
- Tono fetal (figura H-2)
- Movimientos respiratorios (figura H-3)
- Volumen de líquido amniótico
- Cardiotocograma o prueba sin estrés (depende del método utilizado)

Baskett y colaboradores por un lado y Vitzileos y colaboradores por otro, analizaron cada una de estas variables, reportando, que cada una de ellas se hace presente a diferentes edades gestacionales, a medida en que se desarrollan las áreas del sistema nervioso que requieren mayor aporte de oxígeno. El centro del tono fetal aparece a las 7.5-8.5 semanas, el centro del movimiento a las 9 semanas y el movimiento diafragmático se regulariza a las 20-21 semanas. La reactividad del

ritmo cardíaco es la última en aparecer alrededor del final del segundo o inicio del tercer trimestre. Además, afirman que los centros que se forman de último, son más sensibles a la hipoxia aguda. Por lo tanto, se espera que la pérdida en la reactividad cardíaca y la supresión de los movimientos respiratorios se den con hipoxemias leves. La ausencia de movimientos y pérdida del tono se darían entonces con hipoxemias más severas. (16)

**FIGURA H-2**



**FIGURA H-3**



En la figura H-2 se puede observar un buen tono fetal por medio de la mano cerrada marcada con la flecha. En la figura H-3, se puede observar con un modo mixto a la izquierda la caja torácica fetal, del lado derecho en modo TM se demuestra el movimiento que existe, conocido como movimientos respiratorios. Estos son dos de los 5 parámetros del perfil biofísico. (fotos cortesía Dr. C.E. Zea-Flores)

A las variables se les da un puntaje de 2 puntos si es normal y de 0 si es anormal, dando un punteo máximo de 10 sobre 10 (tabla H-1). Considerándose como normal si se obtiene un valor de 8 a 10. Cualquier punteo que sea persistentemente de 0 a 2 se extiende el examen por 120 minutos o se resuelve el embarazo inmediatamente. Si el punteo es menor o igual a 6 es considerado como intermedio y la conducta dependerá de la edad gestacional, pero debe ser monitoreado de cerca y repetir el examen en las próximas 24 horas. (6,16,32) Existe una modificación en la que si las cuatro variables dinámicas monitoreadas con el ultrasonido son normales, el examen se interpreta como normal, aún sin haber realizado el NST. (16,32) Con esto se ha reducido el uso del NST a un 6% de los casos, con lo cual se acorta el tiempo del examen en aproximadamente 30 minutos. (32)

**TABLA H-1** Bases para dar el punteo de cada parámetro biofísico. (32)

| Variable biofísica              | Normal (punteo = 2)   | Anormal (punteo = 0)  |
|---------------------------------|---|---|
| 1. Movimientos respiratorios    | ≥1 episodios de 30 segundos durante un período de 30 minutos.   | Ausentes o ninguno 30 seg en los 30 minutos.  |
| 2. Movimientos fetales          | ≥3 movimientos del cuerpo o extremidades en 30 minutos (episodios de actividad continua se consideran un sólo movimiento).                                  | ≤2episodio de movimiento durante 30 minutos.  |
| 3. Tono fetal                   | ≥1 episodio de extensión con regreso a la flexión de alguna extremidad o trunco; el abrir y cerrar la mano se considera como un tono normal.                | Extensión lenta con regreso parcial a la flexión, movimiento de la extremidad a extensión total, o ningún movimiento. |
| 4. Volumen de líquido amniótico | 1 bolsa con más de 2 cm en su eje vertical.   | Ninguna bolsa o la mayor con < 2 cm en su eje vertical.   |
| 5. Prueba sin estrés (NST)      | 2 episodios de aceleración de 15 latidos por minuto y de más de 15 segundos de duración asociados con los movimientos fetales, en un período de 20 minutos. | < 2 episodios de aceleración del ritmo cardíaco fetal o menor a 15 latidos por min. en 20 minutos de estudio.         |

En general, el perfil biofísico se realiza sólo en pacientes que tienen algún factor de riesgo conocido (como retardo del crecimiento intrauterino, ruptura prematura de membranas ovulares etc.). Usualmente, las pacientes son examinadas cada semana con excepción de las gestantes con diabetes insulino dependiente o con embarazos prolongados, a quienes se les examina dos veces por semana. (6,7,9,13,22,39,41) El examen se continúa realizando hasta que desaparezca el factor de riesgo, se dé el nacimiento o el examen se torne anormal y obligue a tomar alguna conducta. (32)

Aunque existen guías y protocolos que ayudan al manejo de la paciente y en algunos casos ayudan a tomar decisiones como terminar con el embarazo, o si se realiza cesárea o parto vaginal (tabla H-2), debemos recordar que se está tratando a la paciente, y no a la prueba, por lo que siempre se deben de tomar en cuenta los aspectos clínicos individuales de cada paciente. (32,35)

**TABLA H-2** Recomendaciones en el manejo clínico según el puntaje de perfil biofísico

| Puntaje                               | Interpretación   | Manejo recomendado  |
|---------------------------------------|--|---|
| 10/10<br>8/8 (sin NST)<br>8/8 (LA-N)* | No evidencia de asfixia crónica o aguda                          | Tratamiento conservador.<br>Exámenes seriados según protocolo.                                  |
| 8/10 (LA-AN)*                         | No evidencia de asfixia aguda, signo de probable asfixia crónica | Inducir si > 36 semanas, si < 36 s. repetir el examen en 24 hrs.                                |
| 6/10 (LA-N)                           | Probable asfixia aguda   | Inducir si > 36 semanas, si < 36 s. repetir el examen en 24 hrs.                                |
| 6/10 (LA-AN)                          | Posible asfixia crónica/aguda                                    | Inducción si > 26 semanas.  |
| 4/10 (LA-N)                           | Probable asfixia aguda   | Inducción si > 32 semanas, si < 32s. repetir el mismo día, si nuevo puntaje < 6, inducir.       |
| 4/10 (LA-AN)                          | Probable asfixia crónica/aguda                                   | Inducción si > de 26 semanas.   |
| 2/10                                  | Asfixia crónica/aguda muy probable                               | Alargar el examen a 60 minutos. Inducción si el puntaje permanece < 6 y edad gest. > 26 semanas |
| 0/10                                  | Asfixia crónica/aguda casi segura                                | Inducción si > 26 semanas.  |

\* LA, líquido amniótico; N, normal; AN, anormal. (32)

### c. Resultados clínicos

El concepto del perfil biofísico, en su inicio fue basado en la toma de decisiones según el resultado del NST, a las otras variables no se les daba la importancia que merecían, y por tanto, no eran de peso con relación al manejo. Existía una correlación significativa entre el puntaje anormal del perfil biofísico y un Apgar bajo a los 5 minutos, distrés fetal durante el parto y el promedio de muertes fetales. La combinación de los diferentes parámetros del perfil, cambiaron significativamente tanto los rangos de falsos-negativos como de falsos-positivos en comparación con cada uno de los parámetros en forma aislada. (32) Estudios realizados en 1996 demuestran que el porcentaje de falsos-negativos con el perfil biofísico modificado, es menor que los obtenidos con la prueba sin estrés en forma aislada y mantiene un rango que se relaciona con la prueba con estrés y el perfil biofísico completo. Se obtuvo un porcentaje de prematuridad iatrogénica por falsos-positivos en 1.5% de las mujeres que se examinaron antes de las 37 semanas. (24) Los estudios de Manning demostraron que cuando todas las variables del examen se encontraban normales, la tasa de muertes perinatales era de 0 y cuando todas las

variables eran anormales, se tenía una tasa de mortalidad perinatal de 600/1000 y una tasa de mortalidad fetal de 400/1000. (32)

Se ha reportado que al manejar a pacientes de alto riesgo según los resultados del perfil biofísico, se puede tener tasas de mortalidad perinatal de 0.5/1000, en contraste con un 65/1000 que se esperaría para un grupo de riesgo similar, pero que es manejado sin este control, (32) aunque el perfil biofísico no es un estudio diseñado para dar un valor pronóstico a largo plazo, sino más bien, para conocer el estado fetal en el momento del examen, (10,20) Los estudios realizados principalmente en hospitales canadienses reportan que la tasa de mortalidad fetal durante la semana después de una prueba normal es de 0.65 a 0.7/1000. (32) Estos datos tienen un gran valor clínico, porque permiten que el perfil biofísico sea utilizado en forma segura para prolongar embarazos en forma selectiva (por ejemplo en el caso de fetos prematuros o pacientes preeclámicas estables). (7,22,32) Existen reportes en los que se han prolongado embarazos con fetos prematuros hasta por trece días, aún cuando la prueba con estrés era no reactiva, sin que se dieran cambios metabólicos en el feto. (22)

## **2.- Ultrasonografía Doppler**

El Doppler se ha convertido en un examen importante en el estudio de flujos especialmente por ser un estudio no invasivo. El flujo volumétrico expresado en litros o mililitros por minuto, representa la medición de perfusión de los tejidos o un índice de posible viabilidad del tejido, (3,27,32) se pueden obtener detalles sobre el flujo, y determinaciones rápidas sobre la presencia y dirección del mismo.

### **a. El efecto Doppler**

Cuando se transmite un haz de ultrasonido hacia una interfase estacionaria, las ondas reflejadas (ecos) tienen esencialmente la misma frecuencia o longitud de onda que la onda transmitida. Ahora bien, si el reflector se acerca al transmisor, la frecuencia reflejada será más alta que la transmitida; por el contrario, si el reflector se aleja del transmisor, la frecuencia reflejada será más baja que la transmitida. (28,32) La diferencia entre la frecuencia transmitida es proporcional a la velocidad con que el reflector se aleja o se acerca al transmisor. Este fenómeno es el llamado "efecto Doppler" y a la diferencia entre las frecuencias se le da el nombre de "desviación Doppler". (32)

### **b. Tipos de Doppler:**

El efecto Doppler permite detectar y medir la velocidad con que se desplaza cualquier líquido, en particular la sangre. En esta, los reflectores móviles son los

glóbulos rojos. Para medir este movimiento se utilizan dos tipos básicos de equipo Doppler, el de onda continua y el de onda pulsada. (28)

(1) En un equipo de onda continua, la emisión ultrasónica es constante y el aparato mide con precisión altas velocidades, pero no hay resolución a profundidad, en consecuencia, todo movimiento a lo largo del haz ultrasónico se junta. (3,32)

(2) En un equipo Doppler de onda pulsada, el ultrasonido se transmite por impulsos en el interior del cuerpo, con buena resolución en profundidad, pero no mide adecuadamente a altas velocidades, ya que está limitado a medir velocidades que producen cambios de frecuencia menores a la mitad de la frecuencia de repetición del impulso. El utilizar esta variedad de Doppler en obstetricia es usualmente adecuado, ya que la velocidad del flujo en los vasos de un feto normal es menor a 1m/seg. Sin embargo, podría ser un problema si se estudian anomalías cardíacas estenóticas donde se producen velocidades mayores, y puede presentar erróneamente estas altas velocidades como bajas. (3,28,32)

(3) En un equipo Doppler color (fundado asimismo en el principio precedente), la distribución y la dirección de la sangre circulante se presentan en forma de una imagen bidimensional en la que las velocidades se distinguen por diferencia de color. (27,28) (figura H-4)

**FIGURA H-4**



En la fotografía se puede observar el cordón umbilical en colores. Este estudio es de gran ayuda para la detección de anomalías cardíacas, irrigación de órganos específicos, y detectar la localización del cordón, por ejemplo para descartar que este se encuentre alrededor del cuello del feto.



(4) En el Doppler Dúplex se localiza un vaso sanguíneo por ultrasonografía en modo-B y seguidamente se mide el flujo sanguíneo con la técnica de Doppler, utilizando frecuencias en el rango de 3 a 10 MHz. Esta combinación del modo-B y el Doppler permite dirigir con más precisión el haz de Doppler hacia un determinado vaso sanguíneo. Esto es muy útil en el estudio de los vasos fetales dado el pequeño tamaño de estos y los cambios de posición debido a los movimientos fetales. (3,28,29,32)

### **c. Seguridad y Calidad del examen Doppler:**

La seguridad y la calidad de la ultrasonografía Doppler demanda excelentes habilidades operacionales. Es responsabilidad del sonógrafo el conocer la salida acústica de su máquina de Doppler, ya que existe un riesgo teórico debido a que produce una mayor exposición debido a una mayor longitud del impulso, mayor rango de repetición pulsátil y mayor salida necesaria para disminuir el contraste. La forma de mantener el examen en una forma segura es mantener la salida en lo mínimo y aumentar la ganancia. La máquina debe estar adecuadamente calibrada especialmente para reportar valores de velocidad absoluta. (27,28,32) El operador debe monitorear la calidad de la información generada y diferenciar lo real y clínicamente importante de los artefactos. Finalmente, el éxito o fracaso del examen es determinado como en cualquier otra prueba ultrasonográfica, por la habilidad clínica, técnica e interpretación y no por la máquina. (28,32)

Los componentes del Doppler que deben ser evaluados para obtener una información precisa incluyen la frecuencia y amplitud utilizados, el ángulo de incidencia, la distribución espacial de las frecuencias a través de los vasos y la variación temporal de la señal. Debido a que la señal de Doppler por si misma no tiene ninguna significancia anatómica, el examinador debe interpretar la señal de Doppler y luego determinar su importancia en el contexto de la imagen. (32)

Muchos de los problemas y artefactos asociados con el modo-B (p. ej. sombras) se observan en la ultrasonografía Doppler, la detección y la información obtenida de un objeto móvil, agrega una consideración técnica especial, que no se encuentra en otras formas de ultrasonografía. El conocer la fuente de estos artefactos y su influencia sobre la interpretación en la medición de flujos obtenidos es muy importante. Las causas de la mayoría de artefactos y la falta de certeza en el Doppler incluyen las siguientes: Frecuencia del Doppler (usualmente se deben utilizar en el rango de 3 a 3.5 MHz para tener buena penetración, aunque se pueden utilizar hasta 10 MHz), filtros de paso-alto o de pared (en general, el filtro debe mantenerse en el nivel práctico más bajo, entre 50 a 100 Hz.), muestra de



volúmenes excesivamente grandes o demasiado cerca de la pared del vaso donde existen velocidades muy lentas, el ángulo de incidencia en general, se debe mantener a 60° o menos, ya que pequeños cambios en el ángulo del Doppler sobre 60° resulta en cambios significativos en los cálculos de la velocidad. (14,32)

#### **d. Análisis del Doppler:**

La imagen que se observa al realizar el examen de Doppler es una onda de velocidad de flujo la cual es una representación gráfica de los cambios de frecuencia que se dan en una muestra de volumen en el tiempo.

Si el ángulo entre el vaso y el haz de ultrasonido es conocido, la velocidad del flujo puede ser calculada por la siguiente ecuación:  $V = Fd \times c/F \times 2\cos Q$ , donde V es la velocidad de la sangre, Fd es el cambio Doppler, c es la velocidad del sonido en el tejido, F es la frecuencia del Doppler y Q es el ángulo entre el vaso y el haz de Doppler. Pero existen algunos análisis que se pueden realizar aún sin conocer el ángulo de incidencia, entre los que se cuentan los semicuantitativos y los cualitativos. (32)

(1) Semicuantitativos: Cuando se estudian vasos tortuosos como la arteria umbilical, el ángulo de incidencia es desconocido, lo que excluye el medir la velocidad absoluta. Por ello, se han desarrollado relaciones que toman la velocidad sistólica (S) y la diastólica (D), con lo que los resultados son independientes del ángulo de incidencia; de donde se pueden obtener, el índice de pulsatilidad =  $(S-D)/$  velocidad media, índice de resistencia =  $(S-D)/S$ , relación S/D y relación D/S. (32,38)

(2) Cualitativos: Existen muchos cambios que se pueden observar en la onda de velocidad del flujo, que incluyen pérdida de flujo diastólico, flujo retrógrado, presencia de muescas, etc. Es casi universal que en la circulación feto-materna aumente la velocidad diastólica a medida que se acerca a término, debido a disminución de la capacidad placentaria u otra resistencia vascular.

#### **e. Doppler con flujo normal**

Muchos estudios de Doppler en la circulación feto-materna se han enfocado en la arteria umbilical, aorta fetal y las arterias uterinas maternas, pero vasos pequeños incluyendo las arterias cerebrales fetales, son ahora un área de interés. (32)

Los vasos que deben ser examinados incluyen:

Maternos:

- Arteria Iliaca
- Arteria Uterina
- Arteria Arcuata

Fetales:

- Arteria Umbilical
- Aorta Fetal
- Flujo Intracardiaco
- otros (p.ej. Renal).
- Vena Umbilical
- Vena Cava Inferior
- Vasos Cerebrales

La utilización del Doppler es el examen más inocuo y rápido para tener un pronóstico sobre el bienestar del feto, y se convierte en una prueba casi indispensable cuando se está tratando a pacientes que presentan algún tipo de riesgo perinatal, como lo son pacientes con embarazo múltiple, retardo del crecimiento intrauterino, hipertensión inducida por el embarazo, hidrops fetal, embarazo post-término, anomalías cardíacas, uso de drogas, etc. (5,32)

## **VI. METODOLOGIA**

El estudio consistió en determinar el conocimiento que sobre la ultrasonografía obstétrica y pruebas de bienestar fetal tienen los médicos residentes del último año de entrenamiento en Ginecología y Obstetricia de los Hospitales de Maternidad del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), Roosevelt y San Juan de Dios, y los ginecobstetras que laboran en esos hospitales, y la valoración que hacen de su utilidad en el diagnóstico y manejo del embarazo en general y del embarazo de alto riesgo en particular.

### **A. TIPO DE ESTUDIO**

Prospectivo, transversal

### **B. SUJETO DE ESTUDIO**

-Médicos residentes del último año de postgrado en Ginecología y Obstetricia y Médicos Ginecólogos y Obstetras de los Hospitales de Maternidad del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), Roosevelt y San Juan de Dios de la Ciudad de Guatemala.

### **C. CRITERIOS DE EXCLUSION**

-Médicos residentes del último año de postgrado en Ginecología y Obstetricia de los Hospitales de Maternidad del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), Roosevelt y San Juan de Dios de la Ciudad de Guatemala, que se encuentren de vacaciones en el período de estudio.

-Médicos especialistas de los mismos hospitales que se encuentren de vacaciones en el período de estudio.

### **D. POBLACION DE ESTUDIO**

Se encuestó a la totalidad de médicos residentes que cursan el último año de la especialización en ginecología y obstetricia y a de obstetras especialistas que desearon participar de los Hospitales de Maternidad del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), Roosevelt y San Juan de Dios de la Ciudad de Guatemala.

### **E. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO**

El estudio se realizó en el Hospital de Maternidad del IGSS, Pamplona zona 13 y en los departamentos de Obstetricia del Hospital Roosevelt y de Ginecología y Obstetricia del Hospital General San Juan de Dios en las zonas 13 y 1 respectivamente.

## **F. DEFINICION DE VARIABLES**

### **1. VARIABLE**

Conocimientos generales de médicos residentes en obstetricia sobre ultrasonido obstétrico.

**a.-Definición Conceptual:**

Información que tiene el médico residente del ultimo año de la especialización de ginecología y obstetricia sobre para qué sirve, cómo y cuándo usar el ultrasonido obstétrico.

**b.-Escala de Medición:**

Nominal.

**c.-Operacionalización:**

Se determinó la información que poseen los médicos residentes sobre para qué sirve, cómo y cuándo usar el ultrasonido obstétrico por medio de una encuesta.

**d.-Medida:**

No paramétrica, proporciones.

### **2. VARIABLE**

Conocimientos generales de obstetras especialistas sobre ultrasonido obstétrico.

**a.-Definición Conceptual:**

Información que tiene el obstetra especialista sobre para qué sirve, cómo y cuándo usar el ultrasonido obstétrico.

**b.-Escala de Medición:**

Nominal.

**c.-Operacionalización:**

Se determinó la información que poseen los obstetras especialistas sobre para qué sirve, cómo y cuándo usar el ultrasonido obstétrico por medio de una encuesta.

**d.-Medida:**

No paramétrica, proporciones.

### **3. VARIABLE**

Conocimientos generales de médicos residentes en obstetricia sobre las pruebas de bienestar fetal.

**a.-Definición Conceptual:**

Información que tiene el médico residente del ultimo año de la especialización de ginecología y obstetricia sobre cómo y cuándo usar las pruebas de bienestar fetal.

b.-Escala de Medición:

Nominal.

c.-Operacionalización:

Se determinó la información que poseen los médicos residentes sobre cómo y cuándo utilizar las pruebas de bienestar fetal por medio de una encuesta.

d.-Medida:

No paramétrica, proporciones.

#### 4. VARIABLE

Conocimientos generales de obstetras especialistas sobre las pruebas de bienestar fetal.

a.-Definición Conceptual:

Información que tiene el obstetra especialista sobre cómo y cuándo usar las pruebas de bienestar fetal por medio de una encuesta.

b.-Escala de Medición:

Nominal.

c.-Operacionalización:

Se determinó la información que poseen los obstetras especialistas sobre cómo y cuándo usar las pruebas de bienestar fetal por medio de una encuesta.

d.-Medida:

No paramétrica, proporciones.

#### 5. VARIABLE

Entrenamiento en ultrasonografía

a.-Definición Conceptual:

Adiestramiento profesional que certifica la habilidad y el conocimiento del médico para el uso del ultrasonido.

b.-Escala de Medición:

Nominal

c.-Operacionalización:

Se estableció en forma indirecta el grado de entrenamiento que poseen los médicos que realizan ultrasonido obstétrico y pruebas de bienestar fetal por medio de una encuesta.

d.-Medida:

No paramétrica, proporciones

## **G. PROCEDIMIENTO PARA RECOLECTAR LA INFORMACION**

1-En la dirección de cada uno de los departamentos de obstetricia de los hospitales en estudio se procedió a solicitar autorización para la elaboración del estudio.

2-Se solicitó a la dirección de cada departamento de obstetricia una lista de los obstetras especialistas y médicos residentes que cursan el último año de la especialización.

3-Una vez obtenida esta información se seleccionó un día específico de acuerdo con la dirección del departamento, para concentrar a los médicos residentes sujetos a estudio.

4-Elaboración y reproducción del instrumento de recolección de datos.

5-Recolección de datos:

a) En el día acordado se procedió a distribuir el instrumento de recolección de datos para que fuera llenado en forma individual por cada uno de los residentes. Se tomó una lista de los residentes presentes en la reunión. A los residentes que por alguna razón no pudieron asistir a la reunión se les buscó en sus servicios, para que no quedaran fuera del estudio.

b) A los obstetras especialistas se les dió un instrumento de recolección de datos igual al de los médicos residentes en cada uno de los servicios en que laboran.

## **H. PLAN DE ANALISIS**

Los datos recopilados durante el período de estudio, se agruparon en cuadros y gráficas, para una mejor comprensión de los resultados y una mejor correlación con las conclusiones y recomendaciones.

## **I. CONSIDERACIONES ETICAS**

Se solicitó a los departamentos de obstetricia de los diferentes hospitales en estudio, autorización para realizar la encuesta a los médicos residentes y especialistas. No se solicitó ni se revelará el nombre del encuestado por ningún motivo.

Los resultados obtenidos en el estudio se han utilizado únicamente con el fin de informar sobre las condiciones bajo las cuales se está utilizando el ultrasonido, y su relación con el tipo de programa de entrenamiento con el que se cuenta, con el fin de mejorar los aspectos que estén deficientes, si es que los hay, y no para dañar de ninguna forma a ningún grupo o institución.

## **J. RECURSOS**

### **1. Físicos:**

Hospital de Maternidad, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.  
Departamento de Obstetricia, Hospital Roosevelt.  
Departamento de Gineco-Obstetricia, Hospital General San Juan de Dios.  
Biblioteca Facultad Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Biblioteca Ludwing von Misses, Universidad Francisco Marroquín.  
Departamento de Asistencia Rommers.

### **2. Humanos**

Personal de biblioteca Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Personal de la biblioteca Ludwing von Misses, Universidad Francisco Marroquín.  
Personal del Departamento de Asistencia Rommers.  
Personal del laboratorio de computación Ronald Dent, Universidad Francisco Marroquín.

### **3. Materiales**

Diccionarios, libros y revistas médicas.  
Internet y Medline.  
Computadoras.  
Scanner.  
Material de escritorio.

### **4. Económicos**

Impresión y reproducción de encuestas.  
Impresión y reproducción de protocolo.  
Impresión de información de Internet.  
Impresión, reproducción y empastado de informe final.

## K. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

### 1. Actividades:

01.- Selección de tema

02.- Elección de asesor y revisor

03.- Recopilación bibliográfica

04.- Elaboración de protocolo

05.- Aprobación de protocolo

06.-Reproducción de la boleta

07.-Ejecución de trabajo de campo

08.-Procesamiento de datos

09.-Análisis y discusión de datos

10.-Conclusiones y recomendaciones

11.-Entrega del informe final

| act. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |   |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1    | x |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 2    | x | x |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 3    | x | x | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 4    |   |   | x | x | x | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 5    |   |   |   |   |   |   | X | x | x |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 6    |   |   |   |   |   |   |   |   | x |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 7    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | x  | x  | x  | x  | x  | x  |    |    |    |    |    |    |   |
| 8    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |   |
| 9    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | x  | x  |    |    |    |   |
| 10   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  | x  |   |
| 11   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x |



## L. Instrumento de recolección de datos

### I) Datos generales del encuestado:

A) SEXO: F  M

B) EDAD: 20-30  31-40  41-50  51-60  61 o más

C) STATUS: Médico residente  Médico especialista

### D) AÑOS DE GRADUADO COMO MEDICO:

Hasta 5a.  6-10a  11-15a  16-20a  21-25a   
26-30a  más de 30a

### E) SUS ESTUDIOS DE POSTGRADO FUERON:

Sólo en Guatemala  Sólo en el extranjero  Ambos

## ENCUESTA SOBRE USO/UTILIDAD DEL ULTRASONIDO DIAGNOSTICO Y PRUEBAS ULTRASONOGRAFICAS DE BIENESTAR FETAL EN EL MANEJO DEL EMBARAZO.

01.- Usted utiliza el estudio ultrasonográfico durante el embarazo para:

Control  Seguimiento  Ambos  No la uso

Si no la usa por favor responda la pregunta 2 y concluya la encuesta. Si la utiliza, salte la pregunta 2 y continúe la encuesta. Gracias.

02.- No utilizo el estudio ultrasonográfico porque:

- no confío en la técnica
- no confío en quienes realizan el estudio y/o lo interpretan
- no entiendo los informes y/o no sé como relacionar el manejo y toma de decisiones
- creo que con buen manejo clínico es suficiente y no hace falta el ultrasonido
- por las primeras dos
- es muy caro para el paciente y/o no hay facilidad de realizarlo
- por otra razón

Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



11.- Al sospechar retardo del crecimiento intrauterino durante el tercer trimestre, ¿en cuál de las siguientes le gustaría que el ultrasonografista pusiera más atención? (sólo una)

- Circunferencia abdominal
- Longitud femoral
- Diámetro biparietal
- Peso fetal

12.- Al referir una paciente con problema de hipertensión inducida por el embarazo para una prueba de bienestar fetal, usted preferiría que se le informara:

- NST
- Reporte de actividad biofísica
- Doppler
- NST - actividad biofísica
- Reporte de movimientos

13.- ¿Qué prueba prefiere que sea utilizada cuando desea predecir resultados perinatales?

- NST
- Reporte de actividad biofísica
- Doppler
- NST + actividad biofísica
- Reporte de movimientos

14.- ¿Qué prueba prefiere que sea utilizada cuando desea estudiar hipoxia fetal?

- NST
- Reporte de actividad biofísica
- Doppler
- NST + actividad biofísica
- Reporte de movimientos

15.- ¿Cuál de la(s) siguiente(s) considera como indicación de ultrasonido, para una paciente ginecológica?

- Control rutinario
- Masa anexial
- Amenorrea primaria
- Sospecha de hiperplasia endometrial

16.- El Doppler color en ginecología usted lo utiliza para:

- Diagnosticar cáncer de mama
- Diagnosticar masa ovárica
- Diagnosticar cáncer de cervix
- Estudio de paciente infértil
- Estudio de paciente con hemorragia uterina disfuncional

17.- Usted utiliza la ultrasonografía transvaginal en casos de:

- Incompetencia cervical
- Infertilidad primaria
- Amenaza de AB
- Para diagnóstico de anomalías del sistema nervioso central después de la 24 semana
- Todos los anteriores

18.- La persona que realiza los estudios ultrasonográficos en sus pacientes es:

- Usted mismo
- Médico radiólogo
- Médico obstetra con especialización formal (de postgrado) en ultrasonografía
- Médico obstetra con especialización formal (de postgrado) en ultrasonografía
- Técnico en ultrasonografía

19.- Tiene usted entrenamiento formal de postgrado en ultrasonografía obstétrica

- SI
- NO, sólo experiencia en ella.

20.- Si realiza práctica pública y privada, por favor indique si las pruebas de bienestar fetal las usa:

- Exclusivamente en la práctica privada
- Exclusivamente en la práctica institucional pública

**MUCHAS GRACIAS POR PARTICIPAR**

## VII. PRESENTACION DE RESULTADOS

Resultados obtenidos mediante encuestas, realizadas a 24 médicos residentes del último año de la especialización de Ginecología y Obstetricia de los hospitales de Maternidad del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), Roosevelt y General San Juan de Dios, así como a 25 médicos gineco-obstetras que laboran como especialistas en los hospitales mencionados, de junio a julio de 1998.

**CUADRO 1** Uso General del ultrasonido.

| Tipo de uso        | No. de médicos | porcentaje |
|--------------------|----------------|------------|
| <b>CONTROL</b>     | 1              | 2%         |
| <b>SEGUIMIENTO</b> | 1              | 2%         |
| <b>AMBOS</b>       | 47             | 96%        |
| <b>TOTAL</b>       | 49             | 100%       |

Control: Comprobación de cierto juicio sobre el embarazo.

Seguimiento: Estudiar la evolución del embarazo.

Ambos: La utilizan para control y para seguimiento.

**CUADRO 2** Ultrasonografías solicitadas por paciente.

| Hospital          | Promedio de<br>USG por paciente |
|-------------------|---------------------------------|
| <b>I.G.S.S.</b>   | 2.75                            |
| <b>H.G.S.J.D.</b> | 2.6                             |
| <b>H.R.</b>       | 2.5                             |
| <b>TOTAL</b>      | 2.59                            |

I.G.S.S. Instituto Guatemalteco de Seguridad Social; H.G.S.J.D. Hospital General San Juan de Dios; H.R. Hospital Roosevelt.

**CUADRO 3** Utilización del ultrasonido en el primer trimestre.

| Información de interés    | E-SJ | R-SJ | E-IGSS | R-IGSS | E-HR | R-HR | TOTAL | %    |
|---------------------------|------|------|--------|--------|------|------|-------|------|
| Localización del saco     | 6    | 7    | 6      | 2      | 7    | 6    | 34/49 | 69%  |
| Evaluar vitalidad fetal   | 6    | 9    | 8      | 4      | 11   | 11   | 49/49 | 100% |
| Evaluar útero y anexos    | 6    | 6    | 5      | 4      | 9    | 6    | 36/49 | 73%  |
| Longitud corona/rabadilla | 6    | 9    | 7      | 3      | 10   | 8    | 43/49 | 87%  |
| Maduración placentaria    | 3    | 7    | 2      | 3      | 6    | 9    | 30/49 | 61%  |

E-SJ Especialista San Juan de Dios; R-SJ Residente San Juan de Dios; E-IGSS Especialista Instituto Guatemalteco de Seguridad Social; R-IGSS Residente Instituto Guatemalteco de Seguridad Social; E-HR Especialista Roosevelt; R-HR Residente Roosevelt.

**CUADRO 4** Utilización del ultrasonido en el tercer trimestre.

| Información de interés  | E-SJ | R-SJ | E-IGSS | R-IGSS | E-HR | R-HR | TOTAL | %   |
|-------------------------|------|------|--------|--------|------|------|-------|-----|
| Crecimiento fetal       | 4    | 5    | 7      | 4      | 10   | 8    | 38/49 | 77% |
| Confirmar edad gest.    | 3    | 4    | 4      | 3      | 4    | 3    | 21/49 | 43% |
| Posición fetal          | 6    | 5    | 6      | 4      | 5    | 3    | 29/49 | 59% |
| Maduración placentaria  | 6    | 8    | 7      | 4      | 11   | 11   | 47/49 | 96% |
| Medir líquido amniótico | 5    | 9    | 8      | 4      | 11   | 11   | 48/49 | 98% |

**CUADRO 5** Utilización de pruebas de bienestar fetal para el estudio de pacientes con hipertensión inducida por el embarazo.

| Tipo de estudio | E-SJ | R-SJ | E-IGSS | R-IGSS | E-HR | R-HR | TOTAL | %   |
|-----------------|------|------|--------|--------|------|------|-------|-----|
| NST             | 0    | 2    | 1      | 0      | 0    | 2    | 5     | 10% |
| Doppler         | 1    | 0    | 5      | 3      | 5    | 4    | 18    | 37% |
| Movimientos     | 0    | 0    | 0      | 0      | 0    | 0    | 0     | 0%  |
| Act. Biofísica  | 0    | 0    | 0      | 0      | 1    | 0    | 1     | 2%  |
| NST+Act. Biof.  | 5    | 7    | 4      | 1      | 6    | 8    | 31    | 63% |

NST: Prueba sin estrés; Doppler: Velocimetría Doppler; Movimientos: Reporte de movimientos fetales; Act. Biofísica: Reporte de actividad biofísica; NST-Act. Biof.: Perfil Biofísico. Porcentajes sobre la base de un universo de 49 encuestados.

**CUADRO 6** Utilización de pruebas de bienestar fetal para predecir resultados perinatales.

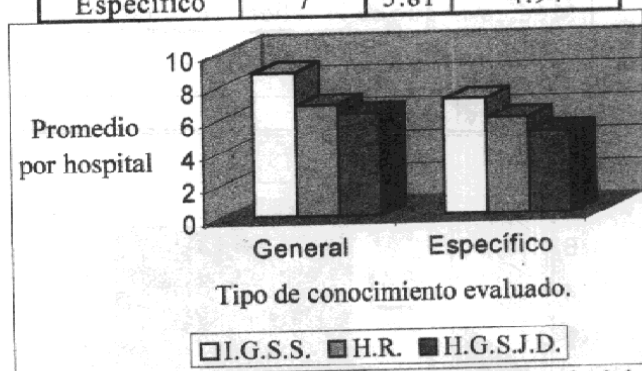
| Tipo de estudio | E-SJ | R-SJ | E-IGSS | R-IGSS | E-HR | R-HR | TOTAL | %   |
|-----------------|------|------|--------|--------|------|------|-------|-----|
| NST             | 0    | 1    | 0      | 0      | 0    | 3    | 4     | 8%  |
| Doppler         | 1    | 0    | 5      | 2      | 2    | 5    | 15    | 31% |
| Movimientos     | 0    | 0    | 0      | 0      | 1    | 0    | 1     | 2%  |
| Act. Biofísica  | 0    | 0    | 0      | 0      | 3    | 0    | 3     | 6%  |
| NST+Act. Biof.  | 5    | 8    | 5      | 3      | 7    | 5    | 33    | 67% |

**CUADRO 7** Utilización de pruebas de bienestar fetal para el estudio de hipoxia fetal.

| Tipo de estudio | E-SJ | R-SJ | E-IGSS | R-IGSS | E-HR | R-HR | TOTAL | %   |
|-----------------|------|------|--------|--------|------|------|-------|-----|
| NST             | 0    | 2    | 2      | 0      | 1    | 2    | 7     | 14% |
| Doppler         | 2    | 0    | 2      | 1      | 1    | 1    | 7     | 14% |
| Movimientos     | 0    | 1    | 0      | 0      | 1    | 0    | 2     | 4%  |
| Act. Biofísica  | 0    | 0    | 1      | 1      | 2    | 0    | 4     | 8%  |
| NST+Act. Biof.  | 4    | 6    | 3      | 2      | 6    | 8    | 29    | 59% |

**GRAFICA 1** Comparación de punteos obtenidos entre los residentes de último año de la residencia de gineco-obstetricia

| Conocimiento | I.G.S.S. | H.R. | H.G.S.J.D. |
|--------------|----------|------|------------|
| General      | 8.75     | 6.77 | 6.2        |
| Específico   | 7        | 5.81 | 4.94       |

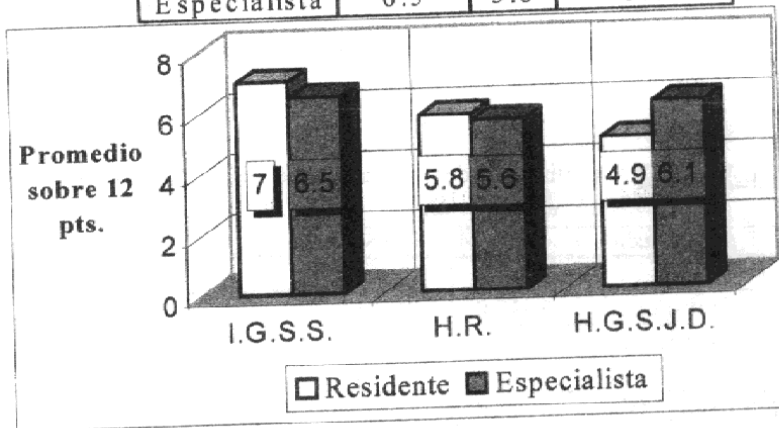


**General (sobre 15 puntos):** Conocimiento de ultrasonido ginecológico obstétrico y pruebas de bienestar fetal.

**Específico (sobre 12 puntos):** Conocimiento de ultrasonografía obstétrica y bienestar fetal.

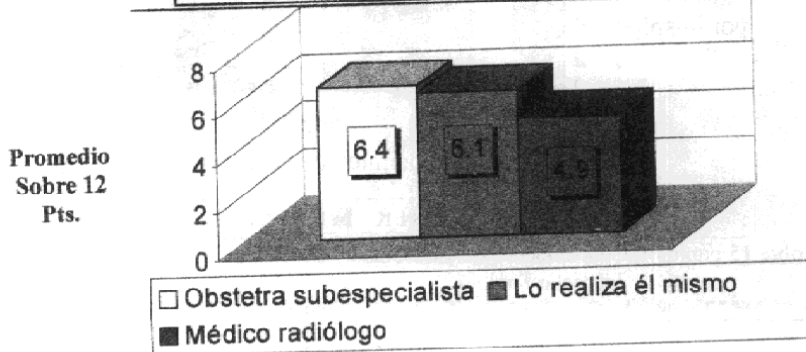
**GRAFICA 2** Comparación de notas obtenidas por los médicos residentes y gineco-obstetras de los hospitales en estudio.

| Médicos      | I.G.S.S. | H.R. | H.G.S.J.D. |
|--------------|----------|------|------------|
| Residente    | 7        | 5.8  | 4.9        |
| Especialista | 6.5      | 5.6  | 6.1        |



**GRAFICA 3** Relación entre el punteo obtenido y tipo de médico a quien se le refieren los estudios ultrasonográficos por parte de los especialistas de los tres hospitales.

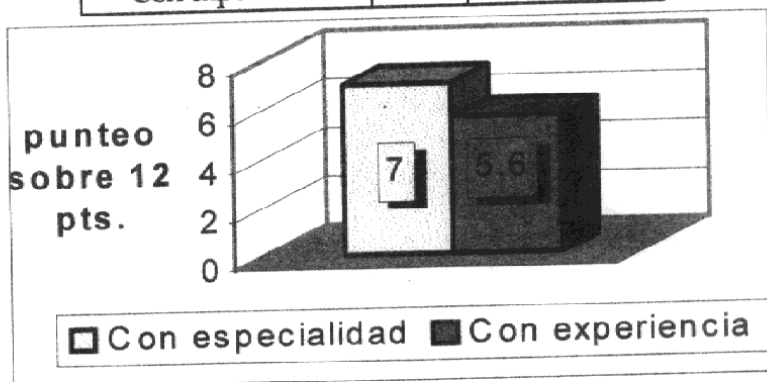
| Médico al que se le refiere | punteo promedio |
|-----------------------------|-----------------|
| Obstetra subespecialista    | 6.4             |
| Lo realiza él mismo         | 6.1             |
| Médico radiólogo            | 4.9             |





**GRAFICA 4** Comparación de punteos obtenidos por médicos que realizan sus propios ultrasonidos, según el tipo de entrenamiento que poseen.

| Tipo de entrenamiento | punteo | No.Médicos /8 |
|-----------------------|--------|---------------|
| Con especialidad      | 7      | 3             |
| Con experiencia       | 5.6    | 5             |



## VIII. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

En el cuadro 1 se establece cuántos residentes y especialistas y cómo utilizan el ultrasonido obstétrico. Se observa que el 100% (49) de los encuestados utilizan el ultrasonido como método diagnóstico en el manejo de sus pacientes obstétricas. Esto confirma que el ultrasonido es una de las ayudas diagnósticas más importantes con las que cuenta el obstetra. Su amplio uso puede deberse a que es un método no invasivo, que no representa ningún tipo de riesgo ni para la madre ni para el feto a ninguna edad gestacional, no es molesto para la paciente, es rápido y al ser realizado por una persona con el entrenamiento adecuado se obtienen resultados lo suficientemente confiables que por sí solos pueden servir de base para la toma de decisiones en forma segura. De los 49 encuestados 47 utilizan el ultrasonido para el control y el seguimiento del embarazo. Esto significa que le dan valor para confirmar la sospecha de algún tipo de problema, pero también para documentar la evolución del embarazo normal. Uno de los encuestados respondió que la usa sólo para control y uno la utiliza sólo para seguimiento. Estos dos últimos casos se consideran como poco significativos en comparación con quienes lo utilizan para ambas situaciones. Al utilizarlo sólo para control o seguimiento, se limitan las posibilidades diagnósticas del ultrasonido.

En el cuadro 2 se muestra el promedio de estudios ultrasonográficos que se realizan por paciente en cada uno de los hospitales, observándose que en los tres hospitales se mantiene la tendencia de solicitar entre 2 a 3 estudios por paciente, lo que indica que se da un uso racional a esta ayuda diagnóstica. No existe exceso ni se dejan de realizar estudios de importancia para el adecuado manejo de la paciente obstétrica.

En el cuadro 3 se detallan los diferentes motivos por los que los médicos residentes y especialistas de los diferentes hospitales en estudio utilizan el ultrasonido obstétrico de nivel I durante el primer trimestre del embarazo. El evaluar la vitalidad fetal resulta ser la razón más importante del uso del ultrasonido en esta etapa del embarazo, ya que el 100% de los encuestados muestran interés en ello. Pero la importancia de su uso para otras situaciones clínicas varía considerablemente de un hospital a otro y entre residentes y especialistas. Por ejemplo, los especialistas del Roosevelt tienen como segundo en importancia la medición de la longitud corona-rabadilla seguido de la evaluación del útero y anexos y en cuarto lugar la localización del saco gestacional. Los especialistas del IGSS coinciden en segundo lugar con la medición corona-rabadilla pero en tercer lugar consideran la localización del saco dando menos importancia a la evaluación del

útero y anexos. Mientras que los especialistas del San Juan de Dios consideran de igual importancia las cuatro razones. Los residentes de los respectivos hospitales dan diferente importancia a uno u otro parámetro. En términos generales se puede decir que los cuatro parámetros mencionados son considerados como importantes tanto para residentes como para especialistas ya que la longitud corona-rabadilla le fue de interés al 87%; la evaluación del útero y anexos al 73%; y la localización del saco gestacional al 69%.

Llama la atención el uso del ultrasonido durante el primer trimestre para evaluar el grado de maduración placentaria. En este sentido sí se guarda cierta relación entre la respuesta de los residentes y especialistas de los tres hospitales. Los especialistas de los tres hospitales le dieron a este parámetro la menor importancia en comparación a los otros parámetros y 11 de los 25 (44%) lo tomó en cuenta. En el grupo de residentes este parámetro fue el tercero más importante de los cinco y 19 de los 24 (79%) lo tomó en cuenta. En términos generales, este parámetro fue importante para 61% de los encuestados. Es importante mencionar que de todos los parámetros que se mencionan en este cuadro sólo el grado de maduración placentaria no debe ser evaluado en este trimestre, ya que en esta etapa del embarazo no tiene valor.<sup>(1,18)</sup> Esto nos demuestra que el 61% de los encuestados aunque soliciten el estudio en una etapa adecuada, no tienen una información suficiente con respecto de las limitaciones y el valor que tiene el ultrasonido. Por otro lado, no se está sacando todo el provecho que se debería del ultrasonido, ya que no se le da toda la importancia que se debiera dar a otros parámetros que si son de utilidad y que pueden ser medidos o reportados durante esta etapa del embarazo.

En el cuadro 4 se detallan los motivos por los que los médicos residentes y médicos especialistas de los diferentes hospitales en estudio utilizan el ultrasonido obstétrico de nivel 1 durante el tercer trimestre. Durante el este trimestre, la medición de líquido amniótico (48 de 49) y el grado de maduración placentaria (47 de 49) fueron los parámetros de mayor importancia en todos los grupos. El nivel de importancia dado a los otros parámetros se mantiene en una relación similar en los diferentes grupos. Siendo en tercer lugar la valoración de crecimiento fetal con 38/49 y en cuarto lugar la posición fetal con 29/49. Este último posiblemente es considerado mucho menos importante ya que este dato en la mayoría de los casos se puede conocer por medio de la clínica. Es importante hacer notar que 21 de los 49 encuestados (11/25 especialistas y 10/24 residentes) consideran importante el confirmar la edad gestacional durante el tercer trimestre. Esta es una práctica equivocada que no se debería realizar, ya que si se tiene un ultrasonido temprano en el que se informe la edad gestacional, en ultrasonidos posteriores ya no es necesario

el confirmar la edad gestacional, sino que esta se calcula contando las semanas que han pasado desde que se practicó el ultrasonido anterior. Esto se debe a que conforme el embarazo avanza, el margen de error se hace más grande con lo que existe mayor riesgo que la edad calculada no sea la real. Esta discrepancia puede poner en grave peligro la supervivencia del producto en caso haya que adelantar el parto a causa de alguna complicación prenatal.

En el cuadro 5 se determinan las preferencias de los médicos residentes y especialistas sobre que prueba de bienestar fetal consideran la ideal para el estudio de pacientes con hipertensión inducida por el embarazo. En términos generales, la prueba preferida es el perfil biofísico con un 31/49 seguido de la velocimetría Doppler con 18/49. Pero al ver las preferencias por hospital hay cambios, en el San Juan de Dios y en el Roosevelt se prefiere el perfil biofísico. Pero en el IGSS esto cambia ya que en este hospital se prefiere el uso de la velocimetría Doppler sobre el perfil biofísico. Esta diferencia puede darse por el hecho que en el San Juan de Dios y en el Roosevelt no se cuenta con estudios de Doppler, mientras que en el IGSS si se realizan estos estudios. Sin embargo esto por si sólo no justifica que se desconozca su valor como prueba de bienestar fetal.

En el cuadro 6 se determinan las preferencias de los médicos residentes y especialistas sobre que prueba de bienestar fetal consideran la ideal para predecir resultados perinatales. 33 de 49 prefieren el perfil biofísico y 15 de 49 la velocimetría Doppler. 8 de 49 prefieren alguna otra prueba. La preferencia del perfil biofísico se mantiene en los tres hospitales. A pesar que en algunos estudios se relacionan el punteo anormal del perfil biofísico con un Apgar menor de 5 puntos al nacer, esto se refiere que el estudio se realiza momentos antes del parto por lo que no es un estudio predictivo, (10,20,32) en realidad la prueba predictiva es el Doppler ya que el perfil biofísico es una prueba que sirve para valorar el estado fetal en el pasado (hipoxia crónica) y el estado fetal al momento del examen (hipoxia aguda). Posiblemente, se mantenga la preferencia sobre el perfil biofísico por ser más conocido, se puede realizar en cualquier aparato de ultrasonido, aunque eso también puede llevar a que se abuse de él, utilizándolo en forma errónea o que sea realizado por personal sin el entrenamiento adecuado con el respectivo riesgo de cometer errores diagnósticos que pueden terminar con consecuencias fatales.

En el cuadro 7 se determinan las preferencias de médicos residentes y especialistas para el estudio de hipoxia fetal. Para el estudio de este problema 29 de los 49 (59%) prefieren el perfil biofísico, 7 de 49 (14%) prefieren el NST e igual porcentaje la velocimetría Doppler. Para el estudio de este problema, el Doppler no

tiene un valor diagnóstico, por lo que no estaría indicado su uso. Sin embargo, el NST si puede detectar problemas de hipoxia fetal, y de hecho, en un inicio el concepto perfil biofísico fue basado en los resultados de esta prueba. Actualmente esta interpretación a cambiado, ya que en diferentes estudios se ha demostrado que la combinación de diferentes parámetros hace que la cantidad de falsos-negativos y falsos-positivos sea menor que al utilizar la prueba sin estrés en forma aislada. Por lo que en la actualidad se prefiere el utilizar todas las variables para poder tomar una decisión con mayor seguridad. (24,32)

En la gráfica 1 se ilustra el promedio de los punteos obtenidos por los médicos residentes de los tres hospitales. Se evaluó en dos aspectos, uno conocimiento general que incluye conocimientos sobre ultrasonografía ginecológica, obstétrica y pruebas de bienestar fetal, teniendo un punteo máximo de 15 puntos. Los punteos entre 0-3.75 se consideran como deficientes; 3.76-7.5 regular; 7.51-11.25 adecuado y de 11.26-15 excelente. El segundo aspecto es el conocimiento específico, en el que se evalúan conocimientos sobre ultrasonido obstétrico y pruebas de bienestar fetal, teniendo un punteo máximo de 12 puntos. Los punteos de 0-3 se consideran como deficientes; 3.1-6.0 regular; 6.1-9.0 adecuado y de 9.1-12 excelente.

El hospital que mejor promedio obtuvo fue el IGSS, con 8.75/15 en el general y 7/12 en el específico, en ambos casos el conocimiento es adecuado. En segundo lugar se encuentra el Hospital Roosevelt con 6.77/15 en el general y 5.81/12 en el específico, conocimiento regular. Los residentes del Hospital General San Juan de Dios obtuvieron los siguientes punteos, 6.2/15 en el general y 4.94/12 en el específico, considerándose que tienen regulares conocimientos tanto generales como específicos. Es importante mencionar que en los hospitales General San Juan de Dios y maternidad del IGSS, el ultrasonido gineco-obstétrico se encuentra a cargo del Departamento de Gineco-obstetricia y Obstetricia respectivamente y es operado por ginecobstetras. Los residentes de estos hospitales tienen la oportunidad de rotar por el servicio de ultrasonografía y aprender de forma directa el uso del ultrasonido. Por el contrario, en el hospital Roosevelt, el ultrasonido esta a cargo del Departamento de Radiología, operado por radiólogos y residentes de ese departamento. Los residentes de gineco-obstetricia no rotan por ultrasonido y sus conocimientos los deben obtener en forma indirecta.

Sería lógico suponer que la ventaja comparativa que poseen los residentes del IGSS y del San Juan de Dios sobre los residentes del Roosevelt se debiera ver reflejada en los conocimientos sobre ultrasonido. Aunque esta tendencia se hace

clara entre los residentes del IGSS y del Roosevelt (en los que se da una diferencia en el promedio de punteos de 1.98 en conocimiento general y de 1.19 en el específico), no es así con los residentes del San Juan de Dios, quienes tienen punteos ligeramente por debajo que los obtenidos por los residentes del Roosevelt (0.57 en conocimiento general y 0.87 en el específico). Esto hace pensar que aunque el entrenamiento directo ("aprender haciendo") es importante y debiera de ser la forma de entrenamiento de todos los residentes, deja de tener valor cuando no es acompañado de una formación teórica adecuada para que, de esta forma, se saque el mayor beneficio del área práctica.

En la gráfica 2 se ilustra en forma comparativa los promedios de los punteos obtenidos por los médicos residentes y especialistas de los tres hospitales en estudio. Si bien es cierto que parece que los especialistas en el IGSS y en el Roosevelt podrían tener menos conocimientos que los residentes con respecto al uso del ultrasonido, hay que reconocer que la diferencia no es significativa, tal como se aprecia en la gráfica. Pero además, existe relación entre los conocimientos de los especialistas y de los residentes en cada hospital, ya que en el hospital en donde los especialistas tienen mayor conocimiento, también lo tienen los residentes. Lo contrario a lo observado en el San Juan de Dios en donde es evidente la diferencia entre el conocimiento que sobre ultrasonido, tienen los especialistas sobre los residentes. Esto se relaciona con los datos obtenidos en la gráfica 1.

En la gráfica 3 se observa que existe relación entre el conocimiento sobre ultrasonido y el tipo de referencia que se da para la realización de estos estudios. Los especialistas con punteos más altos refieren a sus pacientes con obstetras con entrenamientos formal en ultrasonido (6.4) o lo realizan ellos mismos (6.125). Entre estos dos grupo no existe diferencia significativa. No así con los médicos que refieren sus estudios ultrasonográficos con médicos radiólogos, quienes tienen un promedio de punteo de 4.9 (1.36 menos que en los dos grupos anteriores). Esta relación puede existir debido a que los médicos que tienen mayor conocimiento sobre ultrasonido conocen mejor cuáles son las ventajas y limitaciones del mismo y por ello son más exigentes con relación a los resultados que se dan al estudio, por lo buscan una interpretación más específica y detallada.

En la gráfica 4 se establece si los médicos que realizan los estudios ultrasonográficos tienen entrenamiento formal de postgrado en ultrasonido o si sólo tienen experiencia en ella, observándose que 3 de 8 tienen entrenamiento y 5 de 8 sólo experiencia. Al relacionar esto con los punteos obtenidos entre los dos grupos se observa que existe una clara diferencia entre los que tienen entrenamiento formal

en ultrasonido con punteo de 7.0 y los que solamente tienen experiencia en ella que promediaron 5.6, una diferencia de 1.4, con lo que se demuestra que el sólo hecho de tener experiencia en ultrasonido no es sinónimo de tener conocimiento en ultrasonido. La ultrasonografía es una subespecialidad de la gineco-obstetricia y se debería de tratar como tal, dándole la importancia que se merece.

## **IX. CONCLUSIONES**

1.- El ultrasonido es de las ayudas diagnósticas, posiblemente la más importante con la que puede contar el médico obstetra. Sin embargo, no se tiene pleno conocimiento de las ventajas y limitaciones que tiene dependiendo de la edad gestacional a la que se solicita el estudio.

2.- De las pruebas ultrasonográficas de bienestar fetal, el perfil biofísico es el más solicitado, sin tomar en cuenta las ventajas o limitaciones que puede tener en comparación con otros estudios principalmente a la velocimetría Doppler.

3.- Los médicos residentes del IGSS tienen un adecuado nivel de conocimiento sobre ultrasonido obstétrico y pruebas ultrasonográficas de bienestar fetal, mientras que los médicos residentes del Roosevelt y del General San Juan de Dios tienen regulares conocimientos sobre este tema.

4.- Existe relación entre el nivel cognoscitivo del médico y el tipo de referencia que realiza. Los punteos más altos prefieren referir a médicos obstetras con especialización en ultrasonido, mientras que los punteos más bajos prefieren referir sus estudios con un radiólogo.

5.- Existe mayor número de médicos sin especialización en ultrasonido (y con menor conocimiento) que médicos con especialización (con adecuados conocimientos) realizando esta prueba diagnóstica. Esto puede llevar a que el ultrasonido pierda la eficacia, seguridad e importancia en el manejo de la paciente obstétrica en general, pero especialmente en la paciente de alto riesgo. Aunque en el estudio no se evalúa si existen errores diagnósticos o no.



## X. RECOMENDACIONES

1.- En la actualidad la palabra embarazo es casi sinónimo de ultrasonido y a quedado demostrada su amplia utilización tanto en el control como en el seguimiento del embarazo. Sin embargo los niveles cognoscitivos sobre este tema no son los esperados en ninguno de los tres hospitales y aunque los residentes del IGSS tienen un nivel un poco más elevado, no es el ideal para aquellos que en pocos meses serán especialistas. Especialmente si se toma en cuenta que el ultrasonido es un método diagnóstico tan usado y tan importante. Por todo esto se recomienda que las universidades, como cada uno de los hospitales escuela deben realizar una profunda revisión de los programas de postgrado, para elevar el nivel de conocimiento que sobre ultrasonido adquieran los residentes de cada hospital.

2.- Es necesario intentar mejorar los conocimientos que sobre pruebas ultrasonográficas de bienestar fetal tienen tanto médicos residentes como ginecobstetras especialistas. En el caso de los residentes, incentivando la lectura sobre estos temas y dándole mayor importancia a los mismos durante la evaluación en los exámenes de postgrado. En el caso de los especialistas, se podrían promover congresos sobre estos temas a manera de tener una educación médica continúa, para que así se utilicen racional y adecuadamente las pruebas de bienestar fetal, para el mejor tratamiento del embarazo.

3.- Llama la atención que hay más médicos sin especialización formal de ultrasonido que realizan estos estudios por sí mismos, que médicos con especialización formal. Sería prudente que se tuviera un mejor control por parte de las autoridades sobre quienes tienen los conocimientos adecuados para realizar ultrasonido, y quienes no, ya que aunque el estudio por sí mismo es inocuo y seguro tanto para la madre como para el feto a cualquier edad gestacional, no lo es así la interpretación que se le puede dar a las imágenes obtenidas.

## XI. RESUMEN

A través de los años, la tecnología ha evolucionado la práctica médica y la gineco-obstetricia no es la excepción. Es cada vez más común el uso del ultrasonido y de las pruebas de bienestar fetal que con él se realizan en el manejo de la paciente obstétrica. Es por ello de suma importancia que el médico especialista, y con mayor razón el médico residente de ginecología y obstetricia, tengan conocimiento sobre cuáles son las ventajas y limitaciones de esta ayuda diagnóstica.

Para conocer si existe o no adecuado nivel cognoscitivo en el uso del ultrasonido en los médicos del último año de la residencia en ginecología y obstetricia y los ginecólogos especialistas de los hospitales de maternidad del IGSS, Roosevelt y General San Juan de Dios, se elaboró una encuesta, donde se evalúan los conocimientos, preferencias y prácticas de estos médicos.

Se obtuvo como resultado, en términos generales, que es necesario dar mayor información sobre las ventajas y limitaciones del ultrasonido, pero especialmente sobre el uso de las pruebas de bienestar fetal. Al evaluar los resultados por hospitales, se observa que el IGSS es el hospital con mejor nivel cognoscitivo, tanto de residentes como de especialistas. Además, se observó que existe una relación directa entre el nivel cognoscitivo de los especialistas con el nivel de los residentes, con excepción del San Juan de Dios en donde el nivel de los residentes es menor al de los especialistas.

Otro dato de suma importancia fue el que de los médicos obstetras que realizan personalmente los ultrasonidos de sus pacientes, la mayoría no tiene un entrenamiento formal de postgrado en ultrasonido, lo cual se ve reflejado en un menor nivel cognoscitivo en comparación con aquellos médicos que sí tienen entrenamiento en ultrasonido.

Por todo lo anterior, es necesario que tanto universidades como hospitales, revisen los programas de postgrado para hacer las modificaciones que consideren necesarias, para elevar el nivel académico de los futuros especialistas en ginecología y obstetricia para que de esta forma estén siempre de la mano de la tecnología haciendo el mejor uso de ella, en una forma ética, racional y profesional.

## XII. BIBLIOGRAFIA

- 1.- American Institute of Ultrasound in Medicine. Basic (Level I) Obstetric Ultrasound Examination. Declaración de octubre 1985. Internet.
- 2.- Aymé, E.J. y E.L. Carstensen Cavitation Induced by Asymmetric, Distorted Pulses of Ultrasound; A Biological Test. *Ultrasound in Medicine and Biology*. 1989; 15(1): 61-8
- 3.- Baker, D.W. Application of Pulsed Doppler Techniques. *The Radiologic Clinics of North America*. 1980 abril 18(1): 79-87
- 4.- Barnett S.B., S.M. Barnstable y G. Kossoff. Sister Chromatid Exchange Frequency in Human Lymphocytes After Long Duration Exposure to Pulse Ultrasound. *J-Ultrasound in Med* 1987 noviembre; 6(11): 637-42
- 5.- Benson, C.B. y P.M. Doubilet. Doppler Criteria for Intrauterine Growth Retardation: Predictive Values. *J-Ultrasound in Med*. 1988 diciembre; 7(12): 671-5
- 6.- Bresadola, M., et al. Pronostic Value of Biophysical Profile Score in Post-Date Pregnancy. *Clin-Exp-Obstet-Gynecol*. 1995; 22(4): 330-8
- 7.- Chari, R.S. et al. Daily Antenatal Testing in Women with Severe Preeclampsia. *Am-J-Obstet-Gynecol*. 1995 octubre; 173(4): 1207-10
- 8.- Colegio de Médicos y Cirujanos de Guatemala. Compendio de Leyes, Estatutos y Reglamentos. 1993: 43-58.
- 9.- Delaney, D.B., K.D. Larrabee y M. Morgan. Preterm Premature Rupture of Membranes Associated with Recent Cocaine Use. *Am-J-Perinatol*. 1997 mayo; 14(5): 285-8
- 10.- Dubinsky, T., et al. Predicting Poor Outcome: A Comparative Study of Noninvasive Antenatal Testing Methods. *AJR-AM-J-Roentgenol*. 1997 Marzo; 168(3): 827-31

- 11.- Ellwart, J.W., H. Brettel y L.O. Kober. Cell Membrane Damage by Ultrasound at Different Cell Concentrations. *Ultrasound in Medicine and Biology*. 1988; 14(1): 59-64
- 12.- Evans, H. Doctors Who Perform Fetal Sonograms Often Lack Sufficient Training and Skill. *Wall Street Journal*. EE.UU. Junio 20, 1995.
- 13.- Forouzan, I. y Z.Y. Tian. Fetal Middle Cerebral Artery Blood Flow Velocities in Pregnancies Complicated by Intrauterine Growth Restriction and Extreme Abnormality in Umbilical Artery Doppler Velocity. *Am.-J-Perinatol*. 1996 abril; 13(3): 139-42
- 14.- Gill, R.W., et al. Monitoring Blood Flow in the Fetal Umbilical Vein. *Ultrasound in Medicine and Biology*. Amsterdam. Excerpta Medica. 1980. 201-5
- 15.- Goldberg, B.B., et al. Diagnostic Uses of Ultrasound. EE.UU. Grune and Stratton, Inc. 1975. pp 468
- 16.- Harris J, et al. The Biophysical Profile: A Literature Review of its Usefulness in the Evaluation of Fetal Well-Being. *J-Ultrasound in Med*. 1990 octubre; 9(10): 583-91
- 17.- Holm. H.H., et al. Abdominal Ultrasound. EE.UU. University Park Press, 1976. 13-26
- 18.- Leopold, G.R. Antepartum Obstetrical Ultrasound Examination Guidelines. *J-Ultrasound in Med*. 1986 mayo; 5(5): 241-2
- 19.- Mackay, R. S. Medical Images and Display Comparisons of Nuclear Resonance, Ultrasound, X-Rays, and Other Modalities. EE.UU. John Wiley and Sons, Inc. 1984 pp 100-37.
- 20.- Matos A., J Berardes, D Ayeres-de-Campos, B Patricio Antepartum Fetal Cerebral Hemorrhage not Predicted by Current Surveillance Methods in Cholestasis of Pregnancy. *Obstet-Gynecol*. 1997 mayo; 89(5 Pt 2): 803-4
- 21.- McLean, J.R., A.J. Mortimer A Cavitation and Free Radical Dosimeter for Ultrasound. *Ultrasound in Medicine and Biology*. 1988; 14(1): 59-64

- 22.- Merrill PA, et al. Evaluation of the Nonreactive Positive Contraction Stress Test Prior to 32 weeks: The Role of the Biophysical Profile. Am-J-Perinatol. 1995 julio; 12(4): 229-31
- 23.- Meschan, I., J.O. David. Introduction to Diagnostic Imaging. EE. UU. W.B. Saunders Company. 1984. 350-55.
- 24.- Miller DA, YA Rabello, RH Paul The Modified Biophysical Profile: Antepartum Testing in the 1990s. Am-J-Obstet-Gynecol. 1996 marzo;174(3):812-7
- 25.- Miller. M.W., et al. Sister Chromatid Exchanges in Chinese Hamster Ovary Cells Exposed to High Intensity Pulsed Ultrasound: Inability to Confirm Previous Positive Results. Ultrasound in Medicine and Biology. 1989; 15(3): 255-62
- 26.- National Institute of Health. Diagnostic Ultrasound Imaging in Pregnancy. NIH Consens Statement On Line. febrero 6-8, 1984; Statement 5 (1): 1-16.
- 27.- Nelson, T.R. y D.H. Pretorius. Device for the Calibration of Flow-Velocity-Measuring Doppler Ultrasound Equipment. J-Ultrasound in Med. 1990 octubre; 9(10): 575-81
- 28.- Organización Mundial de la Salud. Manual de Diagnóstico Ultrasonico. España. Alsograf. 1996. pp. 334
- 29.- Pourcelot, L. Physics and Engeneering in Clinical Ultrasound. Abstract, 4th World Congress on Ultraound in Medicene. Japón. Scimed Publications Inc. 1979. 1
- 30.- Pritchard J.A., P.C. MacDonald y N.F. Gant Williams Obstetricia. México. Salvat Editores S. A. 1987. pp 900
- 31.- Real Academia Española. Diccionario de la Lengua Española. España. Espasa-Calpe S.A. 1992. 1350
- 32.- Rumack, C. M., S.R. Wilson y J.W.Charboneau. Diagnostic Ultrasound. EE.UU. Mosby-Year Book, Inc. 1991. pp 1242, Vol. I y II
- 33.- Sanders, R. C., J.A. Everette. The Principles and Practice of Ultrasonography in Obstetrics and Gynecology. EE.UU. Appleton-Century-Crofts. 1980. pp. 466

- 34.- Saringolu C, J. Dell, B.M. Mercer y B.M. Sibai. Fetal Startle Response Observed Under Ultrasonography: a Good Predictor of a Reassuring Biophysical Profile. *Obstet-Gynecol.* 1996 octubre; 88(4 Pt 1): 599-602
- 35.- Sherer, D.M. y H.A. Winkler Transient Alteration in Fetal Biophysical Profile Immediately Following Fetomaternal Hemorrhage Sustained During Motor Vehicle Accident. *Am-J-Perinatol* 1997 abril; 14(4): 187-9
- 36.- Taboury, J. Guía Práctica de Ecografía Abdominal. Toray-Masson S.A. España, 1982. 152.
- 37.- Veyres, P., et al. Sister Chromatid Exchange Analysis of Human Cells Exposed to Diagnostic Levels of Ultrasound. *J-Ultrasound in Med.* 1991 diciembre; 10(12): 665-70
- 38.- Veyres, P. et al. Influence of the Measurement Location on the Resistance Index in the Umbilical Arteries: A Hemodynamic Approach. *J-Ultrasound in Med.* 1988; 7(12): 655-9
- 39.- Yucel, N., O. Yucel y H. Yekeler The Relationship Between Umbilical Artery Doppler Findings, Fetal Biophysical Score and Placental Inflammation in Cases of Premature Rupture of Membranes. *Acta-Obstet-Gynecol-Scand.* 1997 julio; 76(6): 532-5
- 40.- Zea-Flores, C.E. El Ultrasonido en el Diagnóstico Obstétrico. *Revista del Colegio de Médicos y Cirujanos de Guatemala.* 1991 sept; 1(1): 48-9
- 41.- Zea-Flores, C.E. ¿Puede la Ultrasonografía Contribuir a la Toma de Decisión para Efectuar o No Operación Cesárea? *Rev. F.C.A.S.O.G.* 1992 diciembre; 2(7):13-16
- 42.- Ziskin MC. The Prudent Use of Diagnostic Ultrasound. *J-Ultrasound in Med.* 1987 agosto; 6(8): 415-6
- 43.- Ziskin MC, DB Petitti Epidemiology of Human Exposure to Ultrasound: A Critical Review. *Ultrasound in Medicine and Biology.* 1988; 14(2): 91-6