

11249



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

INSTITUTO NACIONAL DE PERINATOLOGIA
SUBDIRECCION DE NEONATOLOGIA

"ANALISIS ESPECTROFONOGRAFICO DEL LLANTO
EN RECIEN NACIDOS DE TERMINO CON RIESGO
NEUROLOGICO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE ESPECIALISTA EN:

N E O N A T O L O G I A

P R E S E N T A :

DRA. NELLY JARA HERNANDEZ

PROFESOR TITULAR:

DR. LUIS ALBERTO FERNANDEZ CARROCERA

TUTOR:

DR. CARLOS FABIAN MARTINEZ CRUZ



MEXICO, D.F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**“ANÁLISIS ESPECTROFONOGRÁFICO DEL LLANTO EN
RECIÉN NACIDOS DE TÉRMINO CON RIESGO NEUROLÓGICO”**

Se autoriza el presente trabajo de tesis:

INSTITUTO NACIONAL DE PERINATOLOGIA



DIRECCION DE ENSEÑANZA

DR. RUBEN BOLAÑOS ANCONA
DIRECTOR DE ENSEÑANZA

DR. LUIS A. FERNÁNDEZ CARROCERA
PROFESOR TITULAR DEL CURSO



SUBDIRECCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE MEDICINA
U.N.A.M.

DR. CARLOS FABIAN MARTÍNEZ CRUZ.
ASESOR DE TESIS

INDICE.

RESUMEN

CAPÍTULO I. MARCO CONCEPTUAL.

| | |
|-------------------------------------|----|
| 1.1 Introducción..... | 1 |
| 1.2 Planteamiento del problema..... | 15 |
| 1.3 Justificación..... | 16 |
| 1.4 Hipótesis. | 17 |
| 1.5 Objetivos..... | 18 |

CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS

| | |
|-------------------------------------|----|
| 2.1 Diseño..... | 19 |
| 2.2 Universo..... | 19 |
| 2.3 Criterios de inclusión. | 20 |
| 2.4 Criterios de exclusión..... | 20 |
| 2.5 Criterios de eliminación..... | 21 |
| 2.6 Metodología..... | 21 |
| 2.7 Variables de estudio. | 24 |
| 2.7.1. Definición de variables..... | 25 |
| 2.8 Análisis estadístico | 31 |
| 2.9 Aspectos éticos..... | 31 |

CAPITULO III.: RESULTADOS.....

CAPITULO IV: DISCUSIÓN.....

CAPITULO V: CONCLUSIONES.....

Referencias bibliográficas

Anexos.

Tablas.....

RESUMEN.

OBJETIVO: Determinar algunas características acústicas cuantitativas del llanto en recién nacidos de término sanos y compararlos con recién nacidos con asfixia perinatal severa y con hiperbilirrubinemia.

MATERIAL Y MÉTODOS: Se evaluaron 179 recién nacidos de término pertenecientes al Instituto Nacional de Perinatología; los cuáles se dividieron en tres grupos. El Grupo A incluyó 105 recién nacidos de término sanos. El grupo B (n=67) formado por recién nacidos con hiperbilirrubinemia que ameritaran fototerapia y el Grupo C (n=7) a recién nacidos con Asfixia perinatal. A quienes se les audio-grabó sesiones de llanto utilizando como estímulo evocado un golpe con el dedo índice del investigador sobre la planta del pie del neonato. Se utilizó una grabadora portátil marca Sony modelo TP-460 con un micrófono del condensador y cassettes de alta fidelidad Tipo II, a una distancia de 20 cm. Posteriormente la señal acústica de llanto se digitalizó a 16 KHz (kiloHertz) con 16 bits de resolución en formato mono-aural utilizando una computadora Sony Vaio PCG-F676. Para cada unidad de llanto se utilizó la transformación rápida de Fourier para computar la magnitud del espectro para cada segmento. Se utilizó el Software Praat versión 4.0.27 (www.praat.org), este programa para computadora trabaja sobre una base de Windows versión Milenium y se ha desarrollado para representar en forma gráfica el análisis foniatrico de la voz, el habla y el llanto. Los episodios de llanto fueron analizados en sus fases inspiratorias, espiratorias y segmentos no fonatorios. Se estimó la frecuencia fundamental del llanto en Hertz (Hz). Las diversas fases se midieron en milisegundos (ms). Un periodo de llanto analizable se definió con al menos 500 ms. en duración y separado por otro segmento de llanto al menos de 100 ms. una vez editada la sesión de llanto se analizó espectro-fono-gráficamente, la duración y las frecuencias. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó porcentajes, medianas, media y desviaciones estándar. Para comparar las variables cualitativas se utilizó la prueba de Chi 2. Para variables cuantitativas se utilizó T-Students con un nivel de confianza del 95% y ANOVA de una vía.

RESULTADOS: La media de edad gestacional fue de 39±1.1 semanas y peso promedio de 3133.6±376.7 g, el análisis comparativo de los grupos no se mostró diferencias significativas con respecto al género de los recién nacidos (χ^2 p<0.059), edad gestacional (p<0.54), vía de nacimiento (χ^2 p<0.097) y características somáticas. La frecuencia fundamental máxima en los recién nacidos sanos fue de 462.1±83. El análisis de varianza para los tres grupos, se observó diferencia significativa en la frecuencia fundamental media (p<0.00), en la frecuencia fundamental máxima (p<0.00) e intensidad máxima (p<0.01). No se demostró diferencias estadísticamente significativas en las frecuencias formato. Los pacientes del Grupo B se distribuyeron en dos grupos de acuerdo con la determinación de bilirrubinas: Grupo 1 (n=54) de 10-20 mg/dl y Grupo 2 (n=14) de 20 a 25.7 mg/dl. Al comparar el grupo 1 con recién nacidos sanos, se observó diferencias en las frecuencias fundamentales media (p<0.001), mínima (p<0.048) y máxima (p<0.000), intensidad máxima (p<0.014) y en las frecuencias formato 2 (p<0.022) y 4 (p<0.028). Se observó diferencias significativas en la frecuencia fundamental máxima (p<0.016) y en la intensidad máxima (p<0.059) del Grupo 2 al compararlos con recién nacidos sanos. En el grupo C se comparó las características acústicas del llanto con los recién nacidos sanos demostrando diferencias significativas en la frecuencia fundamental máxima (p<0.000).

CONCLUSIONES: En base a estos resultados es difícil establecer si es un indicador temprano de alteraciones neurológicas por lo que es necesario realizar seguimiento de los pacientes estudiados y correlacionarlos con el estado actual de los pacientes para asignarle un valor pronóstico a esta técnica de análisis del llanto. Los resultados serán de utilidad para establecer comparaciones con otras patologías e identificar las modificaciones en la emisión del llanto en la etapa prelingüística. Es necesaria más información acerca de los instrumentos de medición empleados, así como estandarizar el método óptimo de análisis del llanto.

PALABRAS CLAVE: Llanto, recién nacido, espectro-fono-grama.

CAPÍTULO I: MARCO TÉORICO Y CONCEPTUAL.

1.1. INTRODUCCIÓN.

El llanto ha sido de interés para los investigadores por una diversidad de razones. Después del nacimiento se ha utilizado como parte de la valoración de Apgar para establecer las condiciones del recién nacido, se ha utilizado como indicador de dolor y parámetro para determinar la analgesia.¹ Se ha estudiado en la detección de diferencias entre gemelos y como forma de comunicación entre madre e hijo.

Actualmente numerosos estudios han centrado su atención en establecer el comportamiento vocal temprano y en ofrecer una herramienta no invasiva para valorar la maduración neuromuscular vocal, la cuál proporciona directamente la capacidad necesaria para regular el desarrollo del habla y del lenguaje.^{2, 3,4}

Propiedades fisiológicas del llanto.

El llanto es el reflejo de una variedad de funciones neurofisiológicas complejas que ocurre durante la fase espiratoria de la respiración e involucra la producción de sonidos desde las cuerdas vocales y los siguientes movimientos supraglóticos: 1) Se contraen los músculos constrictores de la faringe y el elevador del velo del paladar; el istmo palatofaríngeo permanece cerrado durante las espiraciones sonoras más enérgicas. 2) La boca se abre por descenso de la mandíbula. El cuerpo de la lengua se eleva en relación con la mandíbula y aparece un surco en la línea media lingual. La punta de la lengua se eleva y sobresale de la cavidad bucal abierta. 3) Hay contracción generalizada de la musculatura facial, que comprende el orbicular de los labios y el radial de la expresión facial, el orbicular de los párpados y el frontal y 4) La cabeza se extiende a nivel del cuello.

Estos comportamientos generales están sincronizados con las coordinaciones recíprocas de la espiración e inspiración forzadas. Durante las inspiraciones parte de la lengua se aplanan y se eleva hacia el paladar, cumpliéndose las inspiraciones por la nariz. ⁵

Las características acústicas del llanto dependen de la intensidad del aire expulsado, la tensión, longitud, grosor y forma de las cuerdas vocales así como la forma, longitud y tensión de la caja de resonancia (la cavidad por arriba y por debajo de la laringe actúa como caja de resonancia). La relajación de la musculatura en la cámara de resonancia apaga las altas frecuencias, mientras que la tensión de los músculos actúa en la forma opuesta. Estos músculos se encuentran bajo control neural. ⁶

Diversos estudios indican que las áreas responsables de la vocalización están organizadas en tres niveles. El primer nivel consiste en los núcleos de los nervios craneales y las motoneuronas responsables. Los músculos de la laringe, faringe y cuello son controlados durante todo el llanto por los nervios craneales, IX, X, XI, y XII y por los nervios frénico y torácico. El segundo nivel consiste en la región periacueductal y el tegmentum adyacente y el tercer nivel está compuesto por estructuras subcorticales tales como la amígdala y el hipotálamo. Cambios en la estructura y función de estas áreas o de las conexiones interneuronales de estas regiones con otras, así como cambios o defectos del sistema fonatorio periférico pueden afectar la calidad del llanto. ^{5, 6} Por ejemplo, si el núcleo del vago (X par craneal) es dañado, se altera el estímulo neural al músculo tiroaritenoides, incluyendo los músculos vocálicos de la laringe, cricotiroides y el cricoaritenoides. Estos músculos determinan la tensión de las cuerdas vocales y afectan la frecuencia fundamental. ⁵

Luego entonces parece razonable la hipótesis de que el análisis acústico del llanto pueda utilizarse en la monitorización de recién nacidos sanos y enfermos para obtener un diagnóstico y pronóstico temprano de alteraciones neurológicas.

Técnicas de análisis del llanto.

El llanto ha sido motivo de estudio desde que Gardiner en 1838, estudió el llanto infantil y su altura tonal por medio de notas musicales, posteriormente en 1855 Darwin; realizó estudios sobre la anatomía local y la fisiología del desarrollo del habla. Los primeros estudios se basaron en el análisis puramente auditivo y en las impresiones subjetivas de como se escuchaba el llanto. El desarrollo del fonógrafo por Edison y posteriormente del gramófono y las cintas de grabación en 1920 ampliaron las posibilidades de estudio. El paso más importante ha sido el desarrollo de los espectrogramas de sonido (representación espectro temporal del sonido) por Potter en 1940 que permitió continuar las investigaciones fonéticas. Lynip, en 1955; fue pionero en el análisis de la vocalización de los lactantes. Desde entonces los espectrogramas de sonido han sido un instrumento básico en el análisis acústico del llanto.⁸

En 1960 los estudios del llanto basados en el análisis espectro-fono-gráfico identificaron desde las características acústicas normales del llanto hasta diferentes características que se han correlacionado con diversas anomalías médicas demostrando la utilidad del llanto infantil para establecer el estado neurofisiológico del niño.^{8,9} Algunos de ellos incluyen Síndrome de *Cri Du Chat*, Síndrome de Down, Hiperbilirrubinemia, Encefalitis, Meningitis, Asfixia y varias formas de daño cerebral. También se han asociado con factores de riesgo que

ocurren durante la gestación como desnutrición y uso de narcóticos (cocaína y marihuana).^{9,10}

Actualmente las investigaciones acerca del llanto es posible gracias a que existen equipos de sonido en laboratorios de bioacústica que permiten el análisis de la señal acústica de forma precisa uno de ellos es el software Praat (*A system for doing phonetics by computer*). En el análisis acústico la señal del llanto es analizada para extraer las características más importantes en función del tiempo. Algunas de las técnicas usadas en el procesamiento de las señales acústicas son: el coeficiente de predicción lineal (LPC), coeficientes espectrales de frecuencia Mel, análisis espectral y redes neuronales (mapas autoorganizado de Kohonen).^{10, 11,12}

Características acústicas del llanto.

Se han estudiado cerca de 20 características del llanto en neonatos sanos y enfermos. Las mediciones acústicas se dividen en tres categorías:

❖ *Propiedades de duración:*

Se relaciona con la *influencia de la respiración* en la producción del llanto e incluyen:

1) *Duración o tiempo espiratorio de cada unidad de llanto*; varía de acuerdo con la técnica de análisis utilizada desde 1.0 a 6.5 segundos,⁶ promedio de 1 a 1.5 segundos.¹⁵

2) *Periodo de latencia*; tiempo entre el estímulo (dolor) y el inicio del llanto, se ha reportado en neonatos sanos de 1.6 ± 0.76 segundos.⁶

3) *Pausa*; intervalo de tiempo entre el final de la primera fonación y el inicio de la segunda con una duración de 1.0 segundos.⁶

❖ *Frecuencia fundamental:*

Resulta del número de aperturas glóticas por segundo o frecuencia de las vibraciones vocales y es lo que escuchamos como tono de voz. Cuando decimos que un llanto tiene registro alto, nos referimos a la percepción del fenómeno físico de que las cuerdas vocales están oscilando a alta frecuencia.

La frecuencia fundamental esta determinada por la presión subglótica, pero principalmente por la tensión de las cuerdas vocales y depende de los músculos intrínsecos de la laringe, faringe, cuello y tórax.^{3, 6, 7, 15, 10} La medición de esta categoría incluyen la media, máxima y mínima de la frecuencia fundamental y el porcentaje de cambios de la frecuencia fundamental computadas en segmentos de 25 milisegundos, así como la intensidad máxima. Varios estudios en recién nacidos sanos han reportado que la frecuencia fundamental normal varía de 300 a 600 Hetz o ciclos por segundo.^{6, 14, 15}

❖ *Frecuencias formato:*

Están determinadas por el contorno o curva de la melodía y el área de corte transversal de la vía aérea supraglótica, está mediada por mecanismos de control neural en el tallo cerebral. Los formatos son las frecuencias de resonancia que ocurren como resultado de la filtración del tracto vocal y reflejan la inervación motora de la vía aérea supraglótica. Las medidas de esta categoría

incluyen el promedio y el porcentaje de cambios en los formatos durante los segmentos analizados.^{16, 17}

Robb y Cacace,¹⁶ en 1995 reportaron las frecuencias formatos normales del llanto de 20 recién nacidos de término sanos, mediante tres técnicas de análisis; espectro-fono-grama de sonido (SS), análisis de predicción lineal (LPC) y poder espectral (PS), en tres periodos de tiempo; al inicio del llanto, a la mitad y al final del llanto. Para cada llanto se determinó F_1 , F_2 y F_3 . Los valores de F_1 con las tres técnicas de análisis fueron similares, sin embargo los obtenidos para F_2 y F_3 tienden a ser más altos con la técnica de análisis espectral y considerablemente más bajos con LPC. Concluyendo que los resultados obtenidos plantean serias preguntas acerca del uso seguro y apropiado de las frecuencias formato como parámetro de la resonancia del tracto vocal y que los resultados e interpretaciones de F_1 en recién nacidos con riesgo neurológico son diversos e inconstantes. Los resultados obtenidos con el espectro-fono-grama se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Promedio de las frecuencias formato en recién nacidos sanos mediante Espectro-fono-grama de sonido.

| Técnica | Inicio | | Mitad | | Final | |
|----------|--------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | M | SD | M | SD | M | SD |
| F 1 (Hz) | 1121 | 335 | 1167 | 373 | 1161 | 411 |
| F 2 (Hz) | 2497 | 676 | 2536 | 713 | 2553 | 792 |
| F 3 (Hz) | 3865 | 761 | 3967 | 856 | 3954 | 799 |

Hz: Hertz M: Media, SD: Desviación estándar.

❖ *Otras características:*

Estas incluyen en *tipo de melodía*; ^{2, 15, 16}definida como los cambios de más del 10% en el nivel del tono durante un 10% o más de la duración total del llanto, los cuáles pueden ser en descenso, ascenso-descenso, ascenso, descenso-ascenso o lisas.

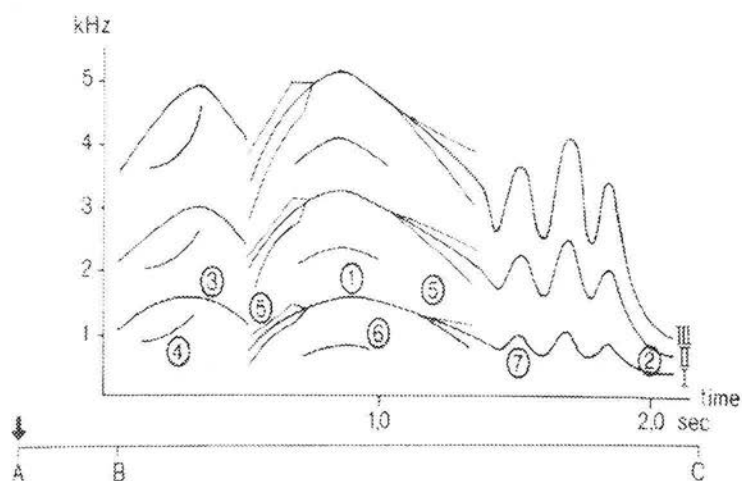
La *vibración* se define como cambios en la onda del tono.

Ruptura de la doble armonía y bi-fonación, aparecen en el espectrograma como líneas de sonido adicionales y se consideran significativos si duran más de 0.2 segundos. La ruptura de la doble armonía es una serie de armonías simultáneas que siguen en intensidad y armonía a la frecuencia fundamental. En la bi-fonación hay dos sonidos de diferente origen y no sigue a la frecuencia fundamental.

La *furcación*; es una ruptura peculiar de la fonación en el cuál la frecuencia fundamental súbitamente se divide en una serie de armonías, siendo significativo con una duración igual o mayor de 0.1 segundos.

El *deslizamiento*; es un cambio en el tono de 600 Hz o más por más de 0.1 segundos. La figura I esquematiza estos cambios y la figura II muestra un espectro-fono-grama normal de un recién nacido sano.

Figura I. Representación esquemática del espectro-fono-grama y los tipos de melodía.



A-B: Latencia. **B-C:** Duración del llanto. **I:** Frecuencia Fundamental. **II y III:** Sobre tonos. **1)** Frecuencia Fundamental Máxima. **2)** Frecuencia Fundamental Mínima. **3)** Cambio de la frecuencia fundamental. **4)** Bi-fonación. **5)** Furcación, **6)** Ruptura de la doble armonía. **7)** Vibración.

Figura II. Espectro-fono-grama de un recién nacido de término sano.

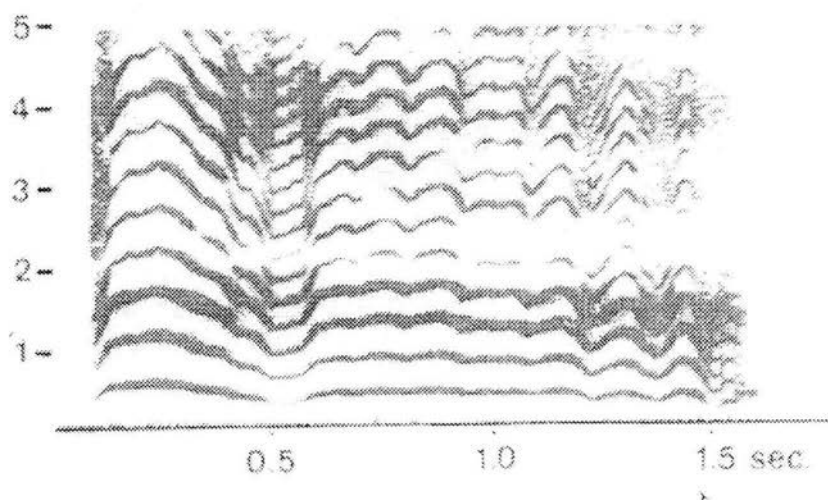


Fig. 2. Cry of a healthy full-term newborn infant.

Las características normales y de los diferentes tipos de llanto se han establecido en base a las características de la frecuencia fundamental, el máximo, mínimo y el promedio de la misma; la duración del llanto, el período de latencia y el contorno de la melodía, cambios súbitos en la frecuencia fundamental y variabilidad de la frecuencia fundamental.

Tipos de llanto:

Se han distinguido mediante estudios espectro-fono-gráficos 20 tipos de fonaciones patológicas, las más características son: *Ronco* (causado por inflamación o tumor de las cuerdas vocales), caracterizado por el desgaste de la armonía y la aparición de elementos nasales. *Hueco* (indicativo de estenosis traqueal), *Chillón* (sugestivo de daño al Sistema Nervioso Central, por ejemplo; ictericia nuclear, asfixia, hemorragia cerebral), manifestada por una frecuencia fundamental por arriba de 1 kHz. De *Balido* (patognomónico de Síndrome de Down), llanto de gran duración con una frecuencia fundamental de 60-70 Hz. *Apagado o Borroso* (resultado de enfermedades miogénas), en dónde la intensidad de los rangos de frecuencia fundamental son grandes. De *Maullido* (Síndrome de Cry-Du-Chat) se caracteriza por tonos altos, con estructuras armónicas escasas y formas melódicas planas.¹⁵

Características acústicas normales del llanto.

El llanto en un recién nacido sano, es regular, poco nasal, con frecuencia fundamental de 400 a 600 cps (ciclos por segundo o Hetz); en el 3% puede ser de 700 cps, los contornos melódicos son menores, los cambios y deslizamientos son raros y la duración es de 1 a 1.5 segundos. Recientemente, Michelsson et al; analizó el llanto mediante espectro-fono-grama de sonido a 172 neonatos sanos, de 1 a 7 días de vida, calculando el promedio de 8 a 15 grabaciones por cada niño; concluyendo que la media de la frecuencia fundamental fue de 496 ± 95 Hz y la media de duración del llanto de 1.4 ± 0.6 segundos. El tipo de melodía más frecuente es de ascenso-descenso. No encontró diferencias entre sexos, días de vida y edad gestacional al nacimiento.¹⁸

Wermke, Lind y Rothganger, ^{4, 8, 19} han reportado cambios importantes en la emisión del llanto en el primer año de vida caracterizados por un incremento en la complejidad, la transición de un patrón de ascenso-descenso simple a un patrón de secuencia compuesta; ocurre un proceso de acoplado de la melodía y desarrollan la habilidad de producir una frecuencia fundamental mas alta y más estable. Estos cambios descritos como madurativos proporcionan la capacidad necesaria para el desarrollo del lenguaje. ^{8,4}

Características del llanto en recién nacidos de riesgo.

Llanto en recién nacidos con asfixia perinatal.

Los primeros estudios espectro-fono-gráficos fueron realizados por Lind ⁶ et al, en 1965 quién publicó diversas características acústicas del llanto observadas en pacientes con asfixia; posteriormente Michelsson; incluyó una serie de 45 neonatos de término (38-42 semanas) con peso adecuado (2430-5000 grs), con datos clínicos de asfixia intrauterina y síntomas de daño neurológico (convulsiones, ataques de cianosis, hemorragia cerebral e irritabilidad aumentada), 11 de los cuáles desarrollaron secuelas neurológicas marcadas (epilepsia, retraso mental severo e hidrocefalia), y los comparó con 75 recién nacidos sanos. Observó que la duración del llanto es más corta en los recién nacidos con asfixia en relación a los sanos (1.8 seg. vs 2.8 seg). La frecuencia fundamental máxima y mínima incrementó a más de 1000 Hz. (550 a 1 750 Hz).

La forma de la melodía mostró incremento en el ascenso, descenso-ascenso y melodías de formas lisas o planas; aparece bifonación y vibración.¹⁹ En estudios posteriores se observó que en pacientes asfixiados con llanto anormal en el periodo neonatal tenían anomalías neurológicas mucho más pronunciadas que el resto de los pacientes,⁶ sugiriendo que el análisis del llanto no solo tiene validez como prueba diagnóstica sino también pronóstica de daño neurológico.^{6, 14, 20, 21, 22} Estos mismos cambios se observan en pacientes con hemorragia cerebral, encefalitis y meningitis.

Llanto en recién nacidos con hiperbilirrubinemia.

En la gran mayoría de los lactantes, la ictericia es un proceso inocuo que no deja secuelas duraderas, pero en algunos los efectos neurotóxicos de la bilirrubina pueden ocasionar desde somnolencia/letargia y anorexia, hasta muerte neonatal o supervivencia con secuelas permanentes en forma de coreoatetosis y retraso mental, frecuentemente llamado Kernicterus por la coloración amarilla que adquieren los ganglios basales, núcleos de varios nervios craneales, núcleos cerebelosos y células del asta anterior de la médula espinal.²³

El análisis acústico del llanto se ha utilizado en la identificación temprana de Kernicterus para evitar su evolución a parálisis cerebral espástica o coreoatetosis. Los primeros estudios se realizaron en recién nacidos con enfermedad hemolítica severa ya que la incidencia de Kernicterus en este grupo de pacientes es mayor y hasta un 50 a 70% fallecían en las primeras semanas de vida.²³

Koivisto y Wasz-Hockert,⁶ analizaron el llanto de 45 pacientes con hiperbilirrubinemia, 15 con Enfermedad Hemolítica al Rh, 15 con incompatibilidad

ABO y 15 con hiperbilirrubinemia multifactorial; con niveles de bilirrubina máximos de 29.3 mg/dl. En 21 pacientes se encontraron síntomas o signos neurológicos y uno tenía manifestaciones evidentes de Kernicterus. Se encontró que la latencia del llanto (1.5 vs 2.0 segundos) y la duración del llanto (1.5 vs 2.7 segundos) fue menor que en los controles sanos. La frecuencia fundamental incremento, con un máximo de 2120 Hz y un mínimo de 960 Hz en recién nacidos con hiperbilirrubinemia, comparado con 670 Hz como máximo y 390 Hz como mínimo en controles sanos. La furcación ocurrió en 18 niños y la bifonación en 22. Muchas de las características del llanto fueron más anormales en recién nacidos con enfermedad hemolítica que en recién nacidos con incompatibilidad ABO.²⁴

Corwin y Golub, analizaron el llanto de 90 recién nacidos de término con hiperbilirrubinemia, entre los tres y siete días de vida, comparados con 829 sanos, con niveles de bilirrubina máximos de 10-20 mg/dl. Aunque el promedio de la frecuencia fundamental fue similar para ambos grupos (432±92 vs 430±82), demostraron un incremento significativo en la variabilidad de la frecuencia fundamental (*diferencia entre la frecuencia fundamental mínima y máxima*) en recién nacidos ictericos, (F0var= 429±224) cuando se comparo con recién nacidos sanos (F0var=354±210, p<.001). Ellos sugieren que estas anormalidades son una manifestación temprana de los efectos de la bilirrubina en el sistema nervioso central.^{24, 25}

Koivisto, comparó a 31 recién nacidos de término con enfermedad hemolítica a Rh y 100 recién nacidos de término sanos, con grabaciones diarias durante la primera semana de vida. Dividió a los recién nacidos con enfermedad hemolítica en tres grupos de acuerdo a los hallazgos neurológicos encontrados considerando tono muscular, postura, reflejos y actividad muscular; en 1) presencia de alteraciones evidentes al examen neurológico, 2) con manifestaciones transitorias y 3) sin manifestaciones. Se les realizó EEG para analizar el estado neurofisiológico. Los resultados mostraron que la frecuencia

fundamental máxima incremento en recién nacidos con enfermedad hemolítica, la furcación y la combinación de bifonación y/o furcación aparecieron más tempranamente en niños con enfermedad hemolítica en relación con la aparición de síntomas neurológicos, sugiriendo que la furcación es un signo temprano del desarrollo de Kernicterus. En los recién nacidos con EEG anormal en el periodo neonatal se observó que tenían una frecuencia fundamental mayor que los neonatos con EEG normal pero con furcación, y la combinación de bifonación y/o furcación no se correlacionó con resultados EEG anormales en el periodo neonatal. Un llanto anormal después de un periodo de hiperbilirrubinemia se asocia con alteraciones neurológicas anormales durante el primer año de vida. Los niveles de bilirrubina no influyen en la naturaleza del llanto y no se encontraron modificaciones en la emisión del llanto hasta 6 horas después de haber realizado la exanguinotransfusión.⁶

Vohr y Lester,⁷ relacionaron los cambios en la respuesta evocada del tallo cerebral con cambios en la producción del llanto, en 50 pacientes divididos en dos grupos; Grupo 1 (n=25) con niveles de bilirrubina bajas (< 8 mg/dl) y Grupo 2 (n=25) con niveles de bilirrubina moderada (10 a 20 mg/dl), observando que el grupo de bilirrubinas moderadas tenía un incremento en el porcentaje de fonación ($r=0.42$, $p< 0.004$) y en la variabilidad del primer formato ($r=0.39$, $p<0.02$) en comparación con un grupo de pacientes con niveles de bilirrubina bajas. En el porcentaje de fonación, el componente de la voz producido por el incremento del control neural, se correlaciona con las latencias de onda interperico I a III ($r=0.32$, $p<0.03$) y el tiempo de conducción del tallo cerebral (ondas I a V) ($r=0.35$, $p<0.01$). Considerándose que la hiperbilirrubinemia produce interferencia de la conducción neural que prolonga el tiempo de conducción con una pérdida de inhibición de las vías contiguas, produciendo incremento en la fonación (tensión de las cuerdas vocales) e incremento en la variabilidad del primer formato.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

¿Cuáles son las características acústicas del llanto normal de un recién nacido sanos en comparación con recién nacidos con Hiperbilirrubinemia y Asfixia Perinatal nacidos en el Instituto Nacional de Perinatología del 1º. De septiembre al 31 de Agosto del 2004?

1.3 JUSTIFICACIÓN.

Las complicaciones a largo plazo en recién nacidos que experimentan una lesión perinatal están suficientemente descritas. La detección y tratamiento temprano de los neonatos en riesgo de déficit neuroconductuales es problemático, pudiendo no hacerse evidente hasta edades posteriores. Se ha demostrado que el análisis espectrofonográfico de las características acústicas del llanto se correlacionan con la integridad del Sistema Nervioso Central, catalogándose como método no invasivo que permite detectar alteraciones del desarrollo en recién nacidos de riesgo.

Por lo anterior se realizó un estudio prospectivo del análisis acústico del llanto mediante espectro-fono-grama de sonido en recién nacidos sanos, con Asfixia Perinatal e Hiperbilirrubinemia que sugieran la existencia de alteraciones neurológicas.

1.4 HIPÓTESIS.

Ho. Existen diferencias cuantitativas en la emisión del llanto en recién nacidos con hiperbilirrubinemia y asfixia, específicamente en la frecuencia fundamental e intensidad del llanto emitido en comparación con recién nacidos sanos.

Hi: No existen diferencias cuantitativas en la emisión del llanto en recién nacidos con hiperbilirrubinemia y asfixia, específicamente en la frecuencia fundamental e intensidad del llanto emitido en comparación con recién nacidos sanos

1.5 OBJETIVOS.

Objetivo general.

Determinar las características acústicas cuantitativas del llanto en recién nacidos de término sanos, con asfixia perinatal y recién nacidos de término con hiperbilirrubinemia.

Objetivo particular.

- Comparar las características acústicas cuantitativas del llanto en recién nacidos de término con asfixia perinatal e hiperbilirrubinemia con recién nacidos de término sanos.

CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS.

2.1 DISEÑO.

- Descriptivo.
- Analítico.
- Transversal.
- Prospectivo.

2.2 UNIVERSO.

El universo estuvo conformado por recién nacidos de término eutrófico, nacido en el Instituto Nacional de Perinatología, del 1º de Septiembre del 2003 al 31 de Agosto del 2004 que cumplieran con los criterios de inclusión, distribuidos en tres grupos:

Grupo A: Recién Nacidos de Término Sanos.

Grupo B: Recién Nacidos con Hiperbilirrubinemia.

Grupo C: Recién Nacidos con Asfixia Perinatal.

2.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

1. Recién Nacidos de Término Sanos, hijos de madre sana y sin patología durante el embarazo
2. Recién Nacidos de Término con Hiperbilirrubinemia neonatal con bilirrubinas en rangos de fototerapia para su edad de acuerdo con la Asociación Americana de Pediatría, de etiología Multifactorial o por Incompatibilidad ABO que haya o no ameritado exanguinotransfusión.
3. Recién Nacidos de término con Asfixia Perinatal definida como Apgar Bajo con repercusión gasométrica (calificación de Apgar menor de 7 al minuto o a los 5 minutos, con acidosis metabólica o mixta en sangre arterial de cordón umbilical ($\text{pH} < 7.0$ y $\text{EB: } < -13$), en quién se haya documentado o no daño a órgano blanco; por ejemplo: cardiovascular, gastrointestinal, hematológico, neurológico, pulmonar y renal.

2.4 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.

- a) Recién Nacidos Pretérmino.
- b) Hijos de madre con antecedente de ingesta de drogas antes o durante el embarazo.
- c) Recién Nacidos con Malformaciones del Sistema Nervioso Central.
- d) Recién Nacidos con Hemorragia Intraventricular.
- e) Recién Nacidos tratados con medicamentos que deprimen el Sistema Nervioso Central.
- f) Recién Nacidos con Retraso en el Crecimiento Intrauterino
- g) Recién nacidos con Hiperbilirrubinemia secundaria a Isoinmunización Rh.

2.5 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN.

- 1) Recién nacidos que sean trasladados a otras unidades médicas.
- 2) Recién nacidos intubados por más de 24 horas.

2.6 METODOLOGÍA.

2.6.1 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS.

A todos los recién nacidos que cumplieran con los criterios de inclusión se les audio-grabó en forma analógica, sesiones de llanto durante aproximadamente un minuto utilizando como estímulo evocado del llanto un golpe con el dedo índice del investigador sobre la planta del pie del neonato, en sus primeros 3 días de vida para el Grupo A y para el Grupo B al considerar el diagnóstico de hiperbilirrubinemia que ameritara tratamiento ya sea con fototerapia o exanguinotransfusión, en el Grupo C una vez que sus condiciones generales fueran estables. Se utilizó una grabadora portátil marca Sony modelo TP-460 con un micrófono del condensador y cassettes de alta fidelidad Tipo II, a una distancia de 20 cm de la boca del lactante, en el área de alojamiento conjunto o UCIREN del Instituto Nacional de Perinatología.

Características de la selección acústica.

Posteriormente la señal acústica analógica del llanto se convirtió a señal digital en formato WAV y se filtró por arriba de 5 Hertz, utilizando una computadora Sony Vaio PCG-F676 y el Software "Praat" versión 4.0.27 (www.praat.org). Este programa para computadora trabaja sobre una base de Windows versión Milenium

y ha sido desarrollada para representar en forma gráfica el análisis foniatrico de la voz, el habla y el llanto.

Para cada unidad de llanto, definida como el llanto que ocurre durante la fase espiratoria de la respiración, se utilizó la transformación rápida de Fourier para computar la magnitud del espectro para cada segmento en unidades de llanto.

Las medidas acústicas se dividieron en tres categorías. La primera categoría se relaciona con las influencias respiratorias del llanto. Las medidas de esta categoría incluyen la duración de cada unidad de llanto y la amplitud o intensidad del llanto. La segunda categoría incluye la frecuencia fundamental e intensidad máxima y la tercera comprende las frecuencias formato.

Para grabar un sonido en el programa "Praat" se necesito una computadora y un micrófono, en el menú Record se graban algunos segundos y posteriormente se detiene con el botón Stop; para escuchar lo grabado se presiona Play. (*Anexo 1*)

Una grabación de 4 megabytes equivale a 44 segundos de grabación a 22050 Hz o 22 segundos a 44100Hz, por lo que se recomienda que la computadora para el uso del programa "Praat" tenga espacio suficiente en disco duro y solo los programas necesarios.

El software "Praat" permite analizar la señal en formato WAV, editarlos y analizarlos. Los episodios de llanto fueron analizados en sus fases inspiratorias, espiratorias y segmentos no fonatorios.

Un periodo de llanto analizable se definió con al menos 500 milisegundos en duración y separado por otro segmento de llanto al menos de 100 ms. Se estimó la frecuencia fundamental del llanto en Hertz (*Hz*). Las diversas fases fueron medidas en milisegundos (*ms*).

Cada señal acústica de llanto se transformo en una señal digital (formato WAV) con un rango de 16 KHz a 16 bits de resolución en formato mono-aural, una vez editada la sesión de llanto se analizó espectro-fonográficamente, la duración y las frecuencias se obtienen con ventanas de 5 milisegundos, mediante los cursores controlados a través del teclado de la computadora. Permitiendo un estudio simultáneo de los parámetros acústicos y aerodinámicos durante la emisión vocálica y en nuestro caso del llanto. (Anexo 2). En el espectrograma la dirección horizontal ("X") representa el tiempo y la dirección vertical ("Y") representa la frecuencia en Hertz (*ciclos por segundo*) con un mínimo de 0 y máximo de 5000 Hz. Las partes oscuras son las densidades de alta energía (sonido) y las partes brillantes las densidades de baja energía (silencio). Los puntos rojos indican los formatos. La línea azul expresa el tono (altura tonal expresada en Hertz). La línea amarilla corresponde a la intensidad máxima, y se expresa en decibeles, el fondo gris-negro corresponde al Espectrofono-grama. La duración se expresa en milisegundos.

Se diseño una hoja de captura de datos para la recolección de la información la cual posteriormente se transfirió a una base de datos construida con el programa de computo SPSS para Windows versión 11.0. (Anexo 3 y4). Las señales acústicas se analizaron sin conocer a que grupo pertenecían.

2.7 VARIABLES EN ESTUDIO.

- **VARIABLES INDEPENDIENTES.**
 - Sexo.
 - Edad gestacional.
 - Apgar.
 - Vía de nacimiento.
 - Días de vida al momento de la evaluación
 - Diagnósticos.
 - Peso.
 - Perímetro Cefálico.
 - Perímetro Torácico.
 - Perímetro Abdominal.
 - Talla.
 - Segmento Inferior.
 - Bilirrubina Indirecta Máxima.
 - Asfixia Perinatal.

- **VARIABLES DEPENDIENTES.**
 - Frecuencia Fundamental Media, Mínima y Máxima.
 - Intensidad Máxima.
 - Frecuencias Formato (F1, F2, F3, F4).
 - Tiempo espiratorio.

2.7.1. DEFINICIÓN DE VARIABLES.

SEXO.

Conceptual: Características anatomofisiológicas que distinguen al hombre de la mujer, asignado en el momento del nacimiento.

Operacional: Femenino.

Masculino.

Tipo de variable: Cualitativa, dicotómica.

EDAD GESTACIONAL.

Conceptual: Determinación del tiempo de duración de la gestación, obtenida a través de la fecha de última menstruación o valoración de Capurro realizada al momento del nacimiento.

Operacional: De 37 a 42 semanas de gestación.

Tipo de variable: Cuantitativa discontinua.

APGAR.

Conceptual: Valoración realizada al minuto y a los cinco minutos de vida, indica las condiciones al nacimiento del recién nacido.

Operacional: Se asigna en base a cinco parámetros, frecuencia cardiaca, irritabilidad refleja, coloración, esfuerzo respiratorio y tono muscular; dividido en 0, 1 y 2 puntos. Se considera que sus condiciones son adecuadas al nacimiento cuando se obtiene de 8-10 puntos y Apgar bajo menor de 7 al minuto o a los 5 minutos de vida

Tipo de variable: Cuantitativa, discontinua.

VÍA DE NACIMIENTO:

Conceptual: Forma de nacimiento del recién nacido.

Operacional: Vaginal o Cesárea.

Tipo de variable: Cualitativa, dicotómica.

DÍAS DE VIDA AL MOMENTO DE LA EVALUACIÓN.

Conceptual: Edad del recién nacido al realizar la grabación.

Operacional: Número de días.

Tipo de variable: Cuantitativa, continua.

DIAGNÓSTICO.

Conceptual: Identificación de la enfermedad fundamentada en signos y síntomas, asignados al paciente.

Operacional:

Asfixia perinatal: Apgar bajo con repercusión gasométrica (gasometría de arteria umbilical con pH menor de 7.0 y EB<-13), con o sin repercusión a órgano blanco).

Recién Nacido Sano: Neonato con peso y talla adecuado al nacimiento, Con Apgar mayor de 7 al minuto o cinco minutos de vida y que haya cursado con un periodo de transición normal.

Hiperbilirrubinemia: Presencia de ictericia y niveles séricos de bilirrubina indirecta que requieran tratamiento con fototerapia o exanguinotransfusión de acuerdo con las recomendaciones de la Asociación Americana de Pediatría.

Tipo de variable: Cualitativa, ordinal.

PESO.

Conceptual: Unidad en gramos que se registra al valorar la masa corporal del recién nacido.

Operacional: Peso para un recién nacido de término al nacimiento de 2500 a 3800 grs.

Tipo de variable: Cuantitativa, continua.

PERÍMETRO CEFÁLICO.

Conceptual: Circunferencia del cráneo, obtenida con una cinta métrica tomando como referencia la glabella y el occipucio del cráneo.

Operacional: De 32 a 37 centímetros en recién nacidos sanos.

Tipo de variable: Cuantitativa, continua.

PERÍMETRO TORÁCICO:

Conceptual: Circunferencia del tórax, obtenida con una cinta métrica a nivel de ambas tetillas.

Operacional: La misma expresada en centímetros.

Tipo de variable: Cuantitativa, continua.

PERÍMETRO ABDOMINAL.

Conceptual: Circunferencia del abdomen obtenido por arriba de la cicatriz umbilical.

Operacional: La misma expresada en centímetros.

Tipo de variable: Cuantitativa, continua.

TALLA.

Conceptual: Longitud del cuerpo desde el vértice de la cabeza hasta la planta del pie.

Operacional: La misma expresada en centímetros para un recién nacido de término, esperado en 50 ± 3 .

Tipo de variable: Cuantitativa, continua.

SEGMENTO INFERIOR.

Conceptual: Porción del cuerpo comprendida de la espina iliaca antero superior a la planta del pie.

Operacional: La misma expresada en centímetros.

Tipo de variable: Cuantitativa, continua.

BILIRRUBINA INDIRECTA MÁXIMA.

Conceptual: Nivel de bilirrubina indirecta o no conjugada máxima alcanzado durante el periodo de estudio.

Operacional: Nivel de bilirrubinas expresado en mg/dl.

Tipo de variable: Cuantitativa, continua.

ASFIXIA PERINATAL.

Conceptual: Definida como Apgar Bajo con repercusión gasométrica (calificación de Apgar menor de 7 al minuto o a los 5 minutos, con acidosis metabólica o mixta en sangre arterial de cordón umbilical ($\text{pH} < 7.0$ y $\text{EB}: < -13$), en quién se haya documentado o no daño a órgano blanco; por ejemplo: cardiovascular, gastrointestinal, hematológico, neurológico, pulmonar y renal.

Operacional: Con asfixia perinatal o no.

Tipo de variable: Cualitativa, dicotómica.

FRECUENCIA FUNDAMENTAL.

Conceptual: Número de aperturas glóticas por segundo o frecuencia de la vibración cordal.

Operacional: Cifra media, mínima y máxima, obtenida con el Software "PRAAT" medida en Hertz.

Tipo de variable: Cuantitativa, continua.

INTENSIDAD MÁXIMA.

Conceptual: Percepción de que las cuerdas vocales están oscilando a alta frecuencia.

Operacional: Máxima expresión del llanto, medida en Hertz.

Tipo de variable: Cuantitativa continua.

FRECUENCIAS FORMATO.

Conceptual: Los formatos son las frecuencias de resonancia que ocurren como resultado de la filtración del tracto vocal y reflejan la inervación motora de la vía aérea supraglótica.

Operacional: Se obtienen cuatro frecuencias formato y se expresan en Hertz.

Tipo de variable: Cuantitativa, continua.

TIEMPO DE LLANTO ESPIRATORIO.

Conceptual: Tiempo de sonido de llanto durante la fase de espiración.

Operacional: Duración del llanto, medida en segundos.

Tipo de variable: Cuantitativa, continua.

2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

- Para el análisis estadístico descriptivo se utilizó porcentajes, medias, medianas y desviaciones estándar.
- Para comparar las variables cualitativas se utilizó la prueba de Chi cuadrada.
- Las variables cuantitativas se analizaron mediante la prueba de T de Student para muestras independientes con un nivel de confianza del 95% y ANOVA de una vía.
- Se usó concordancia bivariada de Pearson buscando correlación lineal entre variables aleatorias.
- En todos los casos un valor de $p < 0.05$ fue considerado estadísticamente significativo.

2.8 ASPECTOS ÉTICOS.

Investigación de riesgo mínimo, en tanto que no se arriesgo la integridad física y/o mental de los pacientes.

CAPÍTULO III: RESULTADOS.

Del 1º. De septiembre al 31 de Agosto del 2004, se evaluaron a 179 recién nacidos de término, la media de edad gestacional fue de 39 ± 1.1 semanas, con variación de 37 a 42 semanas. El peso promedio fue de 3133.6 ± 376.7 g, con variación 2560 a 3820 grs. La vía de nacimiento en 142 (79.3%) pacientes fue cesárea y en 37 (20.6%) vaginal. La edad promedio de la grabación fue al 2.1 ± 1.2 días con variación de 1 a 6 días.

Los recién nacidos incluidos en el estudio se distribuyeron en tres grupos; Grupo A (n=105), constituido por recién nacidos de término sanos, Grupo B (n=67) integrado por recién nacidos con hiperbilirrubinemia y Grupo C (n=7) formado por recién nacidos con Asfixia Perinatal.

El grupo A (n=105) estuvo conformada por 67 (67%) recién nacidos del sexo masculinos y 38 (36.1%) femeninos. Las características generales de los tres grupos se muestran en la Tabla 1.

Se considera una muestra homogénea ya que el análisis comparativo de los grupos no se mostró diferencias estadísticamente significativas al considerar las variables somáticas, de edad gestacional y peso al nacer (Tabla 1). El genero no mostró diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los grupos (Chi^2 $p < 0.059$).

Al comparar las variables acústicas de los tres grupos con el análisis de varianza (ANOVA de una vía), se observó diferencia estadísticamente significativa en la frecuencia fundamental media ($p<0.00$), en la frecuencia fundamental máxima ($p<0.00$) e intensidad máxima ($p<0.01$). (Tabla 2). La comparación de medias entre los tres grupos analizados (ANOVA) no se mostró diferencias estadísticamente significativas en las frecuencias formato. (Ver Tabla 3).

En el grupo A se realizó análisis bivariado de Pearson resultando significativo solo en asociación del perímetro torácico y la frecuencia fundamental mínima ($r=.840$, $p<0.018$).

En el grupo B se incluyó a 67 pacientes; 31 (46.2%) masculinos y 36 (53.7%) femeninos, evaluados al 3.3 ± 0.99 días de vida. La media de bilirrubina fue de 16.9 ± 3.5 mg/dl, con niveles máximos de 25.7. En 7 (10.4%) pacientes se requirió exanguinotransfusión.

Para analizar si hay diferencias en las variables acústicas, los pacientes se distribuyeron en dos grupos de acuerdo con la determinación de bilirrubinas: Grupo 1 ($n=54$) de 10-20 mg/dl y Grupo 2 ($n=14$) de 20 a 25.7 mg/dl. La comparación de medias de bilirrubina indirecta utilizando T-Student entre estos dos grupos no mostró diferencias significativas. (Ver Tabla 4). El análisis de correlación bivariado de Pearson no resultó ser significativo en ninguna de las variables.

Al comparar el grupo 1 con recién nacidos sanos, se observó diferencias en las frecuencias fundamentales media ($p < 0.001$), mínima ($p < 0.048$) y máxima ($p < 0.000$); además de la intensidad máxima ($p < 0.014$) y frecuencias formato 2 ($p < 0.022$) y 4 ($p < 0.028$). (Ver Tabla 5).

Se observó diferencias significativas en la frecuencia fundamental máxima ($p < 0.016$) y en la intensidad máxima ($p < 0.059$) del Grupo 2 al compararlos con recién nacidos sanos. (Ver Tabla 6)

En el grupo C; se analizaron 7 pacientes; 4 (57.1%) femeninos y 3 (42.8%) masculinos, en promedio al 2.1 ± 1.4 días de vida. El Apgar al minuto fue de 3.8 ± 1.9 y a los 5 minutos de 7.8 ± 0.75 . Al comparar las características acústicas del llanto con los recién nacidos sanos solo se demostró diferencias significativas en la frecuencia fundamental máxima ($p < 0.000$). (Ver Tabla 7). En este grupo se encontró asociación del perímetro torácico con la frecuencia fundamental mínima ($r = 0.840$, $p < 0.018$).

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.

En este estudio se determinaron las características acústicas del llanto de recién nacidos de término sanos y posteriormente se compararon con recién nacidos con riesgo neurológico relativo (hiperbilirrubinemia y asfixia), para lo cual se utilizó el software "PRAAT". Se observó que las características acústicas de los recién nacidos de término eutróficos sanos son similares a los reportado en la literatura y que al compararse con recién nacidos con riesgo neurológico muestran diferencias en las frecuencias fundamental media, mínima y máxima; intensidad máxima y frecuencias formato 2 y 4 en pacientes con hiperbilirrubinemia y en la frecuencia fundamental máxima en los pacientes con asfixia.

Michelsson¹⁸; analizó el llanto de 172 recién nacidos sanos y determinó que la frecuencia fundamental es de 496 ± 95 , con una duración de 1.6 ± 0.6 segundos. Nosotros observamos que la frecuencia fundamental máxima es de 462.1 ± 83.0 Hz con un rango de 72 a 528.8 Hz y la duración de la emisión del llanto de 0.78 ± 0.33 segundos con un rango de 0.33 a 2.7 segundos. Los valores reportados en el artículo de Koivisto⁶ en recién nacidos sanos para la frecuencia fundamental mínima son diversos y van desde 330 ± 100 Hz hasta 450 ± 60 Hz, en nuestro estudio se encontraron en un rango mucho menor a lo reportado de 99.4 ± 62.6 Hz. En relación a la frecuencia fundamental media no existen en la literatura reportes al respecto, nosotros encontramos valores de 260.7 ± 40.9 Hz.

La frecuencia fundamental es el resultado del número de aperturas glóticas por segundo y está determinada por la tensión de las cuervas vocales que depende de los músculos intrínsecos de la laringe, faringe, cuello y tórax que

están inervados por los pares craneales IX (glossofaríngeo), X (vago), XI (espinal) y XII (hipogloso), y por los nervios frénico y torácico. Por la localización de estos núcleos en la médula, se ha demostrado que un daño a estos resulta en cambios en las características acústicas del llanto⁷. Es el parámetro acústico más estudiado dentro del análisis del llanto y el que ha permitido correlacionar las características del llanto con diversas patologías y/o condiciones del recién nacido. Recientemente la importancia de la frecuencia fundamental se amplió hacia el análisis del desarrollo de los parámetros acústicos como herramienta no invasiva para valorar la maduración neuromuscular vocal. La maduración fonatoria proporciona directamente la capacidad para regular el desarrollo del lenguaje y el habla^{9,19}.

Contrario a lo reportado por Koivisto, Michelsson y Wasz-Höckert^{6,7,24} para la frecuencia fundamental en pacientes con Asfixia Perinatal e Hiperbilirrubinemia, de 550 a 1750 Hz y de 960 a 2120 Hz, respectivamente; utilizando el Software "PRAAT" encontramos que los valores de frecuencia fundamental máxima en pacientes con Asfixia Perinatal fueron de 349.7 ± 56.6 Hz y con Hiperbilirrubinemia de 405.7 ± 87.7 Hz, mucho menores a los reportados para recién nacidos sanos pero con diferencia estadísticamente significativa. En base a estos resultados es difícil establecer si constituyen un indicador temprano de alteraciones neurológicas por lo que es necesario realizar seguimiento de estos pacientes y correlacionarlos con su estado actual para asignarle valor pronóstico a esta prueba.

Aunque la intensidad máxima es uno de los parámetros de estudio del llanto, no hay reportes de los valores normales, en el presente estudio se obtuvieron valores promedio de 84.5 ± 2.8 dB con un rango de 77-90.5 dB, una amplitud

baja en estudios posteriores se ha correlacionado con índices bajos en pruebas cognitivas generales.

Un aspecto importante que no ha sido considerado en diversos estudios es la vía de nacimiento y el sexo del paciente, en nuestro estudio la vía más frecuente es la abdominal (cesárea) ya que la población de esta institución son en su gran mayoría embarazos complicados, pero estadísticamente ninguno de ellos mostró resultados significativos.

El análisis del tipo de melodía posiblemente aportara mayores datos para el diagnóstico temprano de alteraciones neurológicas⁶; sin embargo no fue uno de los objetivos de este estudio, pero no dudamos que constituye una parte fundamental del análisis del llanto que podrían plantearse para futuras investigaciones.

Se sabe que la capacidad fonatoria de los recién nacidos está determinada por la capacidad pulmonar y por las características anatómo-fisiológicas del aparato fono-articulador, a la integridad de sus cámaras de resonancia y también a su peso corporal. Los estudios realizados hasta el momento solo hacen referencia a la edad de la grabación y restan importancia a los aspectos somáticos de los recién nacidos en el instante del registro vocálico, lo que es determinante para la emisión del llanto, ya que se ha demostrado en pacientes desnutridos que el llanto se caracteriza por un sonido inicial largo, con frecuencia fundamental alta, de baja intensidad (amplitud), asincrónico y de latencias largas.³

Nosotros consideramos tomar en cuenta los parámetros somáticos para tratar de establecer diferencias en la emisión del llanto el único factor que se encontró correlación es el perímetro torácico. En relación a este último punto se ha determinado que las características acústicas del llanto dependen de la

capacidad pulmonar y de la intensidad del aire expulsado, en ambos aspectos la musculatura torácica y especialmente el diafragma juega un papel importante en la regulación del volumen de aire espirado, que podría influir en la emisión del llanto.³

Considerando las frecuencias formato en nuestros estudio no se encontraron diferencias entre los recién nacidos de término y los recién nacidos con Asfisia e Hiperbilirrubinemia. En relación a los valores reportados por Robb y Cacace¹⁶, nuestro resultados fueron menores, posiblemente por el método de análisis utilizado, que hace difícil establecer una comparación entre los estudios. En diversas patologías se han demostrado que existen modificaciones en las frecuencias formato,^{7,16,25} pero no hay estudios que establezcan la seguridad de las frecuencias formato para el diagnóstico de alteraciones neurológicas en infantes de riesgo, debido principalmente a que no hay una configuración única del tracto vocal en los recién nacidos. Durante la infancia temprana (aproximadamente de 0 a 3 meses), el tracto vocal se diferencia sustancialmente del tracto vocal del adulto. La cavidad faríngea es relativamente corta, la posición de la laringe es más alta, el velo de la faringe y la epiglotis están en una posición más cercana, gradualmente el canal orofaríngeo se torna rectangular y la lengua adquiere una posición anterior, por esta configuración única del tracto vocal, el llanto de los recién nacidos es extremadamente nasal. En presencia de esta "nasalización", la seguridad de las frecuencias formato disminuye importantemente¹⁶. Por lo que la información diagnóstica derivada de estas aún esta por definirse.

Los resultados del presente estudio serán de utilidad para establecer comparaciones con otras patologías (hemorragia intraventricular, desnutrición, exposición a drogas), etapas de la vida (prematurez) o en la identificación de las modificaciones en la emisión del llanto en la etapa prelingüística y

posteriormente llegar a formar parte del diagnóstico temprano de diversas patologías. También es necesaria más información acerca de los instrumentos de medición empleados, así como estandarizar el método óptimo de análisis del llanto ya que los resultados obtenidos pueden ser diversos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.

1. La frecuencia fundamental máxima encontrada en recién nacidos sanos utilizando el software "PRAAT" para el análisis del llanto fue de 462.1 ± 83 Hz.
2. Los valores de frecuencia fundamental y tiempo espiratorio son similares a los estudios previamente realizados.
3. Se encontraron diferencias en las frecuencias fundamental media, mínima y máxima; intensidad máxima y frecuencias formato 2 y 4 en pacientes con hiperbilirrubinemia; y en la frecuencia fundamental máxima en los pacientes con asfixia.
4. En base a estos resultados es difícil establecer si es un indicador temprano de alteraciones neurológicas por lo que es necesario realizar seguimiento de los pacientes estudiados y correlacionarlos con el estado actual de los pacientes para asignarle un valor pronóstico.
5. Los resultados serán de utilidad para establecer comparaciones con otras patologías e identificar las modificaciones en la emisión del llanto en la etapa prelingüística

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Craing D. Kenneth. Korol T. Christine. Pillai R. Rebecca. Dificultades para la evaluación del dolor en los lactantes vulnerables. Clin. Perin. 2002; 3: 427-439.
2. Ludington-Hoe. Cong, Xaomei. Hashemi Fariba. Infant Crying: nature, physiologic consequences and select interventions. Neonatal Network 2002; 21: 29-36.
3. Verduzco M. Antonio. Características del llanto en infantes de alto riesgo. (Artículo de revisión). Revista de Ciencias Clínicas; 2004: 5; 1-8.
4. Wermke K. Mende W. Manfredi C. Brusciaglioni P. Development aspects of infant's cry melody and formants. Medical Engineering & Physics. 2002; 24: 501-514.
5. Paparella M. Michael. Otorrinolaringología. Ciencias Básicas y disciplinas afines. 3a. Edición. Tomo I Editorial Panamericana 1994, 436-438.
6. Koivisto M. Cry analysis in infants with Rh haemolytic disease. Acta Paediatr Scand Suppl 1987; 335 (Supp.): 1-73.
7. Vohr R. Betty. Barry Lester et al. Abnormal brain-stem function (brain-stem auditory evoked response) correlates with acoustic cry features in term with hyperbilirubinemia. J Pediatrics. 1989; 115: 303-308.

8. Golub. L. Howard. Corwin J. Michael. Infant Cry: A Clue to Diagnosis. 1982. Pediatrics. 69: 197-201.

9. Lind Katrin. Wermke Kathleen. Development of the vocal fundamental frequency of spontaneous cries during the first 3 months. Int J Pediatric Otorhinolaryngol. 2002; 64: 97-104.

10. Torres A. Miguel. Castillo L. Alexander. Cano O. Sergio. Escobedo B. Daniel. El uso de mapas autoorganizativos en el reconocimiento de clases en unidades de llanto infantil. En <http://www.uo.edu.cu/mx>.

11. Cano Ortiz S. D. Clasificación de Unidades de Llanto Infantil mediante el mapa autoorganizado de Kohonen. Universidad de Oriente, Cuba. En <http://www.uo.edu.cu/fac/fie/pvoz/listia.publicaciones.htm>

12. Orozco García J. Reyes G. Carlos. Applynig scaled conjugated gradient for the classification of infant cry with neural networks. Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica. <http://www.cseg.inaop.mx>.

13. Barry M. Lester. Developmental outcome prediction from acoustic cry analysis in term and preterm infants. Pediatrics 1987; 80: 529-534.

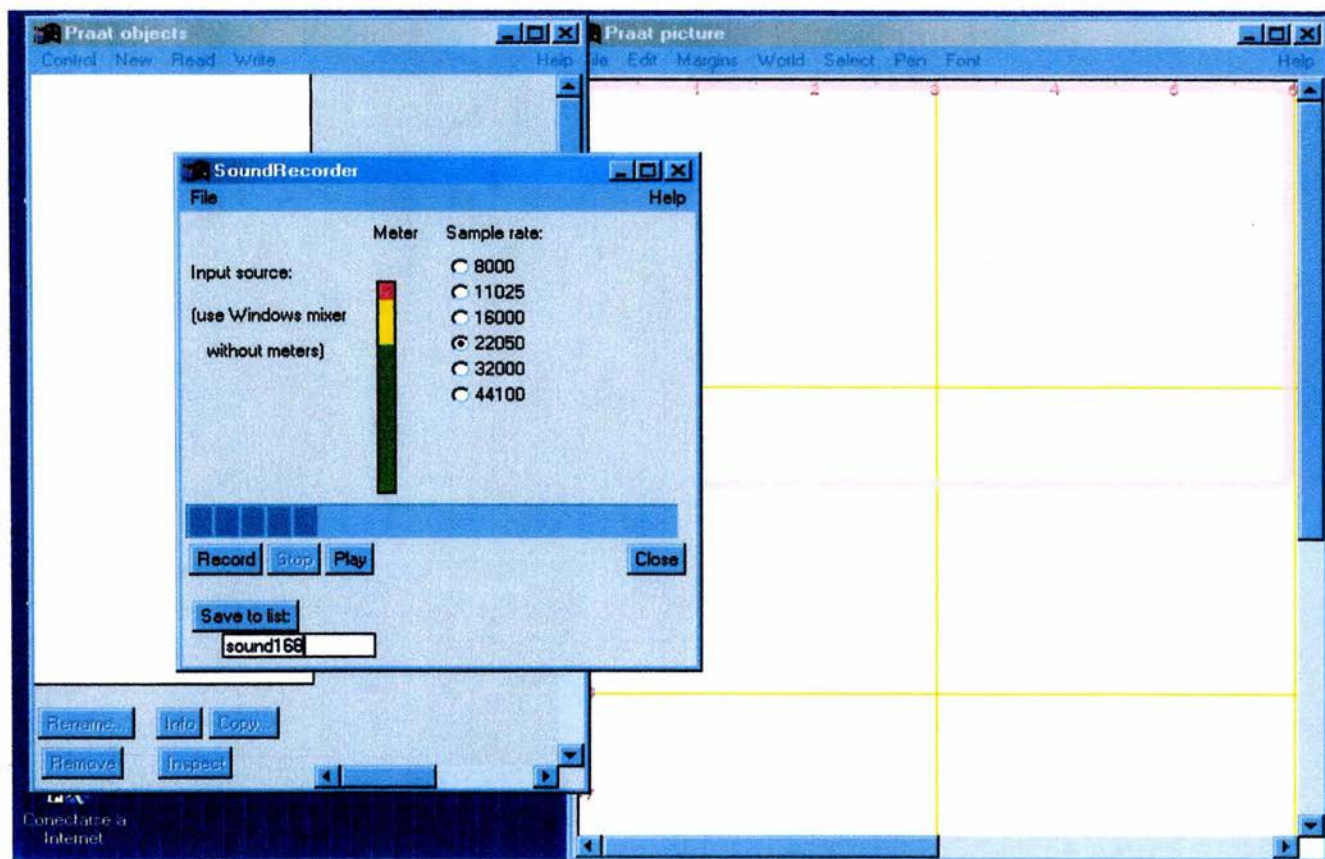
14. Michelsson Katarina. Michelsson Oliver. Phonation in the newborn, infant cry. Int J Pediatr Otorhinolaryngol 1999; 49 Suppl 1. S297-30.

15. Jenö Hirschberg. Dysphonia in infants. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 1991.; 49 Suppl. 1: 293-296.

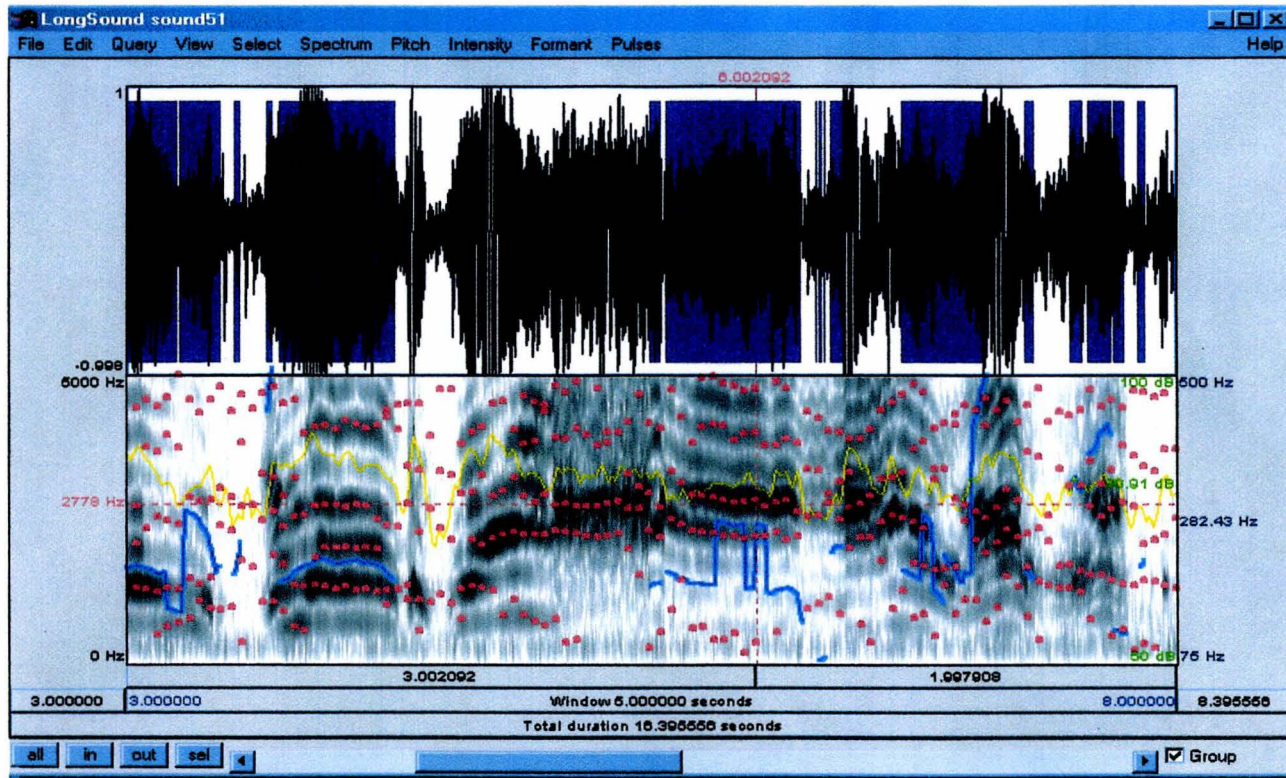
16. Robb P. Michael. Cacace T. Anthony. Estimation of formant frequencies in infant cry. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 1995; 32: 57-67.

-
-
17. Fort Ada. Manfredi Claudia. Acoustic Analysis of newborn infant cry signals. *Medical Engineering & Physics*. 1998; 20: 432-442.
- 18: Michelsson K. Eklund K, Leppanen P, Lyytinen H. Cry characteristics of 172 healthy 1-to-7 days old infants. *Folia Phoniatr Logop*. 2002, 54: 190-200.
19. Rothganger H. Analysis of the sounds of the child in the first year and a comparison to the language. *Early Hum Dev*, 2003; 75: 55-69.
20. Michelsson K. Sirvio P. Wasz-Höckert. Pain cry in full-term asphyxiated newborn infants correlated with late findings. *Acta Paediatr Scand*. 1977; 66: 611-616.
21. Poel Mannes. Ekkel Taco. CNS damage classification in newborn infants by neural network based cry analysis. En <http://www.@cs.utwente.nl.com>.
22. Mende Wende. Wermke Kathleen. Variability of the cry melody and the melody spectrum as indicators for certain CNS disorders. *Early Child Development and Care*. 1990; 65: 95-107.
23. Ruud Hansen W. Thor. Mecanismos de toxicidad por bilirrubina: repercusiones clínicas. *Clin Perin*, 2002; 4: 751-761.
24. Wasz-Höckert O. Koivisto M. Vuorenkoski V. Partenen J. T. y Lind J. Spectrographic analysis of pain cry in hyperbilirubinemia. *Biol. Neonate*; 1971; 17: 260-271.
25. Golub L. Howard. Corwin J. Michael. Spectral análisis of a cry is abnormal in infants who have moderate hyperbilirubinemia. *Pediatrics Reseach*; 1984; 18: 102A.

ANEXO 1. PÁGINA INICIAL DEL PROGRAMA SOFTWARE "PRAAT".



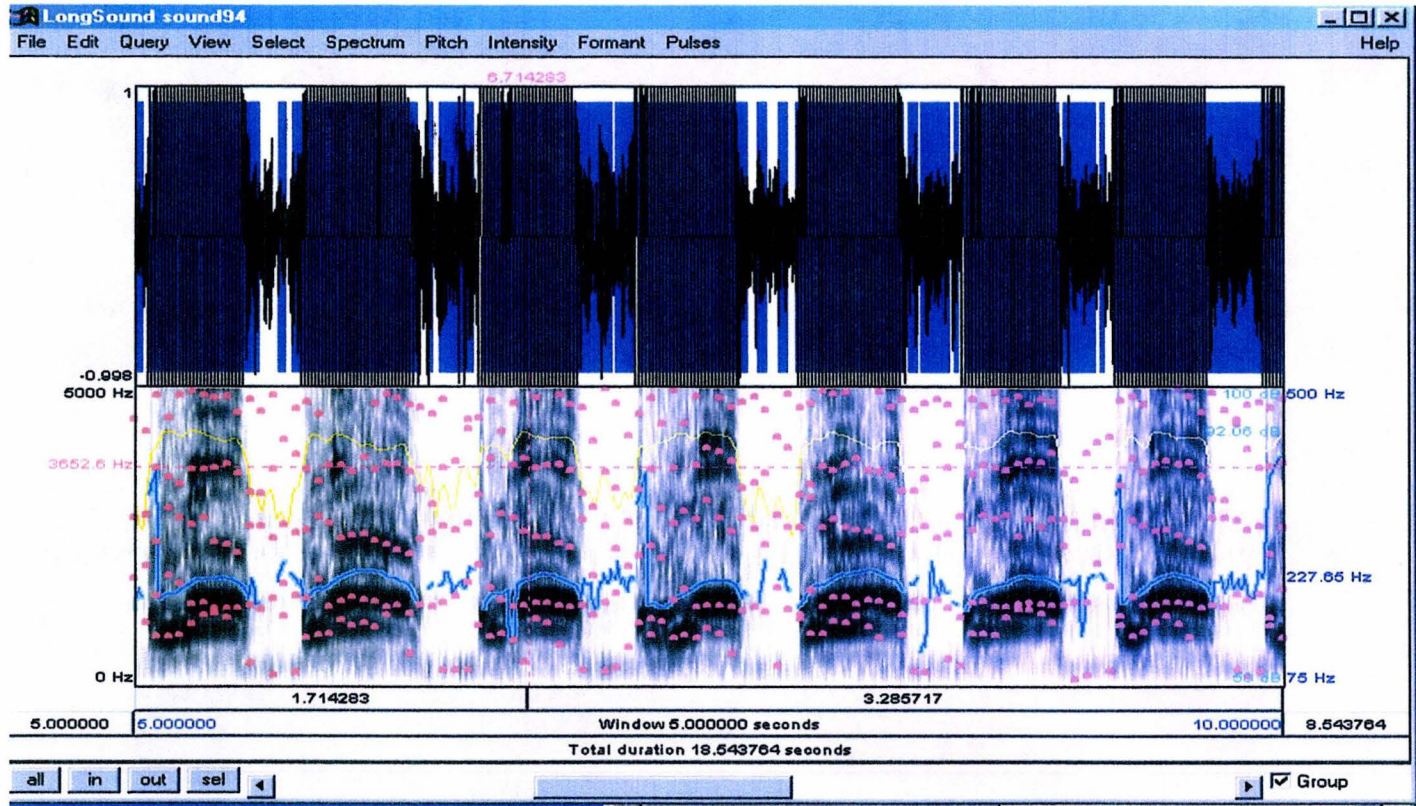
ANEXO 2. ESPECTRO- FONO-GRAMA DE SONIDO.



Se muestra una ilustración esquemática del análisis computado para un segmento de 5 segundos de llanto.

- Puntos rojos = Formantes.
- Línea azul = Pitch (altura tonal expresada en Hertz)
- Línea Amarilla = Intensidad, expresada en decibeles.
- Fondo gris-negro = Espectrograma.
- La duración se expresa en milisegundos.

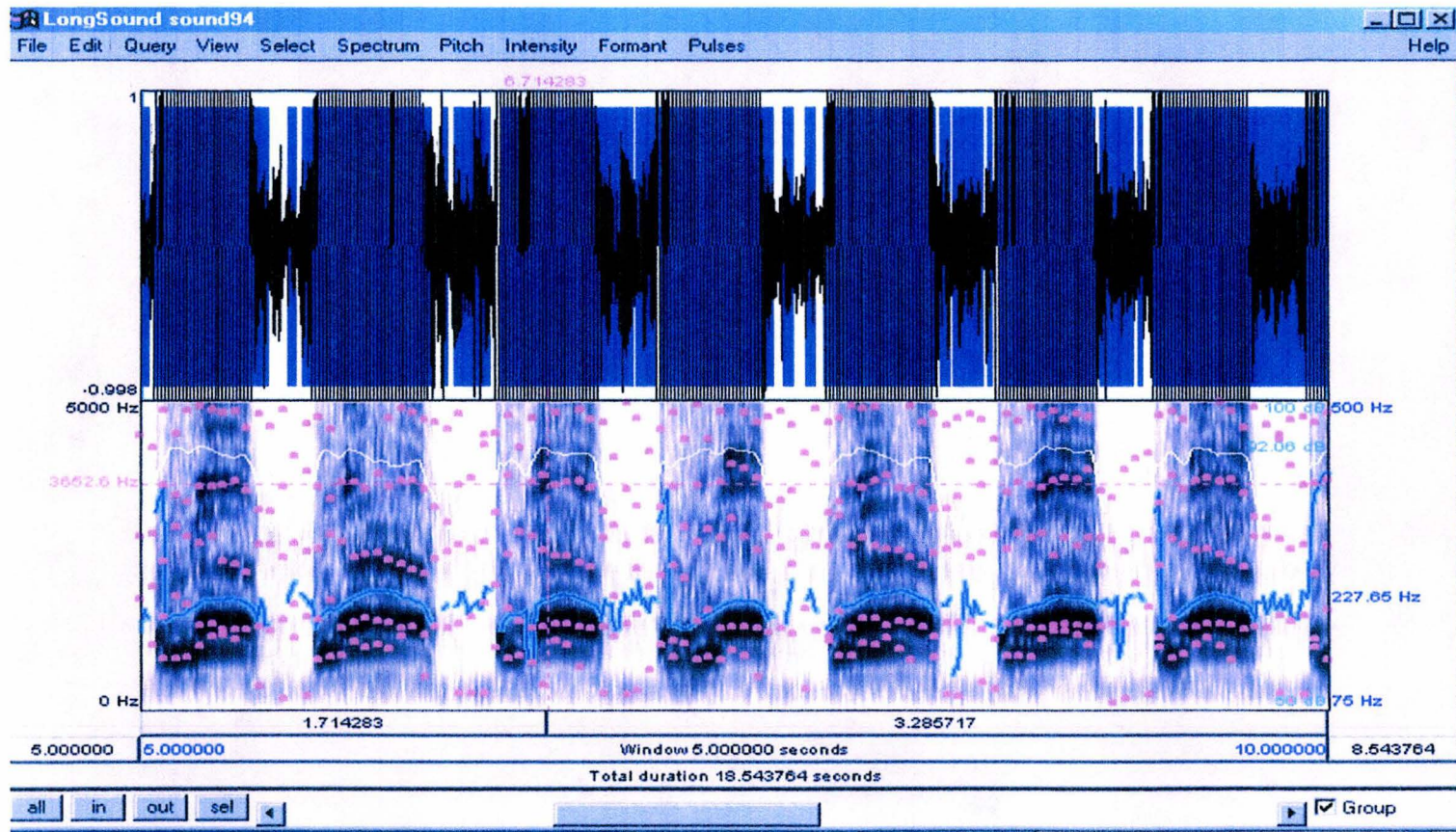
ANEXO 2. ESPECTRO- FONO-GRAMA DE SONIDO, ejemplo 1.



Se muestra una ilustración esquemática del análisis computado para un segmento de 5 segundos de llanto.

- Puntos rojos = Formantos.
- Línea azul = Pitch (altura tonal expresada en Hertz)
- Línea Amarilla = Intensidad, expresada en decibeles.
- Fondo gris-negro = Espectrograma.
- La duración se expresa en milisegundos.

ANEXO 2. ESPECTRO- FONO-GRAMA DE SONIDO, ejemplo 2.



Se muestra una ilustración esquemática del análisis computado para un segmento de 5 segundos de llanto.

- Puntos rojos = Formantos.
- Línea azul = Pich (altura tonal expresada en Hertz)
- Línea Amarilla = Intensidad, expresada en decibeles.
- Fondo gris-negro = Espectrograma.
- La duración se expresa en milisegundos.

ANEXO 3.

INSTITUTO NACIONAL DE PERINATOLOGÍA



NOMBRE: _____ No. de Caso _____

EXPEDIENTE: _____ SEXO: _____

FECHA DE NACIMIENTO: _____

EDAD GESTACIONAL AL NACER: _____

APGAR: _____

VÍA DE NACIMIENTO

VAGINAL

CESÁREA

DÍAS DE VIDA AL MOMENTO DE EVALUACIÓN:

DIAGNÓSTICOS. _____

| | |
|---------------------|-----|
| PESO | g. |
| PERÍMETRO CEFÁLICO | cm. |
| PERÍMETRO TÓRAX | cm. |
| PERÍMETRO ABDOMINAL | cm. |
| TALLA | cm. |
| SEGMENTO SUPERIOR | cm. |
| | |

HIPERBILIRRUBINEMIA

BI. MÁXIMA _____

ASFIXIA _____

ANEXO 4.

INSTITUTO NACIONAL DE PERINATOLOGÍA



NOMBRE: _____ No de Caso: _____

EXPEDIENTE: _____

FECHA DE NACIMIENTO: _____

DÍAS DE VIDA AL MOMENTO DE EVALUACIÓN:

ANÁLISIS ESPECTROFONOGRÁFICO:

FRECUENCIA FUNDAMENTAL MEDIA _____

FRECUENCIA FUNDAMENTAL MÍNIMA _____

FRECUENCIA FUNDAMENTAL MÁXIMA _____

INTENSIDAD MÁXIMA _____

FRECUENCIAS FORMATO

F1 _____

F2 _____

F3 _____

F4 _____

TIEMPO DE LLANTO ESPIRATORIO _____

**TABLA 1. COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS
GENERALES POR GRUPOS.**

| | | N | MEDIA | SD | MÍNIMO | MÁXIMO | ANOVA |
|-------------------------------|--------------|-----|--------|-------|--------|--------|-------|
| Edad de gestación al nacer | A | 105 | 39.0 | 1.1 | 37.0 | 42.0 | 0.374 |
| | B | 67 | 38.9 | 1.2 | 37.0 | 41.3 | |
| | C | 7 | 39.5 | .6 | 38.5 | 40.4 | |
| | Total | 179 | 39.0 | 1.1 | 37.0 | 42.0 | |
| Peso al nacer | A | 105 | 3129.0 | 374.0 | 2570.0 | 3820.0 | 0.591 |
| | B | 67 | 3125.8 | 388.0 | 2560.0 | 3820.0 | |
| | C | 7 | 3277.1 | 322.1 | 2820.0 | 3670.0 | |
| | Total | 179 | 3133.6 | 376.7 | 2560.0 | 3820.0 | |
| Perimetro Cefálico | A | 105 | 34.5 | 1.4 | 31.5 | 38.5 | 0.666 |
| | B | 67 | 34.3 | 1.3 | 30.5 | 37.0 | |
| | C | 7 | 34.6 | .9 | 33.0 | 36.0 | |
| | Total | 179 | 34.5 | 1.4 | 30.5 | 38.5 | |
| Perimetro Tórax | A | 105 | 33.3 | 1.9 | 27.5 | 38.0 | 0.227 |
| | B | 67 | 32.7 | 4.2 | 3.0 | 36.0 | |
| | C | 7 | 34.4 | 1.9 | 32.0 | 37.5 | |
| | Total | 179 | 33.1 | 3.0 | 3.0 | 38.0 | |
| Perimetro Abdominal | A | 105 | 31.1 | 2.4 | 22.0 | 38.0 | 0.535 |
| | B | 67 | 31.3 | 2.2 | 27.0 | 35.5 | |
| | C | 7 | 31.9 | 2.2 | 28.5 | 34.5 | |
| | Total | 179 | 31.2 | 2.3 | 22.0 | 38.0 | |
| Talla | A | 105 | 49.3 | 1.9 | 44.5 | 54.0 | 0.155 |
| | B | 67 | 49.5 | 1.9 | 45.0 | 54.0 | |
| | C | 7 | 50.6 | 1.4 | 48.0 | 52.0 | |
| | Total | 179 | 49.4 | 1.9 | 44.5 | 54.0 | |
| Segmento Superior | A | 105 | 29.0 | 1.6 | 20.0 | 33.0 | 0.510 |
| | B | 67 | 29.5 | 1.4 | 26.0 | 33.0 | |
| | C | 7 | 30.0 | 1.3 | 28.0 | 32.0 | |
| | Total | 179 | 29.2 | 1.6 | 20.0 | 33.0 | |

N: Número de casos, SD: desviación estándar.

GRUPOS: A. Recién Nacidos de Término Sanos. B: Recién Nacidos con Hiperbilirrubinemia.
C: Recién Nacidos con Asfisia Perinatal.

TABLA 2. COMPARACIÓN DE LAS FRECUENCIAS FUNDAMENTALES, TIEMPO ESPIRATORIO E INTENSIDAD MÁXIMA POR GRUPOS.

| | | N | MEDIA | SD | MÍNIMO | MÁXIMO | ANOVA |
|--------------------------------------|--------------|-----|-------|------|--------|--------|-------|
| Frecuencia Fundamental Media | A | 105 | 260.7 | 40.9 | 188.1 | 414.4 | 0.000 |
| | B | 67 | 237.6 | 29.9 | 189.8 | 404.9 | |
| | C | 7 | 231.4 | 15.8 | 221.3 | 265.8 | |
| | Total | 179 | 251.1 | 38.9 | 188.1 | 414.4 | |
| Frecuencia Fundamental Mínima | A | 105 | 99.4 | 62.6 | 56.7 | 522.4 | 0.096 |
| | B | 67 | 83.4 | 20.0 | 64.7 | 183.4 | |
| | C | 7 | 78.8 | 3.2 | 74.5 | 82.7 | |
| | Total | 179 | 92.6 | 50.1 | 56.7 | 522.4 | |
| Frecuencia Fundamental Máxima | A | 105 | 462.1 | 83.0 | 72.0 | 528.8 | 0.000 |
| | B | 67 | 405.7 | 87.7 | 256.0 | 518.7 | |
| | C | 7 | 349.7 | 56.6 | 281.0 | 454.6 | |
| | Total | 179 | 436.5 | 90.6 | 72.0 | 528.8 | |
| Intensidad Máxima | A | 105 | 84.5 | 2.8 | 77.0 | 90.5 | 0.016 |
| | B | 67 | 83.2 | 2.5 | 77.4 | 88.0 | |
| | C | 7 | 83.1 | 2.3 | 79.8 | 86.2 | |
| | Total | 179 | 83.9 | 2.8 | 77.0 | 90.5 | |
| Tiempo Espiratorio. | A | 105 | .78 | .33 | .33 | 2.7 | 0.718 |
| | B | 67 | .75 | .27 | .36 | 1.8 | |
| | C | 7 | .75 | .28 | .33 | 1.2 | |
| | Total | 179 | .75 | .31 | .33 | 2.7 | |

N: Número de casos, SD: desviación estándar.

GRUPOS: A. Recién Nacidos de Término Sanos. B: Recién Nacidos con Hiperbilirrubinemia. y C: Recién Nacidos con Asfixia Perinatal.

TABLA 3. COMPARACIÓN DE LAS FRECUENCIAS FORMATO POR GRUPOS.

| | | N | MEDIA | SD | MÍNIMO | MÁXIMO | ANOVA |
|-------------------------------|--------------|------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| Frecuencias Formato F1 | A | 105 | 988.3 | 212.8 | 288.0 | 1565.0 | 0.614 |
| | B | 67 | 985.2 | 276.2 | 500.0 | 1874.0 | |
| | C | 7 | 902.4 | 366.7 | 288.0 | 1424.0 | |
| | Total | 179 | 987.7 | 240.3 | 288.0 | 1874.0 | |
| Frecuencias Formato F2 | A | 105 | 1713.7 | 369.9 | 1076.0 | 2738.0 | 0.210 |
| | B | 67 | 1827.4 | 414.8 | 1105.0 | 2657.0 | |
| | C | 7 | 1784.4 | 306.8 | 1354.0 | 2132.0 | |
| | Total | 179 | 1763.1 | 387.3 | 1076.0 | 2738.0 | |
| Frecuencias Formato F3 | A | 105 | 2809.1 | 290.3 | 1505.0 | 3638.0 | 0.262 |
| | B | 67 | 2863.5 | 276.2 | 2296.0 | 3499.0 | |
| | C | 7 | 2761.6 | 152.9 | 2477.0 | 2912.0 | |
| | Total | 179 | 2819.8 | 280.9 | 1505.0 | 3638.0 | |
| Frecuencias Formato F4 | A | 105 | 3778.9 | 386.4 | 2917.0 | 4833.0 | 0.133 |
| | B | 67 | 3903.2 | 415.3 | 2838.0 | 4955.0 | |
| | C | 7 | 3804.3 | 286.4 | 3396.0 | 4232.0 | |
| | Total | 179 | 3827.2 | 392.8 | 2838.0 | 4955.0 | |

N: Número de casos, **SD:** desviación estándar.

GRUPOS: **A:** Recién Nacidos de Término Sanos. **B:** Recién Nacidos con Hiperbilirrubinemia. y **C:** Recién Nacidos con Asfixia Perinatal.

TABLA 4. COMPARACIÓN DE LAS VARIABLES ACÚSTICAS POR GRUPOS DE BILIRRUBINAS.

| | | N | MEDIA | MEDIANA | SD | VALOR DE P* |
|--------------------------------------|---|----|--------|---------|-------|-------------|
| Frecuencia Fundamental Media | 1 | 54 | 238.7 | 231.3 | 32.0 | 0.99 |
| | 2 | 14 | 238.7 | 232.4 | 36.9 | |
| Frecuencia Fundamental Mínima | 1 | 54 | 81.6 | 76.3 | 16.9 | 0.203 |
| | 2 | 14 | 89.3 | 77.2 | 28.9 | |
| Frecuencia Fundamental Máxima | 1 | 54 | 401.5 | 419.5 | 90.2 | 0.851 |
| | 2 | 14 | 406.6 | 436.7 | 87.8 | |
| Intensidad Máxima | 1 | 54 | 83.1 | 83.2 | 2.4 | 0.815 |
| | 2 | 14 | 83.0 | 82.5 | 2.6 | |
| Frecuencias Formato F1 | 1 | 54 | 999.7 | 993.3 | 272.1 | 0.477 |
| | 2 | 14 | 940.1 | 864.0 | 301.0 | |
| Frecuencias Formato F2 | 1 | 54 | 1850.3 | 1874 | 409.5 | 0.614 |
| | 2 | 14 | 1787.4 | 1758.0 | 432.6 | |
| Frecuencias Formato F3 | 1 | 54 | 2866.2 | 2835 | 284.4 | 0.237 |
| | 2 | 14 | 2769.6 | 2748.5 | 198.4 | |
| Frecuencias Formato F4 | 1 | 54 | 3913.9 | 3926 | 381.9 | 0.588 |
| | 2 | 14 | 3847.4 | 3887.0 | 496.1 | |
| Tiempo Espiratorio. | 1 | 54 | .78 | 0.74 | .29 | 0.960 |
| | 2 | 14 | .77 | 0.73 | .21 | |

N: Número de casos, **SD:** Desviación Estándar.

GRUPOS: 1: Bilirrubinas de 10-20 mg/dl **GRUPO 2:** Bilirrubinas de más de 20 mg/dl

* T-Student, $p < 0.05$.

TABLA 5. COMPARACIÓN DE RECIÉN NACIDOS SANOS E HIPERBILIRRUBINEMIA DE 10-20 mg/dl.

| | | N | MEDIA | MEDIANA | SD | VALOR DE P* |
|-------------------------------|---|-----|--------|---------|-------|-------------|
| Frecuencia Fundamental Media | A | 105 | 260.2 | 247.9 | 40.9 | 0.001 |
| | 1 | 54 | 238.5 | 231.3 | 32.0 | |
| Frecuencia Fundamental Mínima | A | 105 | 99.3 | 78.3 | 62.7 | 0.048 |
| | 1 | 54 | 81.9 | 76.3 | 16.8 | |
| Frecuencia Fundamental Máxima | A | 105 | 462.1 | 496.2 | 84.9 | 0.000 |
| | 1 | 54 | 404.3 | 419.5 | 87.5 | |
| Intensidad Máxima | A | 105 | 84.4 | 84.4 | 2.9 | 0.014 |
| | 1 | 54 | 83.3 | 83.2 | 2.5 | |
| Frecuencias Formato F1 | A | 105 | 992.2 | 1005.0 | 202.2 | 0.834 |
| | 1 | 54 | 1000.3 | 993.3 | 273.5 | |
| Frecuencias Formato F2 | A | 105 | 1710.8 | 1649.0 | 364.8 | 0.022 |
| | 1 | 54 | 1858.4 | 1874 | 414.3 | |
| Frecuencias Formato F3 | A | 105 | 2794.8 | 2783 | 288.7 | 0.072 |
| | 1 | 54 | 2882.7 | 2835 | 291.6 | |
| Frecuencias Formato F4 | A | 105 | 3775.3 | 3736 | 377.5 | 0.028 |
| | 1 | 54 | 3917.9 | 3926 | 398.1 | |
| Tiempo Espiratorio. | A | 105 | .74 | 0.68 | .33 | 0.411 |
| | 1 | 54 | .78 | 0.74 | .28 | |

SD: Desviación Estándar. * T-Student, $p < 0.05$

GRUPOS: A: Recién Nacidos Sanos, 1: Hiperbilirrubinemia 10-20 mg/dl.

TABLA 6. COMPARACIÓN DE RECIÉN NACIDOS SANOS E HIPERBILIRRUBINEMIA DE 20-25.7 mg/dl.

| | | N | MEDIA | SD | VALOR DE P* |
|--------------------------------------|---|-----|--------|-------|-------------|
| Frecuencia Fundamental Media | A | 104 | 260.5 | 41.0 | 0.060 |
| | 2 | 14 | 238.7 | 36.9 | |
| Frecuencia Fundamental Mínima | A | 104 | 99.6 | 62.9 | 0.546 |
| | 2 | 14 | 89.3 | 28.9 | |
| Frecuencia Fundamental Máxima | A | 104 | 464.5 | 82.2 | 0.016 |
| | 2 | 14 | 406.6 | 87.8 | |
| Intensidad Máxima | A | 104 | 84.5 | 2.9 | 0.059 |
| | 2 | 14 | 83.0 | 2.6 | |
| Frecuencias Formato F1 | A | 104 | 993.6 | 203.8 | 0.387 |
| | 2 | 14 | 940.1 | 301.0 | |
| Frecuencias Formato F2 | A | 104 | 1713.1 | 370.5 | 0.492 |
| | 2 | 14 | 1787.4 | 432.6 | |
| Frecuencias Formato F3 | A | 104 | 2806.4 | 294.2 | 0.651 |
| | 2 | 14 | 2769.6 | 198.4 | |
| Frecuencias Formato F4 | A | 104 | 3781.1 | 386.8 | 0.564 |
| | 2 | 14 | 3847.4 | 496.1 | |
| Tiempo Espiratorio. | A | 104 | .7 | .3 | 0.712 |
| | 2 | 14 | .8 | .2 | |

N: Número de casos, **SD:** Desviación Estándar.

Grupo: A: Recién Nacidos de Término Eutróficos. **2.** Hiperbilirrubinemia 20-25.7.

*T-Student, $p < 0.05$.

TABLA 7. COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS EN RECIÉN NACIDOS SANOS Y CON ASFIXIA.

| | | N | MEDIA | MEDIANA | SD | VALOR DE P* |
|--------------------------------------|---|-----|--------|---------|-------|-------------|
| Frecuencia Fundamental Media | A | 105 | 260.5 | 248.0 | 41.0 | 0.065 |
| | C | 7 | 231.4 | 223.8 | 15.8 | |
| Frecuencia Fundamental Mínima | A | 105 | 99.6 | 78.3 | 62.9 | 0.385 |
| | C | 7 | 78.8 | 79.9 | 3.2 | |
| Frecuencia Fundamental Máxima | A | 105 | 464.5 | 496.2 | 82.2 | 0.000 |
| | C | 7 | 349.7 | 357.7 | 56.6 | |
| Intensidad Máxima | A | 105 | 84.5 | 84.4 | 2.9 | 0.220 |
| | C | 7 | 83.1 | 82.1 | 2.3 | |
| Frecuencias Formato F1 | A | 105 | 993.6 | 1005.5 | 203.8 | 0.282 |
| | C | 7 | 902.4 | 874.0 | 366.7 | |
| Frecuencias Formato F2 | A | 105 | 1713.1 | 1642.0 | 370.5 | 0.620 |
| | C | 7 | 1784.4 | 1902.0 | 306.8 | |
| Frecuencias Formato F3 | A | 105 | 2806.4 | 2784.5 | 294.2 | 0.691 |
| | C | 7 | 2761.6 | 2788.0 | 152.9 | |
| Frecuencias Formato F4 | A | 105 | 3781.1 | 3736.5 | 386.8 | 0.877 |
| | C | 7 | 3804.3 | 3782.0 | 286.4 | |
| Tiempo espiratorio. | A | 105 | .74 | 0.68 | .3 | 0.921 |
| | C | 7 | .78 | 0.78 | .3 | |

N: Número de casos, **SD:** desviación estándar. * T-Student, p<0.05.

GRUPO: A: Recién Nacido de Término Eutrófico. **C:** Asfixia Perinatal.

GLOSARIO.

1. **Frecuencia fundamental.** Número de aperturas glóticas por segundo o la frecuencia de la vibración cordal y es lo que escuchamos como tono de voz. Medida en Hertz.
2. **Intensidad Máxima.** Percepción de que las cuerdas vocales están oscilando a alta frecuencia. Medida en Hertz
3. **Frecuencia formato.** Los formatos son las frecuencias de resonancia que ocurren como resultado de la filtración del tracto vocal y reflejan la inervación motora de la vía aérea supraglótica. Medida en Hertz.
4. **Tiempo de llanto espiratorio.** Tiempo de sonido de llanto durante la fase de espiración. Medida en segundos.
5. **Espectrograma.** Representación espectro-temporal del sonido.
6. **Hertz.** Unidad de frecuencia equivalente a una oscilación o vibración por segundo.