

11262  
4  
20)

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES  
RESPIRATORIAS**

ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS ACUSTICAS DE  
LOS RONQUIDOS MEDIANTE UN MODELO DE  
SIMULACION Y ALGUNAS VARIABLES QUE  
LOS MODIFICAN.

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TITULO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS MEDICAS

P R E S E N T A:

**GEORGINA DEL CARMEN CHI LEM**

**TUTOR: DR. JOSE ROGELIO PEREZ PADILLA**

Jefe del Departamento de Fisiología Pulmonar  
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias  
Tlalpan 4502, México D. F. 14080

**ASESOR: DR. RAMON GONZALEZ CAMARENA**

Departamento de Ciencias de la salud  
Laboratorio de Ejercicio  
Universidad Autónoma Metropolitana

**INER**

México, D. F.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE

	Página
<b>I</b> Resumen de tesis	3
<b>II</b> Índice de abreviaturas	5
<b>III</b> Introducción	6
<b>IV</b> Justificación	11
<b>V</b> Objetivos	12
<b>VI</b> Hipótesis	12
<b>VII</b> Material y Método	12
<b>VIII</b> Tamaño de la muestra	16
<b>IX</b> Consideraciones éticas	17
<b>X</b> Resultados	18
<b>XI</b> Discusión	20
<b>XII</b> Conclusiones	23
<b>XIII</b> Anexos:	
1.- Definiciones operacionales	24
2.- Cuestionario de Sueño y Ronquidos	25
3.- Consentimiento informado por escrito	32
<b>XIV</b> Adendum	33
<b>XV</b> Bibliografía	34
<b>XVI</b> Tablas	37
<b>XVII</b> Pie de figuras	42
<b>XVIII</b> Figuras	45

## ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS ACUSTICAS DE LOS RONQUIDOS MEDIANTE UN MODELO DE SIMULACION Y ALGUNAS VARIABLES QUE LOS MODIFICAN.

Los ronquidos son un fenómeno muy frecuente en la población general. Resultan de la vibración de la faringe, del paladar blando, de los tejidos adyacentes y de la columna de aire durante una inspiración. En términos simplistas es un ruido producido por un flujo aéreo a través de una obstrucción parcial de la vía aérea faríngea. Del 1 al 2% de la población general y del 3 al 6% de los roncadores habituales tienen una enfermedad llamada Síndrome de Apnea Obstrucciona del Sueño (SAOS). Estos roncadores presentan múltiples episodios nocturnos en los que cesa por completo la respiración, llamados apneas. Las apneas provocan asfixia transitoria que cesa hasta que se interrumpe el sueño repitiéndose el ciclo en cientos de veces durante la noche. Hay factores de riesgo para roncar y son sexo masculino, obesidad, edad avanzada, factores anatómicos, funcionales, genéticos, etc.

Los objetivos fueron: Describir los ronquidos simulados acústicamente y determinar si el modelo de ronquidos simulados es un buen instrumento para evaluar y catalogar a los ronquidos, identificar los factores que modifican las características espectrales acústicas de los ronquidos simulados; vía de la respiración (nariz, boca o ambas) y posición del cuello, y por último describir que tan representativos y equivalentes son los ronquidos simulados en relación con los reales en pacientes con SAOS.

**Metodo:** El estudio se dividió en 2 fases. La primera constituida por el estudio diurno de los sujetos (sanos y enfermos) ellos simulaban roncar por nariz, por boca, por ambas cavidades simultáneamente y con pneumotacógrafo, cada una mediante el cuello flexionado y extendido (8 maniobras) se registró el sonido a través de un micrófono, se amplificó, pasó por un convertidor A-D y se guardó la señal en una micro-computadora para posteriormente ser analizada en el ámbito del tiempo y frecuencia. La señal fue capturada a una frecuencia de 14,000 y 4,000 Hz. La segunda fase consistió en el estudio nocturno de los enfermos, éstos se registraron 1 noche en el laboratorio de sueño para polisomnografía previa valoración clínica y de gabinete para determinar sus condiciones respiratorias.

### Resultados:

**A) Ronquidos simulados de sujetos control:** Se estudiaron 14 sujetos sanos con edad promedio de 33 ( $\pm$  9.5) años, 7 sujetos fueron del sexo femenino y 7 del sexo masculino con un índice de masa corporal  $x$  de 24.7 ( $\pm$  3) kg/m<sup>2</sup> para ambos sexos, se tuvieron 240 ronquidos. En el ámbito del tiempo no se apreció un patrón que caracterice la vía de la respiración durante el ronquido, en cambio sí fue posible en el ámbito de la frecuencia. Observamos en los ronquidos nasales una banda espectral entre 125 y 370 Hz, en la vía oral una banda de energía, entre 782 a 1,763 Hz, y en la vía oronasal hubo 2 bandas de energía espectral, una de ellas con frecuencias entre 20 a 800 Hz y la otra entre 900 a 1,800 Hz así mismo se detectó que dichas diferencias fueron estadísticamente significativas (Kruskal-Wallis, 2 vías  $p < 0.05$ ) excepto para AT ( $p > 0.1$ ) la combinación de varios parámetros espectrales aumentó el poder de discriminación para cada uno de los diferentes tipos de ronquido (Tukey,  $p < 0.001$ ). En el ronquido con pneumotacógrafo se detectó 2 bandas de energía espectral, comparamos éste contra las 3 vías del ronquido y hubo diferencias significativas (K-W,  $p < 0.05$ .) excepto para AT ( $p > 0.1$ ) En relación a la posición del cuello flexión y extensión, la comparación entre ellas no mostró diferencias significativas (K-W,  $p > 0.05$ ).

**B) Ronquidos simulados y espontáneos en sujetos con SAOS:** Se estudiaron 14 enfermos con edad  $x$  de 47 ( $\pm$  13) años, 12 fueron masculinos y 2 femeninos, IMC  $x$  de 35 ( $\pm$  4) kg/m<sup>2</sup>, índice de

apnea + hipopnea= 60.82 ( $\pm$  18.62) apneas/hr de sueño. Once de los pacientes tuvieron diagnóstico de SAOS puro, 3 fueron clasificados con SAOS y EPOC. En los sujetos con SAOS, no hubo diferencias significativas en las variables al comparar el mismo tipo de ronquido en condiciones simuladas y espontáneas (Wilcoxon,  $p > 0.05$ ).

Los ronquidos espontáneos como los simulados de los pacientes con SAOS conservaron el patrón descrito para cada una de las vías respiratorias analizadas en los sujetos control. La comparación entre los grupos (sanos y enfermos) con ronquidos simulados evidenciaron diferencias estadísticas en el área  $<$  de 800 Hz, en los diferentes tipos de ronquidos (T test  $p < 0.05$ ) El ronquido espontáneo más frecuente durante el sueño fue el nasal, luego el oronasal y por último el oral. Los ronquidos simulados de sujetos con SAOS tienen una relación de áreas tendiente a las altas frecuencias en relación con los sujetos sanos. Encuentro a la variabilidad de los ronquidos fue mayor entre sujetos sanos comparándola con la de un sujeto sano,

**Conclusiones:** 1.-Hay diferencias en las características espectrales acústicas de los ronquidos, las cuales van en relación con la vía que se utilice para roncar (nasal, oral y oronasal) 2.-No se alteran las características acústicas de los ronquidos, roncando en flexión ó extensión 3.-Los ronquidos simulados son equivalentes a los ronquidos espontáneos en pacientes con SAOS. 4.-Hay diferencias entre ronquidos simulados de pacientes con SAOS y sujetos sanos, que se detectan por el análisis acústico, lo que sugiere ser un instrumento adecuado para el estudio de los ronquidos.

**Discusion:** Los ronquidos simulados reproducen aceptablemente a los ronquidos espontáneos, esto simplifica el estudio de los pacientes con sospecha de SAOS ya que no sería necesario someterlos a estudio polisomnográfico para hacer diagnóstico. Dicho instrumento detecta diferencias entre individuos sanos y enfermos con SAOS. Vimos que la relación de áreas en enfermos tienden a las altas frecuencias, esto se explica por la presencia de oscilaciones desorganizadas y complejas de las estructuras faringicas, que se expresan en los registros como ruido blanco. Necesariamente las características acústicas traducen diferencias en la génesis de los ronquidos, dadas por alteraciones anatómicas que deforman las cavidades de resonancia.

### INDICE ABREVIATURAS

- SAOS: Síndrome de Apnea Obstructiva del Sueño  
CPAP: Presión Positiva Continua en la Vía Aérea.  
EEG: Electroencefalograma  
EMG: Electromiograma  
EOG: Electro-oculograma  
FAM: Frecuencia máxima detectable en el análisis espectral definido como el pico espectral a frecuencia mayor con una amplitud mayor del 3% de la amplitud máxima.  
F25 : Frecuencia al 25 % de la energía espectral.  
F50 : Frecuencia al 50% de la energía espectral.  
F75 : Frecuencia al 75% de la energía espectral.  
F95 : Frecuencia al 95% de la energía espectral.  
F99 : Frecuencia al 99% de la energía espectral.  
A1 : Área hasta 800 Hz  
A2 : Área mayor de 800 Hz  
AT : Área total.  
RA: Relación de potencias acumulativas. Área bajo el espectro por abajo de 800 Hz, dividido entre el área por arriba de 800 Hz.  
INER: Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias.  
Hz (Hertz): un ciclo por segundo  
MOR: Movimientos Oculares Rápidos.  
NoMOR o Sin MOR: Sin Movimientos Oculares Rápidos.  
PaCO<sub>2</sub>: Presión Arterial de Bióxido de Carbono.  
PaO<sub>2</sub>: Presión Arterial de Oxígeno.  
PAP: Presión Arterial Pulmonar.  
SaO<sub>2</sub>: Saturación Arterial de Oxígeno.  
TRF Transformada rápida de Fourier (en inglés las siglas son FFT).  
TTS: Tiempo Total de Sueño.  
VAS: Vías Aéreas Superiores.  
IMC: Índice de masa corporal (peso/(talla)<sup>2</sup>)

## INTRODUCCION:

Los ronquidos son un fenómeno muy frecuente en la población general. Resultan de la vibración de la faringe, del paladar blando, de los tejidos adyacentes y de la columna de aire durante una inspiración. En términos simplistas es un ruido producido por un flujo aéreo a través de una obstrucción parcial de la vía aérea faríngea (1,2). La mayor parte de los roncadores no tienen efectos adversos graves por el fenómeno. Sin embargo entre un 1 al 2% de la población general (3) y del 3 al 6% de los roncadores habituales tienen una enfermedad llamada Síndrome de Apnea Obstruccion del Sueño (SAOS) (3). Estos roncadores presentan múltiples episodios nocturnos en los que cesa por completo la respiración, llamados apneas. Las apneas provocan asfixia transitoria que cesa hasta que se interrumpe el sueño repitiéndose el ciclo en cientos de veces durante la noche (4).

El SAOS se podría describir como una roncopatía "maligna". La ocurrencia de los ronquidos en el tiempo, es muy importante para distinguir el SAOS, de los ronquidos "benignos" (4). Los ronquidos en el SAOS son muy intensos, porque se producen con un esfuerzo para respirar muy grande debido a la asfixia, de manera tal que puede oírse a varios metros de distancia, a diferencia de los ronquidos benignos que solo pueden escucharse a distancias cercanas al sujeto. Además, los ronquidos en el SAOS, son intermitentes, debido a los períodos de apnea intercalados mientras que los ronquidos "benignos" habituales suelen aparecer regularmente en todas las respiraciones y tienen una menor intensidad.

En estudios publicados se comentan diferencias acústicas de los ronquidos en pacientes con SAOS pudiéndose detectar aquellos que se realizan por la nariz, de aquellos que se llevan a cabo por boca ó simultáneamente por nariz y boca (2) En 1987 un estudio preliminar con ronquidos simulados, refieren que éstos tienen características similares a los espontáneos (5) otros trabajos se han realizado con la finalidad de dilucidar los mecanismos de generación de los ronquidos (6) así otros que se complementan con cineradiografía de la faringe durante la simulación del ronquido observando diferentes patrones de oscilación del paladar blando y de las paredes faríngeas cuando se ronca a través de nariz y boca.(7)

Pérez Padilla y cols.(2), reportan diferencias entre ronquidos de pacientes roncadores habituales (sin SAOS) y aquellos con SAOS entre las cuales mencionan que los pacientes con SAOS al presentar apneas intercaladas, el primer ronquido posterior al episodio de apnea se caracteriza por un mayor contenido de ruido blanco y altas frecuencias (por arriba de los 800 Hz) lo que no sucede con los pacientes sin SAOS.

Durante la primera respiración al terminar una apnea los pacientes con SAOS emiten un ronquido inspiratorio fuerte caracterizado por ruido blanco y dos bandas la primera con frecuencia promedio en los 450 Hz y la segunda alrededor de los 1000 Hz, lo cual es una cualidad repetitiva.

## DAÑO POTENCIAL POR LOS RONQUIDOS

Han aparecido varios estudios epidemiológicos en los que se relaciona roncar habitualmente con varios trastornos cardiovasculares (8-17). Si bien, estos resultados pueden ser confirmados en el futuro y dar una motivación adicional a los estudios de los roncadores, en el momento actual se duda de la relevancia de estos estudios. Se considera que en los pacientes con SAOS, la asociación entre el hábito de roncar y las enfermedades es debido principalmente al efecto de la apnea (17), ya que ésta incrementa el riesgo de alteraciones fatales en relación a la magnitud de la hipoxia producida (18,19). De acuerdo a éstos autores, la mortalidad en pacientes con SAOS sin tratamiento es del 25% en 9 años, situación directamente relacionada con el índice apneico, ó número de apneas por hora de sueño (18).

Adicionalmente, en enfermos pulmonares, roncar puede representar un incremento en el trabajo respiratorio debido a la resistencia aérea aumentada que puede ser difícil de compensar. Por ejemplo, en pacientes con neumopatía intersticial, roncar ocasiona una caída en la oxigenación (20), aun sin presentar apneas del sueño.

Por otra parte los sujetos que roncan presentan una gama amplia de factores desencadenantes que vá desde roncar esporádicamente, sólo después de ingerir bebidas alcohólicas ó dormir en cierta posición, (sin ninguna repercusión a la salud), hasta el que está gravemente enfermo y en riesgo de morir por un SAOS. Tenemos pues pacientes en todo el rango de gravedad de la roncopatía, que puede ser detectada en la historia clínica de los pacientes con SAOS. Es decir, los pacientes con SAOS suelen referir roncar por muchos años, antes de tener las manifestaciones típicas de la enfermedad (21).

Finalmente, tenemos que el ronquido es un sonido molesto que altera el sueño de los acompañantes y puede ocasionar dificultades conyugales incluyendo el divorcio (22).

## LIMITACIONES DE LOS ESTUDIOS DE PREVALENCIA DE RONCADORES

Carecemos de estadísticas sobre la prevalencia de roncadores en nuestro medio. En otros países, las cifras referidas son variadas debido a limitaciones técnicas para detectarlos. Por ejemplo, la prevalencia varía dependiendo si la encuesta se hizo sólo en los sujetos índice o bien en los sujetos y sus cónyuges. Es bien conocido que en ocasiones sólo el cónyuge se entera de los ronquidos. Por otro lado, depende si se pregunta en la encuesta sobre roncadores habituales, o bien habituales y ocasionales. Finalmente, siempre es esperable una discrepancia entre los cuestionarios y una medición objetiva de ronquidos, como el estudio polisomnográfico, o al menos una grabación del ruido en cinta magnética. Es factible por ejemplo detectar ronquidos leves con un estudio polisomnográfico, que ni el sujeto ni el cónyuge aceptaron en una entrevista (13). De suerte que hay limitaciones en cualquier método que se utilice.

## ESTADISTICAS DE PREVALENCIA

Varios autores han estimado la prevalencia de roncadores, habituales y ocasionales en los adultos, reportan un rango del 16-89% (8-17). Si añadimos el número de los roncadores que lo hacen sólo en ciertas circunstancias, la prevalencia de roncadores puede



## DAÑO POTENCIAL POR LOS RONQUIDOS

Han aparecido varios estudios epidemiológicos en los que se relaciona roncar habitualmente con varios trastornos cardiovasculares (8-17). Si bien, estos resultados pueden ser confirmados en el futuro y dar una motivación adicional a los estudios de los roncadores, en el momento actual se duda de la relevancia de estos estudios. Se considera que en los pacientes con SAOS, la asociación entre el hábito de roncar y las enfermedades es debido principalmente al efecto de la apnea (17), ya que ésta incrementa el riesgo de alteraciones fatales en relación a la magnitud de la hipoxia producida (18,19). De acuerdo a éstos autores, la mortalidad en pacientes con SAOS sin tratamiento es del 25% en 9 años, situación directamente relacionada con el índice apneico, ó número de apneas por hora de sueño (18).

Adicionalmente, en enfermos pulmonares, roncar puede representar un incremento en el trabajo respiratorio debido a la resistencia aérea aumentada que puede ser difícil de compensar. Por ejemplo, en pacientes con neumopatía intersticial, roncar ocasiona una caída en la oxigenación (20), aun sin presentar apneas del sueño.

Por otra parte los sujetos que roncan presentan una gama amplia de factores desencadenantes que vá desde roncar esporádicamente, sólo después de ingerir bebidas alcohólicas ó dormir en cierta posición, (sin ninguna repercusión a la salud), hasta el que está gravemente enfermo y en riesgo de morir por un SAOS. Tenemos pues pacientes en todo el rango de gravedad de la roncopatía, que puede ser detectada en la historia clínica de los pacientes con SAOS. Es decir, los pacientes con SAOS suelen referir roncar por muchos años, antes de tener las manifestaciones típicas de la enfermedad (21).

Finalmente, tenemos que el ronquido es un sonido molesto que altera el sueño de los acompañantes y puede ocasionar dificultades conyugales incluyendo el divorcio (22).

## LIMITACIONES DE LOS ESTUDIOS DE PREVALENCIA DE RONCADORES

Carecemos de estadísticas sobre la prevalencia de roncadores en nuestro medio. En otros países, las cifras referidas son variadas debido a limitaciones técnicas para detectarlos. Por ejemplo, la prevalencia varía dependiendo si la encuesta se hizo sólo en los sujetos índice o bien en los sujetos y sus cónyuges. Es bien conocido que en ocasiones sólo el cónyuge se entera de los ronquidos. Por otro lado, depende si se pregunta en la encuesta sobre roncadores habituales, o bien habituales y ocasionales. Finalmente, siempre es esperable una discrepancia entre los cuestionarios y una medición objetiva de ronquidos, como el estudio polisomnográfico, o al menos una grabación del ruido en cinta magnética. Es factible por ejemplo detectar ronquidos leves con un estudio polisomnográfico, que ni el sujeto ni el cónyuge aceptaron en una entrevista (13). De suerte que hay limitaciones en cualquier método que se utilice.

## ESTADÍSTICAS DE PREVALENCIA

Varios autores han estimado la prevalencia de roncadores, habituales y ocasionales en los adultos, reportan un rango del 16-89% (8-17). Si añadimos el número de los roncadores que lo hacen sólo en ciertas circunstancias, la prevalencia de roncadores puede

ser mayor a la reportada en los estudios epidemiológicos, los cuales tienden a subestimar el problema.

#### **DISTRIBUCION DEL RONCAR EN EL SUEÑO**

En grandes roncadores sin el SAOS, el roncar se presenta con mayor probabilidad en el sueño NO MOR especialmente en los estadios 3-4 y disminuyen en el estadio 1 y el sueño MOR (13,21,23). Las apneas en sujetos sanos tienen mayor probabilidad en el sueño 1 y en el MOR (13). En cambio en el SAOS las apneas y los ronquidos se presentan en sueño MOR (4)

#### **FACTORES DE RIESGO PARA RONCAR**

Varios principios son válidos en general: los ronquidos son más frecuentes en varones y se incrementan a edad avanzada y con la obesidad. Por efecto androgénico (24), los varones tienen en general una faringe más estrecha y flácida que las mujeres (25-30) que les favorece roncar. En los obesos, algo similar sucede por depósito de grasa. En los ancianos es probable que se deteriore el control respiratorio de la vía aérea superior.

Se ha encontrado que los roncadores tienen una vía aérea faríngea más estrecha que los no roncadores (25-30). Así mismo, la faringe de los roncadores es más colapsable que la de los no roncadores (25-30). Otras alteraciones más específicas se detallan a continuación (1,21,31):

#### **FACTORES PREDISPONENTES A LOS RONQUIDOS**

A) ANATOMICOS: Se engloba a todas aquellas causas que reducen la luz de la rino oro faringe, pueden ser de naturaleza:

- \* Congénita
- \* Desviación del septum nasal
- \* Hipertrofia de cornetes, amigdalina, y adenoidea.
- \* Micrognatia.
- \* Retrognatia.
- \* Macroglosia

B) FUNCIONAL:

- \* Hipotonía de los músculos de la Orofaringe.

C) HORMONAL:

- \* Hipotiroidismo
- \* Acromegalia ( Macroglosia )

D) DROGAS:

- \* Hipnóticos y Sedantes (ALCOHOL).
- \* Andrógenos

E) FACTORES GENETICOS:

- \* Predisposición genética para ronquidos y SAOS.

### **SIGNIFICADO BIOLÓGICO DE LOS RONQUIDOS**

Es factible que los ronquidos representen un efecto adverso de una faringe multifuncional, desarrollada por el humano (32). En el hombre, la faringe debe ser colapsable para deglutir, debe permanecer abierta al respirar y debe ser un buen resonador para la fonación (33). Estos objetivos son conflictivos y el mismo diseño la hace más colapsable al respirar, sobre todo al perder el tono muscular durante el sueño. Los ronquidos son pues el resultado de tener una faringe que tiene que ser colapsable para la alimentación y un buen resonador para el lenguaje. El desarrollo de los órganos de fonación, mejoró también el aparato de roncar. Los ronquidos pueden ser interpretados como una característica sexual secundaria masculina. Los andrógenos modifican la estructura de la faringe y facilitan roncar, así como modifican la forma y función de la laringe, haciendo una voz más grave e intensa.

### **ANÁLISIS ESPECTRAL DE LOS SONIDOS**

El sonido es, en términos de la física, la vibración de un medio gaseoso, líquido o sólido, a través del cual, la energía mecánica de una fuente se distribuye centrifugamente por ondas sonoras. Siempre que un objeto se mueve o vibra, una proporción pequeña de la energía mecánica se pierde en el medio circundante como sonido. Cuando el sonido se transmite en el aire, las ondas sonoras son en realidad ondas de presión, con zonas de mayor presión (compresión) alternando con zonas de menor presión (rarefacción), a una frecuencia similar a la del objeto productor.

Los sonidos y ruidos al grabarse, por ejemplo en una cinta magnética (amplitud contra tiempo), y observarse en un osciloscopio, muestran unas ondas repetitivas de complejidad variable. Es posible tener sonidos puros, formados por ondas sinusoidales perfectas con una frecuencia única. Estas ondas sinusoidales puras, el hombre las percibe como un sonido, si tienen una frecuencia audible en el rango aproximado de los 20-20,000 Hz

Una forma adicional de describir los sonidos, además de la relación amplitud vs tiempo (como la registra una grabadora), es describir la frecuencia vs la amplitud. A este tipo de análisis se le llama, análisis del sonido en el ámbito de la frecuencia. Por ejemplo, los sonidos puros, con ondas sinusoidales perfectas de frecuencia estable, darán en el espectro en frecuencia (frecuencia en el eje horizontal y potencia o energía en el vertical) una línea vertical única, localizada en la frecuencia apropiada. Si la frecuencia del sonido varía ligeramente en forma aleatoria alrededor de una media, el espectro dará en vez de una línea única, una campana de Gauss, con el pico en la frecuencia promedio.

Sin embargo los sonidos naturales son más complejos. Los mismos sonidos musicales suelen tener además de una frecuencia fundamental (el tono del sonido), una serie de picos a frecuencias cada vez más altas, llamados armónicos. En los sonidos generados por el hombre, los vocales (generados por las cuerdas vocales) tienen un espectro similar. Es decir, tienen picos discretos que representan una frecuencia fundamental y armónicos. Se generan por la vibración ordenada, en este caso, de las cuerdas vocales. Algunos estridores muy musicales pueden generarse de esta manera. (Figura 1, a, b y c)

Otro tipo de sonidos, los llamados fricativos por los fisiólogos del lenguaje, se producen por flujos de aire turbulento que excitan a las paredes que los conducen. Por ejemplo los sonidos consonantes del lenguaje de la "jota", de la "ge", la "ese" no se originan en las cuerdas vocales si no por flujos turbulentos en diferentes lugares de la vía aérea. En la respiración, las sibilancias se generan de una manera similar. Este tipo de sonidos tienen frecuencias muy variadas, que no originan picos si no una distribución más homogénea de la potencia del ruido en varias frecuencias. Esto indica una generación más desordenada del ruido. El extremo de "desorden" es el llamado ruido blanco, formado de manera aleatoria por una infinidad de frecuencias, que dan un espectro con una línea horizontal, sin ninguna periodicidad. Muchos de los sonidos reales, mezclan componentes de periodicidad y componentes sin periodicidad semejantes al ruido blanco. (Figura 1-d)

Una tercera forma biológica de generar ruido, llamado de transitorios, es por la apertura brusca y explosiva de una separación entre 2 zonas con diferente presión. En el lenguaje, las consonantes "P" y "K", son producidas de ésta manera, en los labios y en la garganta. En la respiración, los estertores crepitantes son producidos por la apertura súbita de una vía aérea terminal colapsada.

La manera habitual, en la que el registro del ruido, (amplitud contra tiempo), se descompone en sus frecuencias formantes, es a través de un procedimiento matemático llamado transformada de Fourier. El principio en que se basa, es que es posible reproducir cualquier forma de onda repetitiva, con una combinación de ondas sinusoidales perfectas, siempre y cuando se sumen adecuadamente modificando su amplitud, frecuencia y fase. Así por ejemplo, una onda cuadrada de una frecuencia de 60 por minuto, se reproduce con un senoide a 60 por minuto, pero la subida y descenso bruscos del cuadrado, y la meseta se reproducen por senoideos adicionales de frecuencias crecientes, acomodados adecuadamente.

Sumando ondas sinusoidales de la misma frecuencia, se obtiene otra sinusoidal con una amplitud que es la resultante de la suma algebraica de ambas. Pero si se suman ondas con diferente frecuencia (la fundamental y los armónicos, que tienen una frecuencia que es un múltiplo de la fundamental), fase y amplitud, se generan ondas más complejas, pero que tienen la característica de ser repetitivas. En sentido inverso, una onda compleja repetitiva, se puede descomponer en sus armónicos sinusoidales, y graficarlos en lo que se llama espectro en frecuencia, que contiene toda la información de las series de Fourier, excepto la relación de fase entre ellas. (34-36) figura 2 y 3

En general los límites superiores de la frecuencia se incrementan cuando la señal tiene cambios rápidos en la onda, tal y como se muestra en el cuadro.

### RANGO DE FRECUENCIAS DE ALGUNAS VARIABLES FISIOLÓGICAS

Señal	Rango de frecuencias (Hz)
Sonidos audibles	20-20,000
Electromiograma	10-5,000
Fonocardiografía	40-2,000
Ruidos respiratorios	20-1,000
Electrocardiograma	0.1-200
Tensión arterial	0-200
Electro-oculograma	0-120
Electroretinograma	0-10
Temperatura	0-1
Respiración	0.1-0.5
Potenciales galvánicos	0-0.1

### HALLAZGOS EN EL ANALISIS ESPECTRAL DE LOS RONQUIDOS

Podemos decir que los ronquidos representan un ruido que se produce por vibraciones en el aire y en la vía aérea faríngea. La presión intrafaríngea y el flujo aéreo tienen oscilaciones durante los ronquidos que van en paralelo al registro del ruido (figura 4). Por otro lado, el análisis del ruido de los ronquidos se ha sistematizado bastante. Los ronquidores benignos que lo hacen por la nariz (con la boca cerrada) suelen producir un ruido casi musical, que se demuestra por una serie de picos bien definidos en el espectro en frecuencia, similar a lo que sucede con los sonidos vocales. Los ronquidos oronasales de pacientes sin SAOS, tienen un mayor contenido de ruido blanco, tendencia mucho mayor en los ronquidos de los pacientes con el SAOS (37,38). Se puede decir que el ronquido nasal en sujetos sin SAOS semeja el sonido vocal producido al hablar, mientras que el sonido en los ronquidos de pacientes con el SAOS semeja más el sonido fricativo de las consonantes como la "ge" o "jota".

Otro aspecto que puede distinguir a los diferentes tipos de ronquidos es la variabilidad del espectro sonoro, en relación al tiempo. El espectro sonoro de los ronquidos oronasales es más variable que el de los nasales, especialmente en los pacientes con el SAOS. (2)

### JUSTIFICACION:

La presencia de ronquidos es un síntoma frecuentemente recabado durante el estudio de patologías asociadas a alteraciones del sueño. Suena muy atractivo el hecho de poder delimitar mediante caracterización acústica a los ronquidos en 2 grupos como son los ronquidos "benignos" de los "malignos," éstos últimos por su asociación a patología como es el SAOS. Nuestro interés es describir el fenómeno y saber si el modelo de simulación de ronquidos tiene utilidad para el diagnóstico de pacientes con SAOS (no hay en la literatura solidez para sustentar que dicho modelo es adecuado para el estudio de los ronquidos) así mismo se podría evitar el estudio polisomnográfico para el diagnóstico de ésta enfermedad y permitiría optimizar recursos humanos y económicos, también es importante detectar a los pacientes con SAOS en fases lo más tempranas posibles, ya que es un síndrome que tiene alternativas de tratamiento y con ellas la mortalidad se reduciría.

Esta línea de investigación podría extrapolarse al estudio del sonido en las diferentes patologías del aparato respiratorio y en un futuro realizar evaluaciones referentes a pruebas diagnósticas.

### OBJETIVOS:

#### OBJETIVO PRINCIPAL

1. Describir a los ronquidos simulados desde el punto de vista acústico
- 2.-Determinar si el modelo de ronquidos simulados es un buen instrumento para evaluar y catalogar a los ronquidos.

#### OBJETIVOS SECUNDARIOS:

1. Describir los factores que modifican las características espectrales acústicas de los ronquidos simulados; vía de la respiración (nariz, boca o ambas) y posición del cuello (respirando aire ambiente).
- 2.- Describir que tan representativos y equivalentes son los ronquidos simulados en relación con los reales en pacientes con SAOS.

### HIPOTESIS

#### GENERAL

Los ronquidos simulados, reproducen aceptablemente a los reales, lo que les permite ser un modelo simplificado para el estudio de éstos.

#### PARTICULARES

1- Es más fácil roncar con el cuello flexionado que extendido, y se generan sonidos más graves. El ronquido "nasal", es diferente al "oral" en cuanto a su espectro de sonido.

### METODO

**Sujetos:** En total se estudiaron 14 sujetos sanos no roncadores y 14 pacientes con SAOS, reclutados al momento del diagnóstico en el INER de acuerdo a los criterios de inclusión, exclusión y eliminación (anexo 1). Los pacientes y los controles fueron residentes de la Ciudad de México o área Metropolitana a una altitud de 2000-2400 m sobre el nivel del mar (ver tablas 1 y 6). El grupo de sujetos sanos fueron instruidos para realizar y registrar únicamente ronquidos diurnos simulados e inspiratorios; mientras que en el grupo de pacientes con SAOS se registraron tanto ronquidos diurnos simulados como espontáneos durante la etapa de sueño.

**Sistema acústico de registro:** Para el registro de los ronquidos se utilizó un micrófono electret (MOD 1874, Knowles) cuya respuesta en frecuencia va de los 20 a los 20,000 Hz. El micrófono fué acoplado a un amplificador de baja distorsión de fase (LTI-505) con respuesta en frecuencia de 100 a 15,000 Hz. El micrófono fué fijado en el interior de una

campana metálica de estetoscopio con diámetro de 2.8 cm y volumen interno de 2 mL. El sistema completo micrófono-campana-amplificador fué evaluado mediante un analizador de ayudas auditivas, con el cual se determinó que la respuesta en frecuencia del sistema fué plana ( $\pm 3$  dB) en el rango de los 100 a los 5,000 Hz.

**Adquisición y procesamiento de señales acústicas:** La señal proveniente del micrófono fué digitalizada a 2 frecuencias de muestreo, 14,000 y 4,000 Hz en los sujetos control, mientras que solo se utilizó la frecuencia de muestreo de 4,000 Hz en la adquisición de los ronquidos de los sujetos con SAOS, para la digitalización se empleó un convertidor A-D de 12 bites con 16 canales de entrada y velocidad máxima de muestreo de 30 KHz (PCL-812, Advantech Co. Ltd). La tarjeta convertidora fué instalada en una microcomputadora (Dell pentium, optiplex 560/L) la cual contó con la programación tanto para la adquisición como para el procesamiento de acuerdo a características descritas por Pohl-Alfaro y Cols (39) en resumen la programación de adquisición fué realizada en lenguaje C mientras que la de procesamiento utilizó el paquete comercial MATLAB el cual permitió realizar diversos procesamientos como fueron el análisis espectral, la segmentación de la señal, la determinación de áreas bajo la curva espectral y el despliegue de gráficas tiempo-amplitud, amplitud-frecuencia y tiempo-frecuencia.

En particular, la estimación espectral de los registros acústicos de ronquidos puede hacerse mediante el modelo de Fourier, el cual se basa en el algoritmo de Cooley-Tukey y los modelos autorregresivos como los que utilizan el algoritmo de Burg (39). El programa de procesamiento utilizado en el presente estudio contiene ambos modelos; sin embargo, la descripción hecha en resultados está orientada hacia la estimación espectral por la transformada rápida de Fourier. Desde éste punto de vista, en el procesamiento se utilizaron 1024 puntos, con ventanas tipo Hanning.

**Procedimiento:** El presente estudio estuvo dividido en 2 fases la primera fué descriptiva y la segunda comparativa. Tuvo un diseño experimental, transversal y prolectivo. La primera fase estuvo constituida por el estudio diurno de los sujetos y la segunda, por el estudio nocturno de los paciente.

#### **a) PARTE DIURNA DEL PROYECTO, CON SIMULACION DE RONQUIDOS:**

Todos los ronquidos que fueron registrados se seleccionaron de manera subjetiva cuando los pacientes emitan un sonido inspiratorio de características vibrantes. La simulación incluyó 3 vías de inspiración para provocar el ronquido, a) por nariz, ó ronquido nasal, manteniendo la boca cerrada, b) por boca, ó ronquido oral, teniendo la nariz ocluida con una pinza nasal y c) por ambas cavidades simultáneamente, ó ronquido oronasal, estando ambas vías permeables. A éstas condiciones para simulación de los ronquidos se agregó una cuarta que consistió en inspirar por la boca, sin embargo la respiración se hizo através de un pneumotacógrafo, con la intención de analizar el efecto del instrumento sobre las características acústicas de los ronquidos orales. Cada una de las 4 maniobras mencionadas se realizaron en flexión y en extensión del cuello, de acuerdo a las definiciones operacionales descritas en el anexo 1. El paciente permaneció en decúbito dorsal mientras simulaba roncar por las diferentes vías y posiciones del cuello, se colocó el micrófono a 30 cms lateral, tomando como referencia la comisura bucal izquierda; mediante el cual se capturaron en promedio 3 ronquidos por maniobra a 14,000Hz y 6 ronquidos a 4,000Hz.

**b) PROTOCOLO DEL ESTUDIO NOCTURNO EN LOS ENFERMOS**

Se estudiaron 14 enfermos con sospecha de SAOS, una noche, de acuerdo a la rutina del laboratorio de sueño del INER, las características generales se encuentran en tabla 6. Los pacientes con SAOS no fueron sometidos a ninguna prueba que no se hiciera rutinariamente para su manejo. (40-42).

El estudio en sujetos con SAOS consistió en:

- 1: Historia relacionada a trastornos del sueño y clínica completa.
  - 2: Oximetría en reposo.
  - 3: Espirometría.
  - 4: Radiografías PA de torax y lateral de cuello para partes blandas
  - 5: Evaluación completa por el servicio de Otorrinolaringología.
  - 6: Protocolo del estudio durante el sueño (Polisomnográfico). El sujeto fué citado al laboratorio del sueño a las 20:30 horas. Se le colocaron los electrodos e instrumentos de medición, en aproximadamente 30 minutos, posterior a lo cual se inició el registro en el momento en que el sujeto decidió dormir. El registro terminó, cuando el sujeto despertó espontáneamente en la mañana ó involuntariamente a las 6am, lo que ocurrió primero. Inmediatamente antes, se aplicó el cuestionarios que valoró la calidad subjetiva del sueño (anexo 2).
- a- Los estadios del sueño fueron determinados por criterios estándar: Se registró el electroencefalograma (EEG), con las derivaciones C3-A2 o C4-A1, el electro-oculograma (EOG) para ver movimientos oculares, y el electromiograma submentoniano (EMG) para determinar el tono muscular. Con estos registros fué posible determinar si el sujeto estaba despierto o dormido y en que estadio de sueño se encontraba. Estas señales se registraron en un electroencefalógrafo (EEG 5400 A/K, Nihon Kodhen), mientras eran capturadas en una computadora Acer 1,100 la cual cuenta con un programa que automatiza el análisis del registro (SAC, Oxford Instruments)
  - b- La saturación arterial de oxígeno (SaO<sub>2</sub>) se registró continuamente, por métodos no invasivos, utilizando el oxímetro de pulso Ohmeda 4700 OxiCap. Este tipo de aparatos ya ha sido probado y calibrado en la altura de la ciudad de México previamente.
  - c- Los ronquidos fueron grabados de forma en que sucedieron, a una frecuencia de 4,000 Hz, el tiempo de registro fué variado ya que la duración de los ronquidos espontáneos es mayor a los simulados (hasta 3 segundos). La metodología para la capturar de los ronquidos fué la misma que la utilizada en la fase de simulación y siempre en decúbito dorsal.
  - d- El electrocardiograma fué registrado continuamente, con el objeto de observar cambios en la frecuencia cardiaca y sobre todo detectar la presencia de arritmias cardiacas.
  - e- El EMG de los músculos tibiales anteriores se registró con el objeto de detectar contracciones mioclónicas periódicas, que en ocasiones se asocian al final de los periodos apneicos o bien son causa independiente de problemas para dormir.
  - f- El flujo aéreo en nariz y boca se detectó mediante el uso de termopares (TCT-1R transducer; Grass Instrument Company) colocados en nariz y otro sobre la cavidad bucal. Estos cambian la corriente eléctrica al cambiar la temperatura y así se



podieron utilizar para detectar los movimientos de aire. Es la técnica más común usada para este fin, principalmente por la sencillez de su uso.

- g- Los movimientos respiratorios en tórax y abdomen fueron registrados con el uso de detectores piezo eléctricos (Pro-Tech adult size 2, 35-52 inches), que permitieron valorar la presencia de obstrucción aérea durante una apnea. Son bien tolerados por lo que también son de uso común en los laboratorios del sueño.
- h- Al detectar apneas frecuentes en los pacientes se hizo una prueba terapéutica con CPAP nasal y no se volvieron a registrar ronquidos.

#### **ANÁLISIS DE LOS REGISTROS**

El polígrafo corre habitualmente a 10 mm/segundo durante un estudio de sueño, por lo que al final de un registro nocturno, de 7-8 horas tenemos un total de 250 a 300 m para analizar. La cantidad de información es enorme, por lo que es importante usar computadoras para un análisis automático de varias variables.

Se determinaron los estadios del sueño por criterios estándar, que dividen el registro en épocas de 30 segundos que en general se analizan independientemente de las adyacentes. El estadio de sueño de cada época, es el predominante en esa época. Posteriormente se calcula la distribución de la noche en los diferentes estadios del sueño.

Otros parámetros evaluados son la latencia al sueño, latencia a sueño MOR y el número de despertares por noche o por hora de sueño. Este último dato es un índice de la fragmentación del sueño. (40-42)

ANÁLISIS DE LA RESPIRACION. Se buscaron en todo el registro las anomalías respiratorias:

- a-Apneas. Se definieron como la ausencia de flujo aéreo (detectado por los termopares y el micrófono) por más de 10 segundos. Las apneas se catalogaron como obstructivas cuando los movimientos respiratorios persistían durante la apnea (registradas por los detectores de tensión en tórax y abdomen). Un dato adicional para la clasificación de apneas obstructivas fue la presencia de un ronquido al reinicio de la respiración. Las apneas se clasificaron como centrales cuando el esfuerzo respiratorio estuvo ausente durante la apnea y mixta cuando inició como central y terminó como obstructiva.
- b-Hipopneas. Se definieron como disminución del flujo respiratorio a menos del 50% del basal, asociado a disminución de la SaO<sub>2</sub> de más del 4%. Se catalogaron como obstructivas cuando los movimientos respiratorios se mantuvieron o hubo ronquidos y centrales cuando los movimientos respiratorios disminuyeron y no hubo ronquidos.
- c-Respiración periódica o de Cheyne-Stokes. Es la presencia de un patrón respiratorio que consiste en una respiración cuya profundidad aumenta progresivamente hasta llegar a un máximo, para luego disminuir hasta un mínimo que puede o no ser una apnea.
- d-Desaturaciones. Se definió como la disminución de la SaO<sub>2</sub>, de más del 4% con respecto a la basal del mismo estadio de sueño. La basal fue un promedio de la SaO<sub>2</sub> cuando no hubo apneas, hipopneas o respiración periódica.

En resumen en cada paciente se registró el número y tipo de apneas e hipopneas de desaturaciones y la SaO<sub>2</sub> promedio. Todos estos parámetros fueron evaluados por noche y por estadio de sueño. Calculamos el llamado índice apneico que es el número total de

apneas e hipopneas dividido entre el tiempo total de sueño expresado en horas, en otras palabras el número de apneas e hipopneas por hora de sueño.

#### ANÁLISIS DE RONQUIDOS:

- I.- Se analizaron los ronquidos simulados en las diferentes etapas experimentales y algunos fueron comparados con ronquidos reales en pacientes con SAOS. Del espectro en frecuencia, obtenido por la transformada rápida de Fourier, se tomaron varios índices (2) como son:
- FAM** La máxima frecuencia detectable; el límite más alto del espectro, definido como el pico espectral con una amplitud mayor del 3% de la amplitud máxima. Este índice nos permitirá ver la extensión del ruido hacia frecuencias más altas.
- RA** Relación de potencias acumulativas. El cociente entre las áreas bajo el espectro en frecuencias por abajo de 800Hz y por arriba de 800 Hz. Este índice da una idea adicional sobre el componente de altas frecuencias en el espectro.
- F25=** Frecuencia al 25 % de la energía espectral.  
**F50=** Frecuencia al 50% de la energía espectral.  
**F75=** Frecuencia al 75% de la energía espectral.  
**F95=** Frecuencia al 95% de la energía espectral.  
**F99=** Frecuencia al 99% de la energía espectral.  
**A1=** Area hasta 800 Hz  
**A2=** Area mayor de 800 hz hasta 2,000 Hz  
**A3=** Area mayor de 2,000 hasta 7,000 Hz  
**AT=** Area total.

#### **TAMAÑO DE LA MUESTRA**

Los tamaños fueron calculados para comparación de medias de grupos pareados (los mismos sujetos antes y después de una maniobra), con una alfa bimarginal de 0.05, y con una potencia de 80%. Las mediciones más importantes en frecuencia que se utilizaron fueron Fo (frecuencia fundamental), FAM, F95. Las desviaciones estándar son aproximaciones tomadas de un grupo de roncadores reales durante el sueño (2). Se calculó exactamente la DE para varios ronquidos de un sujeto particular, pero la DE, variaba de sujeto a sujeto (2). Es decir, en algunos pacientes hay mayor variabilidad que en otros, inter-ronquido. Es factible que en la simulación de ronquidos, la variabilidad sea mucho menor, y por lo tanto que nuestro tamaño de muestra esté exagerado.

#### **RONQUIDOS ATRAVÉS DE LA NARIZ**

Variable	DE (Hz)	Diferencia considerada importante (Hz)	n calculada
Fo	15	15	8
FAM	30	30	8
F95	100	100	8

**RONQUIDOS ORONASALES**

Variable	DE (Hz)	Diferencia considerada importante (Hz)	n calculada
Fo	20	15	14
FAM	200	150	14
F95	200	150	14

Por lo tanto con 14 sujetos, se tuvo una potencia del 80% para detectar las diferencias descritas, siempre y cuando la variabilidad sea la calculada. Como se mencionó, es probable que la variabilidad sea menor, para los ronquidos simulados.

Por otro lado se hizo un estudio piloto con 10 sujetos que simulaban roncar por las diferentes maniobras contempladas en nuestro protocolo: Se calculó la varianza, se aplicó la fórmula para comparación de promedios y se agregaron las pérdidas del 20%; contemplando una alfa bimarginal de 0.05% y un error beta del 80%, esto reforzó el requerimiento de 14 sujetos por grupo.

**CONSIDERACIONES ETICAS**

El protocolo se evaluó por el comité de ética del INER y fue aprobado ya que no ofreció riesgo a los voluntarios sanos y a los pacientes con SAOS, sólo se les adicionó a su estudio de rutina el roncar voluntariamente. Se les solicitó el consentimiento informado. (Ver anexo 3)

## RESULTADOS:

### A) Ronquidos simulados de sujetos control:

Para la evaluación de la acústica de los ronquidos simulados de sujetos control, se estudiaron 14 sujetos sanos, quienes cubrieron adecuadamente los criterios de inclusión. La edad promedio fue de 33 ( $\pm$  9.5) años, 7 sujetos fueron del sexo femenino y 7 del sexo masculino con un índice de masa corporal  $x$  de 24.7 ( $\pm$  3) kg/m<sup>2</sup> para ambos sexos (Tabla no. 1). En cada sujeto se registraron de 2 a 6 ronquidos por maniobra (nasal, oral, oronasal y con boquilla), tomando por separado las condiciones de posición del cuello, en flexión y extensión. En consecuencia, se exploraron un total de 8 maniobras, a partir de las cuales se tuvieron 240 ronquidos adquiridos a una frecuencia de muestreo de 14,000 Hz, con un tiempo de registro de 2 segundos. Debido a que las variables espectrales de interés tuvieron una distribución no-Gaussiana, los resultados se expresan con estadísticos no paramétricos.

### n) Vía de respiración durante el ronquido:

Cuando se grafica amplitud del sonido contra tiempo no se aprecia un patrón que caracterice la vía de la respiración durante el ronquido (figura 5, 6, 7), ya que la variabilidad intra individuo para el mismo tipo de ronquido es grande (nasal del 5 hasta un 35%). Sin embargo, al graficar el sonido en el ámbito de la frecuencia se pueden apreciar patrones que identifican la vía por la cual se ronca; en el caso de los ronquidos nasales se observó que la mediana de la FAM se ubicó en los 221 Hz, aunque es fácilmente identificable que el ronquido nasal presenta una banda espectral entre 125 y 370 Hz (figura 8). Algunos de los ronquidos nasales mostraron un patrón caracterizado por una frecuencia fundamental de baja frecuencia, la cual es seguida de un número variable de armónicos (figura 9) dentro de la banda espectral mencionada.

Cuando se utilizó la vía oral para roncar, en el dominio del tiempo se observa un registro más denso que indica el mayor contenido en frecuencia (figura 6). De hecho, por estimación espectral se distingue una banda de energía, entre 782 a 1,763 Hz, con una FAM de 1,122.70 Hz (figura 10). Al analizar la vía oronasal en el dominio del tiempo no se observan diferencias con respecto al ronquido oral. Sin embargo por análisis espectral se identificaron 2 bandas de energía espectral, una de ellas con frecuencias entre 20 a 800 Hz y la otra entre 900 a 1,800 Hz (figura 11, 12 y 13).

Con la intención de conocer la posible existencia de distorsión en las características acústicas de los ronquidos debidas al uso de boquillas junto con equipo para medición de volumen ó flujo, se analizaron los ronquidos orales durante la inspiración a través de un pneumotacógrafo. Los resultados indicaron que, en el dominio del tiempo, no es posible distinguir un patrón particular. En el dominio de la frecuencia se encontraron dos bandas de energía espectral, a semejanza de los ronquidos oronasales, la banda con mayor contenido de energía espectral entre 100 a 700 Hz y la banda de menor contenido de energía espectral entre 1,000 y 1,500 Hz. La comparación de los ronquidos con

pneumotacógrafo contra el ronquido oral (figura 14) indicó diferencias significativas (K-W,  $p < 0.05$ ) con desplazamiento de la FAM hacia frecuencias por debajo de los 700 Hz, lo cual tiende a semejar el patrón de los ronquidos nasales. Sin embargo, al comparar los ronquidos instrumentados contra los nasales también se encontraron diferencias estadísticas (K-W,  $p < 0.05$ ) ya que el valor de la FAM en los ronquidos instrumentados fue mayor a la de los ronquidos nasales (figura 15).

Al comparar las características espectrales entre los ronquidos simulados por las vías: nasal, oral y oronasal, se encontraron diferencias significativas en casi todos los parámetros espectrales (Kruskal-Wallis, 2 vías  $p < 0.05$ ) excepto para AT ( $p > 0.1$ ) figura 16. No obstante que la FAM ha sido considerada como uno de los parámetros más representativos de las características acústicas de los sonidos, en el estudio actual no permitió separar los ronquidos orales de los oronasales (Tukey,  $p = 0.65$ ). Sin embargo la combinación de varios parámetros espectrales aumentó el poder de discriminación de patrones característicos para cada uno de los diferentes tipos de ronquido (Tukey,  $p < 0.001$ ).

#### b) Posición del cuello:

En relación a las posiciones de flexión y extensión, la comparación entre ellas no mostró diferencias estadísticas (K-W,  $p > 0.05$ ) en ninguno de los parámetros espectrales medidos (figura 17, 18, 19 y 20). En las tablas 2-5 se expresan los valores obtenidos de los 14 sujetos sanos que simulaban roncar en las diferentes maniobras, observese que no hay diferencias importantes comparando las medianas y que la dispersión de los datos es grande.

#### B) Ronquidos simulados y espontáneos en sujetos con SAOS:

Del grupo de enfermos, se estudiaron 14 sujetos con edad  $x$  de 47 ( $\pm 13$ ) años, 12 fueron masculinos y 2 femeninos, IMC  $x$  de 35 ( $\pm 4$ ) kg/m<sup>2</sup>, índice de apnea + hipopnea = 60.82 ( $\pm 18.62$ ) apneas/hr de sueño. Once de los pacientes tuvieron diagnóstico de SAOS puro, mientras que 3 de los pacientes fueron clasificados con SAOS y EPOC agregado (tabla 6).

En la tabla 7 se muestran los valores obtenidos en la fase diurna de simulación de ronquidos (3 ronquidos por maniobra en cada sujeto) y la fase nocturna de captura de ronquidos espontáneos (8 ronquidos por paciente). El tipo de ronquido espontáneo que con mayor frecuencia se observó fue el nasal 9/14, luego el oronasal 5/14 y por último el oral 3/14.

En los 14 sujetos con SAOS, no hubo diferencias significativas en las variables FAM, F25, F50, F75, F95 y F99 al comparar el mismo tipo de ronquido en condiciones simuladas y espontáneas (Wilcoxon,  $p > 0.05$ ) Figura 21 y 22.

Tanto los ronquidos espontáneos como los simulados de los pacientes con SAOS conservaron el patrón descrito para cada una de las vías respiratorias analizadas en los sujetos control. Sin embargo, la comparación entre los grupos, a través de los ronquidos

simulados de sujetos sanos contra ronquidos simulados de pacientes con SAOS, evidencian diferencias estadísticas en el área < de 800 Hz en todas las vías de respiración analizadas (T test  $p < 0.05$ )

También hay tendencias cuando analizamos la relación entre áreas. Los ronquidos nasales, orales y oronasales simulados de sujetos con SAOS tuvieron una RA tendiente a las altas frecuencias, manifestada por valores menores en la RA en relación a los sujetos control (Ver tabla 8). Sin embargo, las diferencias de la RA entre sujetos sanos y sujetos con SAOS no fueron estadísticamente significativas.

#### C) Variabilidad de los ronquidos:

En términos generales existe una mayor variabilidad de los ronquidos entre sujetos sanos comparándola con la variabilidad intra sujeto sano (tabla 9). Por otro lado la variabilidad en la fase de simulación de ronquidos de sujetos sanos contra enfermos es mayor y si comparamos la variabilidad de los ronquidos en la fase de simulación de enfermos con la variabilidad de los ronquidos espontáneos en éstos último, es mayor (tabla 10)

También hablar de variabilidad intrasujeto es muy complejo, ya que depende del sujeto del que estemos describiendo; influye la gravedad de la enfermedad, las condiciones anatómicas de orofaringe etc. Sin embargo se escogieron 3 sujetos para expresar la variabilidad tomando en cuenta el tipo de ronquido (tabla 11).

### DISCUSION:

En el presente estudio se evaluaron los ronquidos simulados como un instrumento para estudiar a los ronquidos espontáneos, así mismo, los ronquidos se caracterizaron espectralmente en el ámbito de la frecuencia, basándonos en la vía de la respiración por la cual se roncó (nasal, oral y oronasal), y a su vez analizamos la participación de la posición del cuello en dichas características, en un grupo control constituido por sujetos sanos. Por otro lado se hicieron comparaciones en relación al modelo de ronquidos simulados de sujetos sanos con un grupo de enfermos con SAOS.

Se observó una mayor variabilidad intrasujeto en ronquidos simulados de pacientes con SAOS que en sujetos sanos y ésta fué mayor para los ronquidos espontáneos, lo obtenido es esperado para los enfermos ya que el sustrato anatómico es diferente. En nuestro grupo de pacientes con SAOS tuvimos 3 individuos con EPOC agregado, lo que pudiera estar alterando la variabilidad en los pacientes con SAOS puro, es conocido que al presentar las 2 patologías la severidad de la apnea, la intensidad de los ronquidos y las desaturaciones son mayores. En el grupo de simuladores sanos la variabilidad entre sujetos en fase de simulación, es mayor que la de los pacientes con SAOS, aquí pudiera estar influyendo el hecho de que en los controles la mitad fueron del sexo femenino y la otra mitad fueron masculinos (no controlamos por sexo).

En los registros desplegados en la amplitud contra el tiempo Beck y Cols (38) han descrito 2 tipos de ondas las cuales denomina: ondas simples éstas son ondas quasi-sinusoidal con

pocas oscilaciones internas secundarias y ondas complejas; cuyas características son de amplitud decreciente y con oscilaciones internas secundarias. Las observaciones que ellos hacen son en base a un segmento de toda la señal (ronquido) lo que no es muy conveniente para tratar de describir un fenómeno en su conjunto, nosotros observamos que los ronquidos estaban conformados por ambos tipos de ondas y ello dependía del sitio de corte ó segmentación de la señal para el análisis en frecuencia. Sin cortar la señal pudimos hablar de un predominio de bajas y altas frecuencias.

El grupo de Pérez Padilla y Cols (2) estudió ronquidos nasales y oronasales en sujetos roncadores habituales (sin SAOS) y enfermos con SAOS, ellos describen a los ronquidos nasales con una frecuencia fundamental y armónicos, dichas características fueron observadas de forma ocasional por nosotros tanto en sujetos control como en enfermos con SAOS, además ubican la energía espectral en frecuencias por debajo de los 800 Hz lo que contiene a la banda de bajas frecuencias que se describió en resultados.

Se estudió en el presente trabajo, las características acústicas del ronquido llevado a cabo através de la cavidad oral, ubicamos una banda de energía espectral cuyas frecuencias se localizaron entre los 782 a 1,763 Hz, el haber estudiado los componentes nasal (banda espectral de baja frecuencia) y el oral; fuimos capaces de interpretar mejor el espectro de los ronquidos oronasales. Es relativamente fácil distinguir la vía que preferentemente se utilizó para roncar por la vía oronasal, si ubicamos a la FAM.

También extendimos nuestros registros en la frecuencia de adquisición de los datos hasta los 7,000 Hz los patrones descritos se encuentran básicamente hasta los 2,000 Hz, por arriba de ésta frecuencia no detectamos un patrón característico agregado sin embargo algunos sujetos sanos tienen un porcentaje de energía espectral no despreciable en el área por arriba de los 2,000 Hz esto depende del tipo de ronquido del que se trate (mismo paciente del 22 - 59%).

En cuanto a la génesis que explique a los ronquidos nasales tenemos que su espectro fué similar al de aquellos sonidos que se producen en las cuerdas vocales y se explicarían por la vibración ordenada de la faringe ó del paladar blando (2), Listro y Cols (7) mediante cineradiografía aprecia en éste tipo de ronquidos: el paladar blando se pone en contacto estrecho con la parte posterior de la lengua y solo la úvula oscila, en cambio los ronquidos orales y oronasales cuyo espectro en el análisis en frecuencia es similar (no tuvo diferencias estadísticamente significativas) en cuanto a la FAM se refiere, es factible que la mayoría roncara con predominio de la vía oral, éstos pueden corresponder al tipo de sonido fricativo el cual se caracteriza por contener ruido blanco, se explica por la vibración desorganizada y compleja de las paredes faríngeas así como oscilaciones de alta frecuencia que involucraban al paladar blando de forma completa (2,7). Necesariamente los mecanismos de generación del sonido involucrados deben ser diferentes entre el ronquido nasal y el oral.

Existen estudios donde se describen las características de los ronquidos simulados, sin embargo éstos se realizan en animales de experimentación como son los perros(38), voluntarios sanos con un número reducido de pacientes de 2 a 6 (38 y 43) otros utilizan como controles roncadores habituales, no se especificó ni se enfatizó la vía del ronquido, adquieren registros con instrumentación, etc. Solo hay 1 estudio comparativo sin controles sanos donde graban ronquidos nasales de sujetos sin SAOS y son comparados con

ronquidos oronasales de pacientes con SAOS, luego entonces encuentran diferencias que son explicadas por comparación de 2 diferentes vías del ronquido (2). En la actualidad no existen comparaciones utilizando el mismo sujeto en simulación y roncando espontáneamente. Situación que pretendimos llevar a cabo para aceptar ó rechazar el modelo de ronquidos simulados como un instrumento para estudiar a los ronquidos.

Podemos expresar que los ronquidos simulados reproducen bien a los ronquidos espontáneos en pacientes con SAOS (no hubo diferencias significativas) es esperado ya que el sustrato anatómico permanece constante de día ó de noche, sin embargo éste puede ver más comprometido por la fisiología del sueño, (debido a que hay relajamiento del tono muscular lo que con lleva a que las cavidades se amplien y las estructuras blandas distorcionen más las cavidades originándose resonancia) por lo que nosotros no adquirimos ronquidos en estadio REM. Ante la premisa anterior se simplificaría el estudio de los pacientes con sospecha de SAOS, ya que no sería necesario someterlos a polisomnografía para diagnóstico y en un futuro no lejano y si el instrumento lo permite podríamos identificar la gravedad de los mismos por el estudio de las características espectrales acústicas. Otro punto a favor es el hecho de que dichas características no se ven afectadas por la posición del cuello (flexión ó extensión) ya que en los ronquidos espontáneos, el paciente los puede generar en cualquiera de las dos posiciones. También se observó que es más cómodo roncar con cuello flexionado que extendido y no se generaron sonidos graves, el ronquido nasal simulado fué el que presentó mayor dificultad para generarse.

No hay estudios en la literatura que comparen simulación de ronquidos en sujetos sanos como controles contra ronquidos simulados en enfermos. El instrumento detectó diferencias entre simulaciones de ronquidos de individuos sanos y de sujetos con SAOS en el área ubicada por debajo de los 800 Hz. Al realizar las comparaciones por tipo de ronquido entre estos 2 grupos, los enfermos presentaron una relación de áreas tendientes a las altas frecuencias. Esto puede ser explicado por la presencia de oscilaciones desorganizadas y complejas de las estructuras faríngeas que se suman de forma constante a las características espectrales acústicas de los ronquidos lo que se traduciría en mayor ruido blanco en los registros.

Por otro lado para estudiar la posible génesis de los ronquidos es necesario monitorizar simultáneamente los flujos, esto requiere de instrumentación adicional por lo cual se analizó el comportamiento del sonido ante éstos implementos, constatamos distorsión del sonido, el tipo de ronquido que se obtiene es peculiar ya que tiende a ser nasal y difiere del oral, realmente tiene características propias.

Nuestros futuros esfuerzos estarán dirigidos al estudio de las características mecánicas de los ronquidos simulados como de ronquidos espontáneos con la finalidad de poder entender el mecanismo de generación de los ronquidos y realizar estudios concernientes a valoración de un instrumento como prueba diagnóstica.



### CONCLUSIONES:

- 1.- Existen diferencias en las características espectrales acústicas de los ronquidos, las cuales van en relación con la vía que se utilice para roncar (nasal, oral y oronasal)
- 2.- No se alteran las características acústicas de los ronquidos, roncando en flexión ó extensión, siempre y cuando la vía del roncar sea la misma.
- 3.- Los ronquidos simulados son equivalentes a los ronquidos espontáneos en pacientes con SAOS (considerando las variables de estudio)
- 4.- Hay diferencias entre ronquidos simulados de pacientes con SAOS y sujetos sanos, que se detectan por el análisis acústico, lo que sugiere ser un instrumento adecuado para el estudio de los ronquidos, sin embargo no podemos utilizarlo aún para catalogar a los ronquidos en benignos o malignos se requieren estudios complementarios para valorarlos como prueba diagnóstica.

## Anexo I

### DEFINICIONES OPERACIONALES:

- **Simulador de ronquidos:** es un individuo que ronca por nariz, boca y ambas cavidades de forma voluntaria (solo en la parte diurna del proyecto) el cual puede ser sano desde el punto de vista respiratorio y sin alteraciones del sueño ó enfermo con SAOS.
- **Roncador con SAOS:** Roncador habitual (frecuencia de ronquidos  $> 0 = 5$  días de la semana) con presencia en la polisomnografía del índice de apneas obstructivas  $\geq 5$  apneas/hr.
- **Ronquido nasal:** Es el ronquido que se realiza con la cavidad oral cerrada.
- **Ronquido oral:** Es el que se realiza con la nariz ocluida y se ronca por boca.
- **Ronquido oronasal:** Es el que se realiza por medio de las 2 cavidades sin estar ocluidas
- **Cuello flexionado:** Se definió tomando como referencia la apofisis espinosa de la séptima vertebra cervical, se trazó una línea que la unía con la horquilla esternal y otra línea que conjuntaba el borde inferior de la barbilla con la séptima cervical de forma que obteníamos un ángulo de 15 grados medidos con un goniómetro.
- **Cuello extendido:** Utilizaremos las líneas ya referidas solo que nuestro ángulo fué de 40 grados

### CRITERIOS DE INCLUSION:

- \* Edad de 30 a 70 años.
- \* Ambos sexos.
- \* Poder simular roncar por nariz, boca y ambas cavidades.
- \* Cooperación voluntaria.
- \* Firmar consentimiento informado.
- \* Sin agudización clínica de las complicaciones inherentes a su enfermedad de base
- \* Aceptar la realización de polisomnografía.

### CRITERIOS DE EXCLUSION

- 1.- Para los pacientes con SAOS:
- a) Insuficiencia Respiratoria agudizada.
  - b) Cor Pulmonale Crónico Descompensado.
  - c) Trombosis venosa profunda ó TEP.
  - d) Pacientes que voluntariamente decidieron no cooperar

### CRITERIOS DE ELIMINACION:

- \* Pacientes que se presentaran a simulación diurna, y no a polisomnografía (por alguna razón no fueran localizados.) y viceversa.

Clinica de Trastornos Respiratorios del Dormir  
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias  
Tlalpan 4502  
Mexico, D.F. 14080 MEXICO

**CUESTIONARIO DE SUEÑO Y RONQUIDOS**

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_  
SEXO: \_\_\_\_\_ EDAD: \_\_\_\_\_ TELÉFONO: \_\_\_\_\_  
LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: \_\_\_\_\_  
LUGAR DE RESIDENCIA (CIUDAD Y ESTADO): \_\_\_\_\_  
AÑOS VIVIENDO: \_\_\_\_\_ AÑOS COMPLETOS EN LA ESCUELA: \_\_\_\_\_  
INGRESO MENSUAL PROMEDIO EN NUEVOS PESOS: \_\_\_\_\_  
PERSONAS DEPENDIENTES DE ESE INGRESO: \_\_\_\_\_ PESOS/PERSONA: \_\_\_\_\_  
PERSONA QUE PROPORCIONO LOS DATOS (NIÑOS) \_\_\_\_\_  
NÚMERO DE REGISTRO PSM: \_\_\_\_\_ CLASIFICACIÓN SE: \_\_\_\_\_  
ENTREVISTADOR: \_\_\_\_\_ EXP. INER: \_\_\_\_\_

EL PRESENTE CUESTIONARIO DEBE APLICARSE POR EL PERSONAL DEL LABORATORIO DE SUEÑO A TODO PACIENTE QUE VA A SER SOMETIDO A ESTUDIO DE SUEÑO (POLISOMNOGRAFIA).

LEA CUIDADOSAMENTE LAS INSTRUCCIONES ESCRITAS A CONTINUACIÓN ANTES DE APLICARLO

*Las preguntas del cuestionario deben leerse textualmente. No debe modificarlas en ninguna forma ni dar explicaciones adicionales aunque el enfermo no las entienda. En caso de que el enfermo no entienda una o varias preguntas, repítala despacio hasta 3 veces. Si es necesario aclare al enfermo que no puede dar explicaciones adicionales si no sólo repetir la pregunta. Explique que si no la entiende no importa; los datos serán útiles. Es más grave dar explicaciones adicionales que contestar preguntas con "no entendió".*

*En caso de no tener una respuesta para alguna pregunta puede utilizar alguna de las siguientes opciones:*

*NA no aplicable*

*NE no entendió*

*NS no sabe o no recuerda*

*Estas respuestas pueden ser apropiadas para cualquier pregunta del cuestionario y se manejarán diferente en el análisis de datos. Estas alternativas evitarán contestar en el cuestionario si o no, cuando en realidad no se sabe.*

**ANTECEDENTES FAMILIARES:**

1a-Tiene Ud. familiares en primer grado que ronquen (hermanos, padres o hijos)?	SI	NO
1b- Alguno de éstos familiares (hermano, padre o hijo) es gordo (obeso o excedido de peso)?	SI	NO
1c- Alguno de ellos es diabético (que esté enfermo de la azucar en la sangre)?	SI	NO
1d- Alguno de ellos se queda dormido fácilmente durante el día?	SI	NO

**SÓLO MUJERES****2 OBSTÉTRICOS**

2a-MENARCA: A que edad le bajó su primera regla o menstruación? _____		
2b-RITMO: Cada cuantos días le baja su regla y cuantos días le dura? Cada _____ días. Dura _____ días.		
2c-FUR: Cuando fue su última regla? (Conteste una de las tres opciones)		
A) Fecha: _____ B) Edad: _____ C) Hace _____ años		
2d-GESTA: Cuantas veces se ha embarazado incluyendo abortos? _____		
2e-ABORTOS: Ha tenidos abortos? _____	SI	NO
Cuantos? _____		
2f-MACROSÓMICOS: Alguno de sus hijos pesó más de 4 kilos? _____	SI	NO

**3-HÁBITOS PERSONALES**

3a-Ha fumado alguna vez en su vida?	SI	NO
-------------------------------------	----	----

**SI LA RESPUESTA FUE SI:**

3b-A que edad comenzo a fumar? _____ años.		
3c-Actualmente fuma? _____	SI	NO
3d-Cuando dejó de fumar? Hace _____ años _____ meses.		
3e-Cuantos años fumó? _____ años.		
3f-Cuantos cigarros fuma o fumaba en promedio por día? _____		

3g-Acostumbra tomar bebidas alcohólicas antes de acostarse?	SI	NO
---	----	----

**SI LA RESPUESTA FUE SI**

- a)-Todos los días.
- b)-Más de cuatro días a la semana.
- c)-Al menos un día a la semana.
- d)-Menos de una vez al mes.
- e)-Nunca.

3h-Acostumbra tomar café, té, coca cola o pepsi cola antes de acostarse?	SI	NO
--	----	----

**SI LA RESPUESTA FUE SI**

- a)-Todos los días.
- b)-Más de cuatro días a la semana.
- c)-Al menos un día a la semana.
- d)-Menos de una vez al mes.
- e)-Nunca.

3i- En los últimos tres años su peso ha:

- a)-Aumentado \_\_\_\_\_ kg  
 b)-Esta igual  
 c)-Ha bajado \_\_\_\_\_ kg

3j- Ha llevado dieta alguna vez?

SI NO

**SI LA RESPUESTA FUE NO PASE A LA PREGUNTA 4a**

3k- Cuantas veces ha llevado una dieta? \_\_\_\_\_

3l- Que tipos de dieta ha llevado (especifique, si conoce el nombre de la dieta y las calorías): \_\_\_\_\_

3m- Ha seguido sus dietas fielmente?

SI NO

3n- Que tanto peso llegó a perder como máximo durante la dieta? \_\_\_\_\_ kg

3o- En cuanto tiempo? \_\_\_\_\_ meses

#### 4 DATOS CLÍNICOS (hábitos de sueño)

4a- A que hora acostumbra acostarse a dormir? \_\_\_\_\_ hrs.

4b- Cuanto tiempo en promedio tarda en quedarse dormido? \_\_\_\_\_ minutos.

4c- A que hora acostumbra levantarse? \_\_\_\_\_ hrs.

4d- Por cuantas horas duerme en general? \_\_\_\_\_ hrs.

4e- Con respecto a su sueño Ud. cree que duerme:

- a)-Muy poco.  
 b)-Lo suficiente.  
 c)-Demasiado.

4f- Duerme durante el día por razones de trabajo (es decir que trabaje en la noche)

o por algún otro motivo?

SI NO

4g- Toma siesta durante el día?

SI NO

4h- Por cuanto tiempo \_\_\_\_\_ minutos

#### 5- TRASTORNOS DEL SUEÑO I.

5a- Al acostarse en la noche se queda dormido fácilmente (se queda dormido rápido)?

SI NO

5b- Se despierta durante la noche?

SI NO

**SI LA RESPUESTA FUE SI:**

- 5c- a)-Todas las noches.  
 b)-Más de cuatro días a la semana.  
 c)-Al menos un día a la semana.  
 d)-Menos de una vez al mes
- 5d- Hace cuanto tiempo padece esto? \_\_\_\_\_ años, \_\_\_\_\_ meses.

- 5e-Usa pastillas para dormir:
- a)-Todas las noches
  - b)-Más de cuatro noches a la semana.
  - c)-Al menos una noche a la semana
  - d)-Al menos una noche al mes.

e)-Nunca ha usado.

**SI ESTA FUE LA RESPUESTA PASE A LA PREGUNTA 5f**

5f-Desde hace cuanto tiempo usa pastillas para dormir? \_\_\_\_\_ años \_\_\_\_\_ meses

5g-¿Ha usado pastillas para dormir en más de 30 noches de su vida? SI NO

5h-¿Que pastillas toma? \_\_\_\_\_

5i-¿La calidad de su sueño es buena (es decir que habitualmente duerme bien)? SI NO

5j-¿Tiene usted sueño excesivo durante el día? SI NO

5k-¿Se queda dormido en situaciones que no quisiera? SI NO

5l-¿Se queda dormido fácilmente viendo televisión? SI NO

5m-¿Se queda dormido después de comer? SI NO

#### SÓLO PERSONAS QUE MANEJEN AUTOMOVIL U OTRO VEHÍCULO

5n-¿Se ha dormido manejando automóviles u otro vehículo? SI NO

5o-¿Ha cabeceado cuando ya manejando? SI NO

5p-¿En que otras situaciones en las que no quisiera se ha quedado dormido? \_\_\_\_\_

5q-¿Esta usted fatigado en exceso frecuentemente en relación a sus actividades realizadas? SI NO

5r-¿Le han dicho que tiene problemas para respirar mientras duerme? SI NO

5s-¿Se ha despertado usted en la noche asfixiándose? SI NO

5t-¿Por lo general se siente descansado y fresco al levantarse? SI NO

5u-¿Despierta frecuentemente (más de tres días a la semana) con la boca reseca? SI NO

5v-¿Despierta frecuentemente (más de tres días a la semana) con dolor de cabeza? SI NO

#### 6. TRASTORNOS DEL SUEÑO II.

6a-¿Le han dicho que tiene un sueño muy intranquilo, que se mueve mucho, manotea o golpea cuando esta dormido? SI NO

6b-¿Le han dicho que habla frecuentemente cuando esta dormido? SI NO

6c-¿Se despierta con frecuencia con los músculos de las piernas adoloridos? SI NO

6d-¿Se despierta con frecuencia durante la noche con molestias en las piernas que lo obligan a levantarse a caminar? SI NO

#### 7-RONQUIDOS

7a-¿Ronca usted habitualmente (más de 4 días a la semana)? SI NO

7b-¿Ronca ocasionalmente (menos de 4 días a la semana)? SI NO

7c-Ronca después de tomar bebidas alcohólicas?	SI	NO
7d-Ronca cuando duerme boca arriba?	SI	NO

**SI LA RESPUESTA A LAS PREGUNTAS 6a-6d FUE NO, ENTONCES HAGA LA SIGUIENTE PREGUNTA:**

7e-Ud. Nunca Ronca	SI	NO
--------------------	----	----

**SI LA RESPUESTA A LA PREGUNTA ANTERIOR FUE "SI" (ES DECIR NUNCA RONCA) PASE A LA PREGUNTA 8a.**

7f-Los ronquidos empeoran con:	a)-beber bebidas alcohólicas?	SI	NO
	b)-fumar?	SI	NO
	c)-durmiendo boca arriba?	SI	NO
	d)-con las gripas o catarros?	SI	NO

7g-A que edad comenzó a roncar? \_\_\_\_\_

7h-Cuando ronca la intensidad del ronquido es:

- a)-muy leve.
- b)-moderada (mas o menos).
- c)-muy fuerte.

7i-Sus ronquidos llegan a despertar a personas en el mismo cuarto?	SI	NO
7j-Llegan a despertar a personas en otro cuarto?	SI	NO
7k-Ronca Ud. de forma continua (sin parar toda la noche)?	SI	NO
7l-Se ha dado cuenta o le han dicho que deja de respirar mientras duerme?	SI	NO
7m-Su esposa (o) se queja de sus ronquidos?	SI	NO

**SÓLO PERSONAS QUE ESTÁN O HAN ESTADO CASADAS O VIVEN EN PAREJA**

7n-Tiene problemas con su esposa(o) por sus ronquidos?	SI	NO
7o-Ella (él) u otra persona tienen que dormir en otro cuarto por sus ronquidos?	SI	NO
7p-Tiene problemas en su matrimonio debido a los ronquidos?	SI	NO
7q-Se ha tenido que separar o divorciar por sus ronquidos?	SI	NO

**8-PROBLEMAS ORL.**

8a-Se le tapa la nariz durante el día?	SI	NO
8b-Se le tapa la nariz cuando duerme?	SI	NO
8c-Respira por la boca cuando duerme?	SI	NO
8d-Padece alergia nasal o catarros alérgicos?	SI	NO
8e-Padece con frecuencia comezón en la nariz o tiene que tallarse la nariz con frecuencia?	SI	NO
8f-Tiene comezón en la garganta con frecuencia?	SI	NO
8g-Ha llegado a tener estornudos repetidos sin tener gripa o resfriado?	SI	NO

8h-Lo han operado de la nariz o garganta SI NO  
Especifique la operación: \_\_\_\_\_

8i-Lo han operado de alguna otra parte del cuerpo? SI NO  
Especifique la operación: \_\_\_\_\_

**9. COMPORTAMIENTO GENERAL, PSICOLÓGICO.**

9a-Ha cambiado su humor o estado de ánimo ultimamente? SI NO

9b-Desde cuando? \_\_\_\_\_

9c-Ha estado mas nervioso ultimamente? SI NO

9d-Ha estado mas triste o deprimido ultimamente? SI NO

**SÓLO ESTUDIANTES**

9e-Son sus calificaciones en la actualidad mas malas que lo acostumbrado?	SI NO
---	-------

9f-Frecuentemente pierde la concentración en sus labores? SI NO

9h-Siente que le ha disminuído el apetito sexual? SI NO

9-Que tratamientos ha recibido para su problema actual del sueño? \_\_\_\_\_

10a-Toma algún medicamento actualmente? SI NO

10b-Especifique \_\_\_\_\_

10c-Que toma estos medicamentos? \_\_\_\_\_



**11-EXPLORACIÓN**

FECHA \_\_\_\_\_ NOMBRE \_\_\_\_\_

11a-PESO \_\_\_\_\_ kg

11b-TALLA \_\_\_\_\_ cm

11c-T.A. \_\_\_\_\_ mm Hg

11d-Índice de masa corporal (IMC): \_\_\_\_\_

11e-ASPECTO DEL CUELLO:

- a)-Normal
- b)-Gruoso
- c)-Muy grueso

11f-PAPADA SI NO

11g-MEDIDA DE CUELLO EN PULGADAS \_\_\_\_\_ Pulgadas.

11h-RECESION DE MANDIBULA &gt; 1 CM

(Barbilla a más de 1 cm atrás de una línea imaginaria que une la frente con el labio superior) SI NO11i-MICROGNATIA OBVIA SI NO11j-SE QUEDA DORMIDO O CABECEA EN EL INTERROGATORIO? SI NO

11k-GARGANTA:

- A) GRADO 0: Al abrir la boca se ve la pared posterior de la faringe sin deprimir la lengua.
- B) GRADO 1: Para ver la pared posterior de la faringe se necesita deprimir la lengua con un abatelenguas pero se logra con presión suave.
- C) GRADO 2: No se logra ver la pared posterior de la faringe, o solo se logra ver con gran presión del abatelenguas.

11l-UVULA EDEMATIZADA SI NO

11m-AMIGDALAS (examinadas sin arqueos)

- A) Adentro de los pilares
- B) A nivel de los pilares
- C) Tocan la úvula
- D) Se tocan al arquear
- E) Se tocan en reposo

11n-EDEMA DE MIEMBROS INFERIORES SI NO**12: LABORATORIO**

12a- Hb \_\_\_\_\_ Ht \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

12b: PaO2 \_\_\_\_\_ PaCO2 \_\_\_\_\_ pH: \_\_\_\_\_ DA-aO2: \_\_\_\_\_

12c: ECG: \_\_\_\_\_

12d: Rx: \_\_\_\_\_

Anexo 3PROTOCOLO DE ESTUDIO SOBRE RONQUIDOS SIMULADOS Y  
ALGUNAS VARIABLES QUE LOS MODIFICAN EN INDIVIDUOS  
SANOS Y PACIENTES CON SAOS.CONSENTIMIENTO INFORMADO POR ESCRITO.

Iniciales del Paciente \_\_\_\_\_  
 No. de paciente \_\_\_\_\_ Expediente en el INER \_\_\_\_\_  
 Investigador \_\_\_\_\_

1.- El presente estudio se trata de un trabajo de investigación el cual tiene como finalidad entender y caracterizar los ronquidos mediante simulación en sujetos sanos como en enfermos pulmonares que presentan dentro de su patología la peculiaridad de roncar.

2.- El estudio consta de 2 fases, las cuales se desarrollarán en el laboratorio de Sueño del INER.

La primera fase consta de que yo simule ronquidos de diferentes formas ( por nariz y por boca, con cuello flexionado y extendido) durante la mañana y esto llevara una hora de mi tiempo.( SANOS Y ENFERMOS )

La segunda fase para mi diagnóstico de enfermedad respiratoria requiero realizarme un estudio de mi sueño durante la noche adicionarán para estudiar mi tipo de ronquidos una mascarilla que ocluye nariz y boca , así como también me introducirán un cateter através de una narina el cual llegará a la faringe ( parte superior del cuello, se introducirá aproximadamente 8 cms)

3.- Es importante comentar que no ofrece riesgo extra alguno.

4.- No tendrá costo extra alguno.

5.- Los resultados servirán para poder conocer más sobre los ronquidos y la forma mas adecuada de estudiarlos. Los resultados son confidenciales, excepto que serán publicados en una revista científica.

6.- Mi participación es voluntaria , si rehusó no habrá ninguna consecuencia y me seguiré atendiendo como cualquier otro paciente.

Comunico a Uds. que la Dra Georgina Chi Lem me ha informado del estudio y sus ventajas, así como de que no ofrece riesgo alguno, solo tengo que simular roncar en el día, además se me mostró el laboratorio de Sueño y los instrumentos a utilizar .

Fecha: \_\_\_\_\_  
 Nombre y Firma del paciente - \_\_\_\_\_  
 Testigo ( Nombre y Firma) \_\_\_\_\_

## ADENDUM

### MECANISMOS FISICOS DE PRODUCCION DE RUIDO

Varios instrumentos musicales de viento generan un sonido haciendo vibrar el aire, en general al dirigirse contra una borde agudo, que podría ser un modelo del generado in vivo en el aparato respiratorio. En la flauta y el órgano, la vibración en el orificio de entrada de aire, origina el sonido, pero el tono se determina por la longitud del tubo. En la trompeta de juguete el ruido se genera en la boquilla y el tono es fijo e independiente de la longitud de la trompeta. En la trompeta y al silbar, el tono se determina por la presión de los labios, uno contra el otro, lo que hace aumentar el tono muscular de los labios y la rigidez de los mismos y aumenta la frecuencia de vibración. El modelo del resistor de Starling, parece un mejor modelo de la generación de los ronquidos que los otros instrumentos musicales de viento. En este modelo hay un acoplamiento entre la oscilación de las paredes de la zona colapsable y del aire, que pueden semejar mejor lo que ocurre en los ronquidos.(2,43,44)

### INTENSIDAD DE LOS RONQUIDOS

Una característica del sonido de los ronquidos que no analizamos fué su intensidad. Estudios previos han medido la intensidad de los ronquidos hasta en 85 decibeles o aún más. Se ha comentado que en el centro de la cabeza del roncador el sonido debe ser más intenso y que puede participar en el deterioro auditivo similar al que tienen los que escuchan ruidos intensos. Una parte del estudio es con ronquidos simulados. (21,22,45)

### BIBLIOGRAFIA:

- 1 Pérez-Padilla JR. Implicaciones clínicas del roncar. *Rev Inv Clin.* 1984; 36:155-165.
- 2 Perez Padilla JR, Slawinski E, DiFrancesco LM, Feige RR, Remmers JE, Whitelaw A. Characteristics of snoring noise in patients with and without occlusive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis* 1993; 147:635-44.
- 3 American Sleep Disorders Association. The International classification of sleep disorders. 1990, Rochester Mn, American Sleep Disorders Association.
- 4 Guilleminault C. Clinical features and evaluation of obstructive sleep apnea. En: Kryger MH, Roth T y Dement W (editores), *Principles and practice of sleep medicine.* WB Saunders Co. 1993, segunda edición, Cap 65, Pags. 667-93.
- 5 Perez Padilla JR, Remmers JE. Dynamics of pressure, airflow and noise production during simulated snoring. *Am Rev Respir Dis* 1985; 131:A106.
- 6.- Gavriely N, Jensen O. Theory and measurements of snores. *J. Appl. Physiol.* 74(6):2828-2837, 1993.
- 7 Liistro G, Stranescu D and Veriter C. Pattern of simulated snoring is different throughmouth and nose. *J. Appl. Physiol.* 70(6):2736-41, 1991.
- 8 Erkinjuntti T, Sulkava R, Palomaki H, Tilvis R. Snoring and dementia. *Age, Ageing.* 1987; 16:305-310.
- 9 Gislason T, Aberg H, Taube A. Snoring and systemic hypertension. An epidemiological study. *Acta Med Scan* 1987;222:415-421.
- 10 Hoffstein V, Rubinstein I, Mateika S, Slutsky AS. Determinants of blood pressure in snorers. *Lancet* 1988; 2:992-994.
- 11 Koskenvuo M, Kaprio J, Telakivi T, Pertinen M, Heikkila K, Sarna S. Snoring as a risk factor for ischaemic heart disease and stroke in men. *Br. Med J.* 1987;294:16-19.
- 12 Lugaresi E, Cirignotta F et al. Some epidemiological data on snoring and cardiocirculatory disturbances. *Sleep* 1980; 3:221-224.
- 13 Perez Padilla JR, West P, Kryger M. Snoring in normal young adults: prevalence in sleep stage and associated change in oxygen saturation, heart rate and breathing pattern. *Sleep* 1987, 10:249-53.
- 14 Norton PG, Dunn EV, Haight JSC. Snoring in adults: some epidemiological aspects. *Can Med Assoc J.* 1983; 128:674-675.
- 15 Norton PG, Dunn EV. Snoring as a risk factor for disease: and epidemiological survey. *Br Med J (clin res)* 1985;291:630-2.
- 16 Partinen M, Palomaki H. Snoring and cerebral infarction. *Lancet* 1985; 2:1325-6.
- 17 Waller PC, Bhopal RS. Is snoring a cause of vascular disease? An epidemiological review. *Lancet* 1989; 1:143-146.
- 18 He J, Kryger MH, Zorick FJ, Conway W, Roth T. Mortality and apnea index in obstructive sleep apnea. *Chest* 1988; 94:9-14.
- 19 Partinen M, Jamieson A, Guilleminault C. Long-term outcome for obstructive sleep apnea syndrome patients. *Chest* 1988; 94:1200-4.
- 20 Perez Padilla JR, West P, Lertzmann M, Kryger MH. Breathing during sleep in patients with interstitial lung disease. *Am Rev Respir Dis* 1985; 132:224-9.

- 21 Lugaresi E, Cirignotta F, Montagna P, Sforza E. Snoring: pathogenic, clinical, and therapeutic aspects. En. Kryger MH, Roth T y Dement W (editores), Principles and practice of sleep medicine. WB Saunders Co. 1993, segunda edición, Capítulo 61, pags. 621-29.
- 22 Bowlware MH. Snoring: new answers to an old problem. Rockaway, New Jersey. American Faculty Press 1974.
- 23 Johnson MW, Anch AM, Remmers JE. Induction of the obstructive sleep apnea syndrome in a woman by exogenous androgen administration. Am Rev Resp Dis 1984; 129:1023-1025.
- 24 Lugaresi E., Coccagna C et al. Snoring. Electroencephalography, Clin. Neurophysiol., 1975; 39:59-64.
- 25 Brown IG, Bradley TD, Phillipson EA, Zamel N and Hoffstein V. Pharyngeal compliance in snoring subjects with and without obstructive sleep apnea. Am Rev Resp Dis, 1985, 132:211-215.
- 26 Hoffstein V, Chaban R., Cole P., Rubinstein I. Snoring and upper airway properties. Chest 1988, 94:87-89.
- 27 Hoffstein V., Slutsky AS. Pharyngeal structure and function as a determinant of sleep-related breathing disorders. Medical Hypothesis,
- 28 Issa F and Sullivan CE. Upper airway closing pressures in snorers. J. Appl. Physiol. 1984, 57:528-535,
- 29 White D.P., Lombard R.L., Cadieux R.J., Zwilich C.W. Pharyngeal resistance in normal humans: influence of gender age and obesity. J. Appl. Physiol., 1985; 58:365-371.
- 30 Suratt P.M., Dee P., Atkinson R.L., Armstrong P.W. Fluoroscopic and computed tomographic features of the pharyngeal airway in obstructive sleep apnea. Am. Rev. Respir. Dis., 1983; 127:487-492.
- 31 Robin I.G. Snoring. Proc. R. Soc. Med., 1968; 61:575-582.
- 32 Pérez Padilla JR, Porqué los humanos roncan tan frecuentemente?. LXXIII, reunión reglamentaria de la Asociación de Investigación Pediátrica. Puebla Pue. Diciembre de 1991, pags 111-112.
- 33 Otis A. Two functions of breathing: respiration and sound production. In: Mathew O.P., Sant'Ambrogio G. (eds) Respiratory function of the upper airway. Lung Biology in health and disease, vol. 35, chapter 14. Marcel Dekker Inc, 1988.
- 34 Olson D.E., Hammersley J.R. Mechanisms of lung sound generation, Seminars in Respiratory Medicine, 1985, 6:171-179.
- 35 Shoup JE, Lass NJ, Kuehn DP. Acoustics of speech. In: Lass N.J., McReynolds L.V. et al. (eds). Speech Language and Hearing, 1982. W.B. Saunders Co.
- 36 Stevens K.N. Acoustical aspects of speech production. In: Handbook of Physiology. Respiration, Vol. I, American Physiological society, 1967.
- 37 Perez Padilla JR, DiFrancesco L, Remmers JE. Mechanical events in the pharyngeal airway during snoring with and without occlusive apneas. Am Rev Respir Dis 190. Abril.
- 38 Beck R, Odeh M, Gavriely N. The acoustic properties of snores. Eur respir J, 2120-2128, 1995.

- 39 Pohl Alfaro M, Azpiroz Lechan J, Carrasco Sosa S, González Camarena R. Análisis en frecuencia de las señales acústicas de flujo y presión en sujetos roncantes. *Rev. Mex. Ing. Biomed.* 1994;15(2): 145-152.
- 40 Guilleminault C. (Editor). *Sleeping and Waking disorders. Indications and techniques.* Addison-Wesley Publishing Co. 1982.
- 41 American Thoracic Society. *Indications and standards for cardiopulmonary sleep studies.* *Am Rev Respir Dis* 1989; 139:559-68.
- 42 Rechtschaffen A., Kales A. *A manual of standardized terminology, techniques and scoring for sleep stages of human subjects.* Department of Health, Education and Welfare, Washington D.C., 1968, (NIH Publication 201).
- 43 Gavriely N., Palti Y., Alroy G. Spectral characteristics of normal breath sounds. *J. Appl. Physiol*, 1981; 50(2):307-314.
- 44 Rice D.A., *Transmission of lung sounds, Seminars in Respiratory Medicine*, 1985, 6:166-170.
- 45 Prazic M. Snoring and Presbiacusis. *Acta Otolaryng.* 1973; 74:216- 219. 45 Pohl Alfaro M, Azpiroz Lechan J, Carrasco Sosa S, González Camarena R: Análisis en frecuencia de las señales acústicas de flujo y presión en sujetos roncantes. *Rev. Mex. Ing. Biomed.* 1994;15(2): 145-152.

**TABLAS:****Tabla no.1. Características generales de los sujetos control que simularon roncar**

Individuo	Edad	Genero	IMC
1	29	m	22.2
2	28	f	18
3	30	f	20.8
4	55	m	27.7
5	39	m	23.6
6	28	f	30.8
7	40	f	22.6
8	30	f	21.8
9	29	m	24.4
10	23	m	24.0
11	28	m	29.3
12	24	m	29.7
13	50	f	28.3
14	28	f	22.4
x	32.9		24.7
s	9.5		3.8

IMC= peso/(talla)<sup>2</sup>**Tabla no. 2 RONQUIDOS SIMULADOS NASALES**

variable	En flexión			En extensión		
	mediana	mínimo	máximo	mediana	mínimo	máximo
FAM	221	98	452	200	73	393
F25	231	120	988	226	149	1248
F50	380	248	4092	437	230	4042
F75	2216	320	48095	2389	75	5011
F95	5481	3316	7014	5591	3689	7002
F99	6875	5414.40	7388	6854	5421	68308
A1	117460	7494.70	4015300	84033	6394	400550
A2	16086	2086	267440	13469	2838	100270
A3	32946	9269	1200700	34812	15900	287210
AT	156200	32537	4742600	120830	29322	671480
RA	8.00	1.74	20.79	6.7	1.44	13.46

FAM = frecuencia a la amplitud máxima, F25= frecuencia al 25% de la energía espectral (ee), F50= frecuencia al 50% de la ee, F75= frecuencia al 75% de la ee, F95= frecuencia al 95% de la ee, F99= frecuencia al 99% de la ee, A1= area de 0 a 800 Hz, A2= area de 801 a 2000 Hz, A3= area de 2001 a 7000 Hz, AT= area total espectral, RA= relación de A1/A2. La ee está expresada en unidades arbitrarias (UA)

Tabla no. 3 RONQUIDOS SIMULADOS ORALES

Variable	En flexión			En extensión		
	mediana	mínimo	máximo	mediana	mínimo	máximo
FAM	1123	107	1777	1190	95	4506
F25	990	272	1846	1105	195	2758
F50	1162	662	4379	1224	772	3922
F75	1418	824	5259	1873	894	4925
F95	4772	744	6887	4557	3148	7078
F99	6200	4707	7254	6335	4521	7396
A1	61725	4155	562410	39588	7755	479320
A2	142110	4865	1279300	216350	18419	5483100
A3	76001	2316	237840	85209	5747	855060
AT	393690	3218	1561500	363870	55147	6817500
RA	0.30	0.09	3.31	0.21	0.06	1.6

FAM = frecuencia a la amplitud máxima, F25= frecuencia al 25% de la energía espectral(ce), F50= frecuencia al 50% de la ce, F75= frecuencia al 75% de la ce, F95= frecuencia al 95% de la ce, F99= frecuencia al 99% de la ce, A1= área de 0 a 800 Hz, A2= área de 801 a 2000 Hz, A3= área de 2001 a 7000 Hz, AT= área total espectral, RA= relación de A1/A2. La ce está expresada en unidades arbitrarias (UA)

Tabla no. 4 RONQUIDOS SIMULADOS ORONASALES

Variable	En flexión			En extensión		
	mediana	mínimo	máximo	mediana	mínimo	máximo
FAM	1047	151	1541	1185	51	1771
F25	873	159	1482	978	242	1717
F50	1077	298	3623	1210	566	3812
F75	1265	687	4705	1333	826	4709
F95	4532	1323	6064	4631	2262	6702
F99	5852	3601	7255	6190	3991	7203
A1	85757	4208	1467500	49472	4740	727380
A2	132170	10263	6722800	106650	23981	2886200
A3	64887	5171	638240	60097	7980	709870
AT	256040	38737	8709700	287830	69685	4170100
RA	0.34	0.11	21.44	0.34	0.13	3.43

FAM = frecuencia a la amplitud máxima, F25= frecuencia al 25% de la energía espectral(ce), F50= frecuencia al 50% de la ce, F75= frecuencia al 75% de la ce, F95= frecuencia al 95% de la ce, F99= frecuencia al 99% de la ce, A1= área de 0 a 800 Hz, A2= área de 801 a 2000 Hz, A3= área de 2001 a 7000 Hz, AT= área total espectral, RA= relación de A1/A2. La ce está expresada en unidades arbitrarias (UA)



Tabla no. 5 RONQUIDO SIMULADOS CON BOQUILLA

variable	En flexión			En extensión		
	mediana	mínimo	máximo	mediana	mínimo	máximo
FAM	414	268	1047	427	148	1144
F25	400	308	519	428	211	2141
F50	439	366	1386	529	313	4071
F75	1099	475	3975	1434	521	4273
F95	4132	1125	6284	4415	2789	5611
F99	5429	3836	7159	6418	4212	7030
A1	270690	14374	4085300	172210	23640	2981500
A2	63164	7394	578790	46532	4191	627920
A3	49786	2053	521220	56900	4035	369930
AT	459580	83922	4993500	289820	31865	3948400
RA	5.5	1007	35.85	3.53	1.37	15.38

FAM = frecuencia a la amplitud máxima, F25= frecuencia al 25% de la energía espectral(ce), F50= frecuencia al 50% de la ce, F75= frecuencia al 75% de la ce, F95= frecuencia al 95% de la ce, F99= frecuencia al 99% de la ce, A1= area de 0 a 800 Hz, A2= area de 801 a 2000 Hz, A3= area de 2001 a 7000 Hz, AT= area total espectral, RA= relación de A1/A2. La ce está expresada en unidades arbitrarias (UA)

Tabla no 6 Características generales de los sujetos con SAOS que realizaron la fase diurna y nocturna

Caso	Edad	Género	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	índice apnea+hipopnea	Diagnóstico
1	43	m	35.4	63	SAOS, EPOC
2	77	m	35.5	69.6	SAOS, BC
3	38	m	33.4	69.6	SAOS
4	46	m	35.3	33.9	SAOS, EPOC
5	44	m	34.3	75.2	SAOS
6	28	m	40.0	81.1	SAOS
7	44	m	37.0	57.5	SAOS
8	43	f	38.0	24.9	SAOS
9	64	m	34.4	60	* SAOS
10	37	m	27.0	52.3	+SAOS
11	58	f	39.3	73.5	SAOS
12	65	m	26.0	40.8	** SAOS
13	39	m	36.1	92.6	SAOS
14	44	m	37.0	57.5	SAOS
x	47.85		34.9	60.8	
s	13.27		4.0	18.5	

\* pacientes con tratamiento de 4 meses con CPAP.

\*\* pacientes con tratamiento de 2 años con CPAP

+ paciente con micrognatia.

Tabla no:7 Comparacion entre ronquidos simulados (diurnos) y ronquidos espontaneos (nocturnos) en pacientes con SAOS (n=14, ronquidos 180 ronquidos)

Variable	Condición	Mediana (rango)
FAM	1	356 (183-1168)
	2	288 (25-1608)
F25	1	259 (159-1002)
	2	320 (208-1295)
F50	1	684 (228-1123)
	2	503 (306-1437)
F75	1	1017 (456-1529)
	2	1204 (537-1627)
F95	1	1560 (1165-1895)
	2	1715 (1143-1915)
F99	1	1890 (1695-1974)
	2	1935 (1807-1985)

Condición 1= simulación diurna. 2 = ronquidos espontáneos (fase nocturna).

Tabla no. 8 Comportamiento de la variable RA en simuladores sanos y simuladores con SAOS.

Via del ronquido	RA del Simulador sano	RA del Simulador con SAOS
nasal	4.31	3.07
oral	0.319	0.242
oronasal	0.632	0.404

RA= relación de áreas= área menor de 800 Hz/área mayor de 800 Hz.  
Resultados expresados con mediana.

**Tabla no.9.-Variabilidad en la FAM de los ronquidos simulados en sujetos controles**

Tipo de ronquido	CV intra sujeto	CV entre sujetos
1.- nasal en flexion	0.6	33.1
2.- oral en flexion	6.0	42.6
3.- oronasal en flexion	6.0	43.9
4.-con neumotacografo en flexion	4.0	28.6
5.- nasal en extension	14.0	37.5
6.- oral en extension	8.0	67.3
7.-oronasal en extension	6.0	38.2
8.-con pneumotacografo en extension	60.0	48.2

CV= coeficiente de variación =  $(ds/x)100$ .

**Tabla no. 10 Variabilidad en la FAM entre sujetos, cada grupo 14 individuos**

Tipo de ronquido	Simulacion Saos	Simulacion SAOS	Esponáneos SAOS
nasal	58.4	17.71	28.91

Variabilidad expresada mediante: coeficiente de variación =  $(ds/x)100$

**Tabla no. 11 Variabilidad en la FAM intra-sujeto**

Tipo de ronquido	Simulacion Saos	Simulacion SAOS	Esponáneos SAOS
nasal	7	15.3	21.2
oral	8	2.4	1.9
oronasal	12	13.8	7.2

Variabilidad expresada mediante: coeficiente de variación =  $(ds/x)100$

### **Pie de figuras:**

**Figura 1:** Se muestra el análisis espectral a la derecha. Obsérvese el espectro lineal (discreto) de las primeras 3 ondas (periódicas), a diferencia del espectro continuo de la cuarta onda que es ruido blanco, aleatorio (no periódico). Los sonidos biológicos incluyendo los ronquidos, muestran una mezcla de espectros discretos y continuos

**Figura 2-3:** Se muestran varios ejemplos de sumación de ondas sinusoidales, y cómo al hacerlo se pueden generar ondas periódicas complejas. En sentido inverso, una onda compleja, se puede descomponer en ondas sinusoidales.

**Figura 4:** Limitación al flujo aéreo durante un ronquido. Obsérvese que el flujo nasal alcanza una meseta y no se incrementa a pesar que la presión supra glótica desciende progresivamente. La energía de la presión se disipa en forma de sonido.

**Figura 5:** Registro de ronquidos nasales simulados con cuello en flexión, de un sujeto control. Apreciamos en el eje horizontal tiempo expresado en segundos contra el eje vertical amplitud dada en unidades arbitrarias (UA). En la figura inferior se ejemplifica un ronquido expandido en el ámbito del tiempo para apreciar en detalle sus características.

**Figura 6:** Registro de ronquidos orales simulados con cuello en flexión, de un sujeto control. Apreciamos en el eje horizontal tiempo expresado en segundos contra el eje vertical amplitud dada en unidades arbitrarias (UA). En la figura inferior se ejemplifica un ronquido expandido en el ámbito del tiempo para apreciar en detalle sus características. Obsérvese mayor número de oscilaciones en éste tipo de ronquido.

**Figura 7:** Registro de ronquidos oronasales simulados con cuello en flexión, de un sujeto control. Apreciamos en el eje horizontal tiempo expresado en segundos contra el eje vertical amplitud dada en unidades arbitrarias (UA). En la figura inferior se ejemplifica un ronquido expandido en el ámbito del tiempo para apreciar en detalle sus características.

**Figura 8:** Registro de un ronquido nasal simulado con cuello en flexión procesado mediante la transformada rápida de Fourier (TRF), frecuencia de captura 15,000 Hz, eje horizontal dado por frecuencia expresada en Hertz (Hz) contra el eje vertical que representa la densidad espectral expresada en unidades arbitrarias (UA). Obsérvese una banda bien definida de energía espectral localizada por debajo de los 600 Hz y algunos componentes de alta frecuencia alrededor de los 5,000 Hz que no parecen ser determinantes

**Figura 9:** Registro de un ronquido nasal simulado con cuello en flexión de un sujeto control. Procesado mediante TRF, frecuencia de captura 4,000Hz, en el eje horizontal tenemos representada la frecuencia (Hz) y en el eje vertical la densidad de potencia (UA) Tipo de patrón obtenido al registrar ronquido nasal, se tiene una banda de energía hasta los 500 Hz la cual contiene a la FAM y múltiplos de ésta, que podría corresponder a armónicos.

**Figura 10:** Registro de un ronquido oral simulado con cuello en flexión de un sujeto control. Procesado mediante TRF, frecuencia de captura 15,000Hz, en el eje horizontal tenemos representada la frecuencia (Hz) y en el eje vertical la densidad de potencia (UA) existe una banda de energía espectral ubicada entre los 782 a 1,763 Hz .

**Figura 11:** Registro de un ronquido oronasal simulado con cuello en flexión de un sujeto control. Procesado mediante TRF, frecuencia de captura 15,000Hz, en el eje horizontal tenemos representada la frecuencia (Hz) y en el eje vertical la densidad de potencia (UA) Note la existencia de 3 bandas de energía espectral la primera ubicada entre 20-800 Hz y la segunda 900 a 1,800 Hz y la tercera de 2,800 a 4,800Hz, las bandas que constantemente se presentan en la mayoría de los registros son las 2 primeras que caracterizan ésta vía del ronquido.

**Figura 12:** Registro de un ronquido oronasal simulado con cuello en flexión de un sujeto control. Procesado mediante TRF, frecuencia de captura 15,000Hz, en el eje horizontal tenemos representada la frecuencia (Hz) y en el eje vertical la densidad de potencia (UA) Vemos la existencia de las bandas citadas en la figura anterior, solo que la FAM se ubica a bajas frecuencias por lo que podríamos hablar del predominio de la vía nasal en el ronquido oronasal

**Figura 13:** Registro de un ronquido oronasal simulado con cuello en flexión de un sujeto control. Procesado mediante TRF, frecuencia de captura 15,000Hz, en el eje horizontal tenemos representada la frecuencia (Hz) y en el eje vertical la densidad de potencia (UA) Apreciamos la existencia de 2 bandas (de 20 a 800 y 900 a 1,800 Hz), la FAM se ubica a frecuencias altas (1,500 Hz) por lo que podríamos hablar del predominio de la vía oral en el ronquido oronasal

**Figura 14:** Distribución espectral acumulativa en el eje vertical contra el eje horizontal dado por la frecuencia (Hz) del ronquido simulado a través del pneumotacógrafo comparado con el ronquido simulado oral (sin pneumotacógrafo). Obsérvese diferencias en cada punto del área.

**Figura 15:** En la figura superior: Registro de un ronquido oral simulado con pneumotacógrafo de un sujeto control. Procesado mediante Burg. En la figura inferior registro de un ronquido nasal simulado de un sujeto control. Ambos con una frecuencia de captura de 15,000 Hz, en el eje horizontal tenemos representada la frecuencia (Hz) y en el eje vertical la densidad de potencia (UA) nótese la similitud del patrón espectral, sin embargo hay diferencias significativas entre ambos, atribuidas a distorsión del sonido por la utilización del pneumotacógrafo. La FAM en el registro con pneumotacógrafo (arriba) está corrida a la derecha en relación al ronquido nasal (Figura inferior).

**Figura 16:** Distribución espectral acumulativa en el eje vertical contra el eje horizontal dado por la frecuencia (Hz) del ronquido simulado oral comparado con el ronquido simulado nasal. Obsérvese diferencias en cada punto del área.

**Figura 17:** Distribucion espectral acumulativa en el eje vertical contra el eje horizontal dado por la frecuencia (Hz) del ronquido simulado nasal en flexión comparado con el ronquido simulado nasal en extensión. Observe similitud en cada punto del área.

**Figura 18:** Distribucion espectral acumulativa en el eje vertical contra el eje horizontal dado por la frecuencia (Hz) del ronquido simulado oral en flexión comparado con el ronquido simulado oral en extensión. Observe similitud en cada punto del área.

**Figura 19:** Distribucion espectral acumulativa en el eje vertical contra el eje horizontal dado por la frecuencia (Hz) del ronquido simulado oronasal en flexión comparado con el ronquido simulado oronasal en extensión. Observe similitud en cada punto del área.

**Figura 20:** Distribucion espectral acumulativa en el eje vertical contra el eje horizontal dado por la frecuencia (Hz) del ronquido simulado oral con pneumotacógrafo en flexión comparado con el ronquido simulado oral con pneumotacógrafo en extensión. Observe similitud en cada punto del área.

**Figura 21:** Registro de un ronquido nasal simulado y un ronquido nasal espontáneo de un paciente con SAOS. Procesado mediante TRF, frecuencia de captura 4,000Hz, en el eje horizontal tenemos representada la frecuencia (Hz) y en el eje vertical la densidad de potencia (UA) Apreciamos que no existen diferencias entre la morfología del ronquido simulado contra el espontáneo y la FAM corresponde al mismo valor.

**Figura 22:** Registro de un ronquido oral simulado y un ronquido oral espontáneo de un paciente con SAOS. Procesado mediante TRF, frecuencia de captura 4,000Hz, en el eje horizontal tenemos representada la frecuencia (Hz) y en el eje vertical la densidad de potencia (UA)

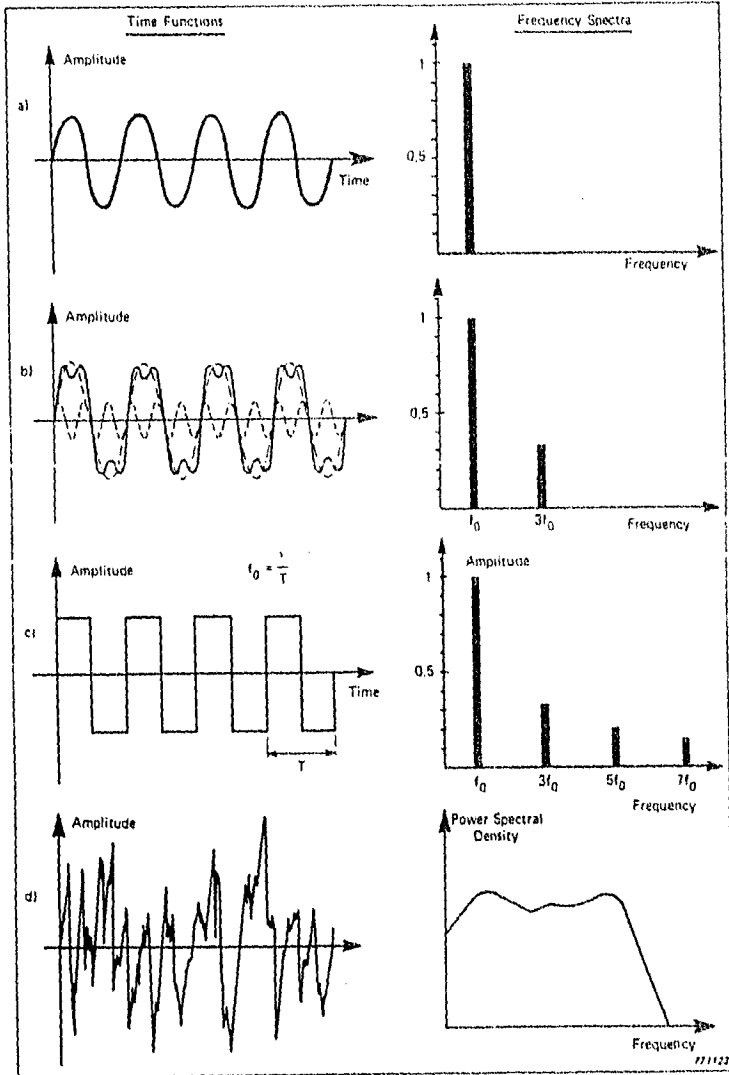


FIGURA 1

# SUMA DE SINUSOIDES HARMONICAS

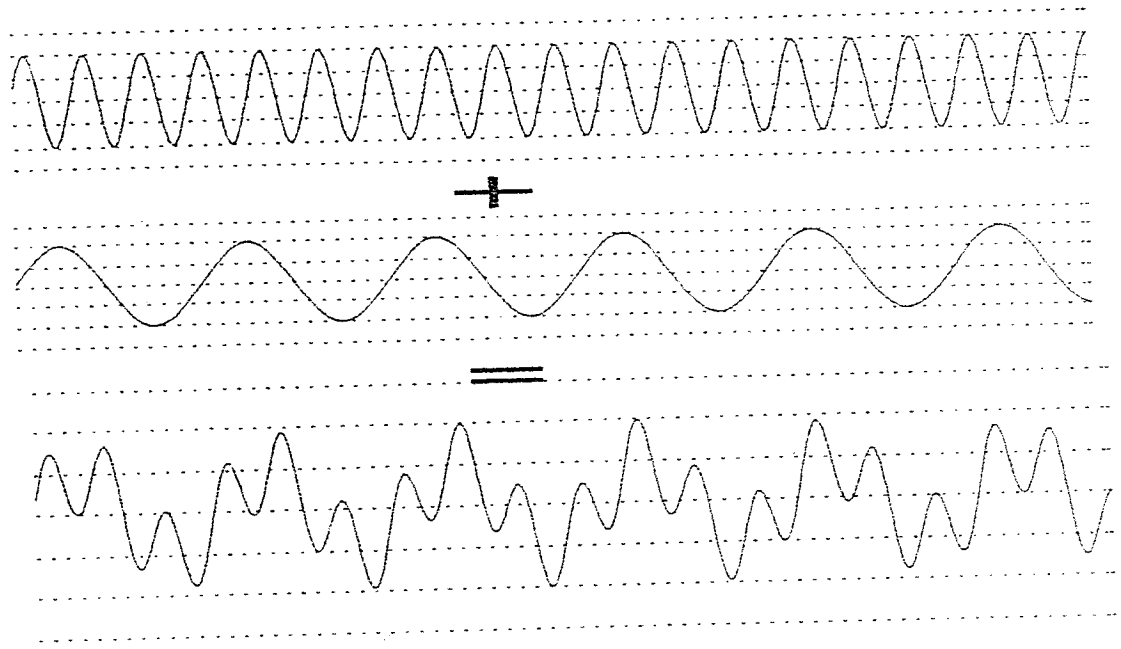


FIGURA 2



# SUMA DE 3 SINUSOIDES

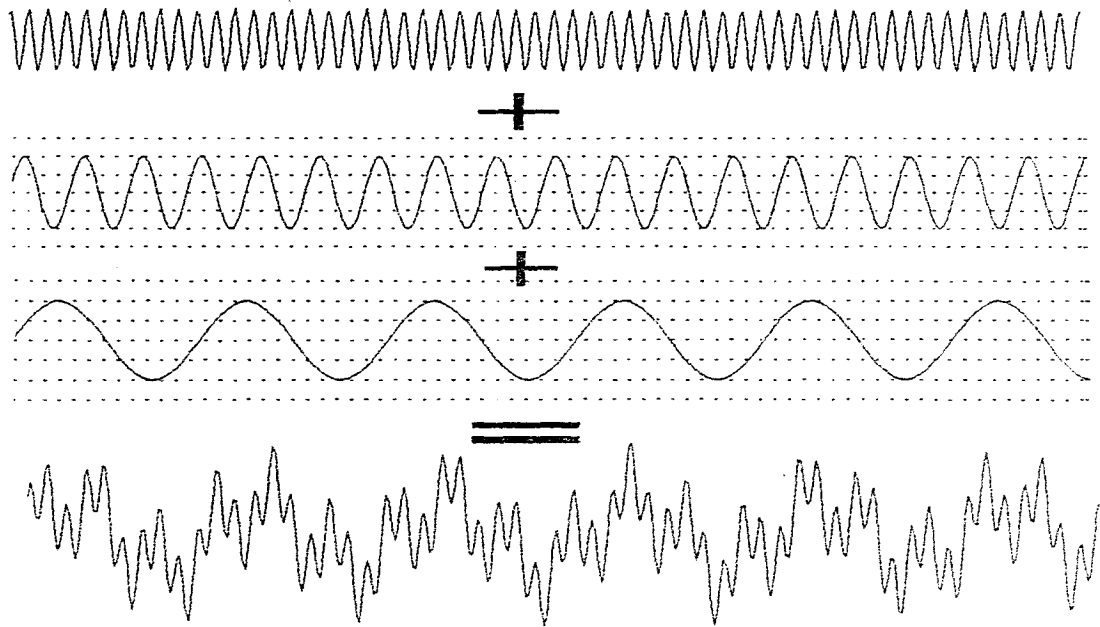


FIGURA 3

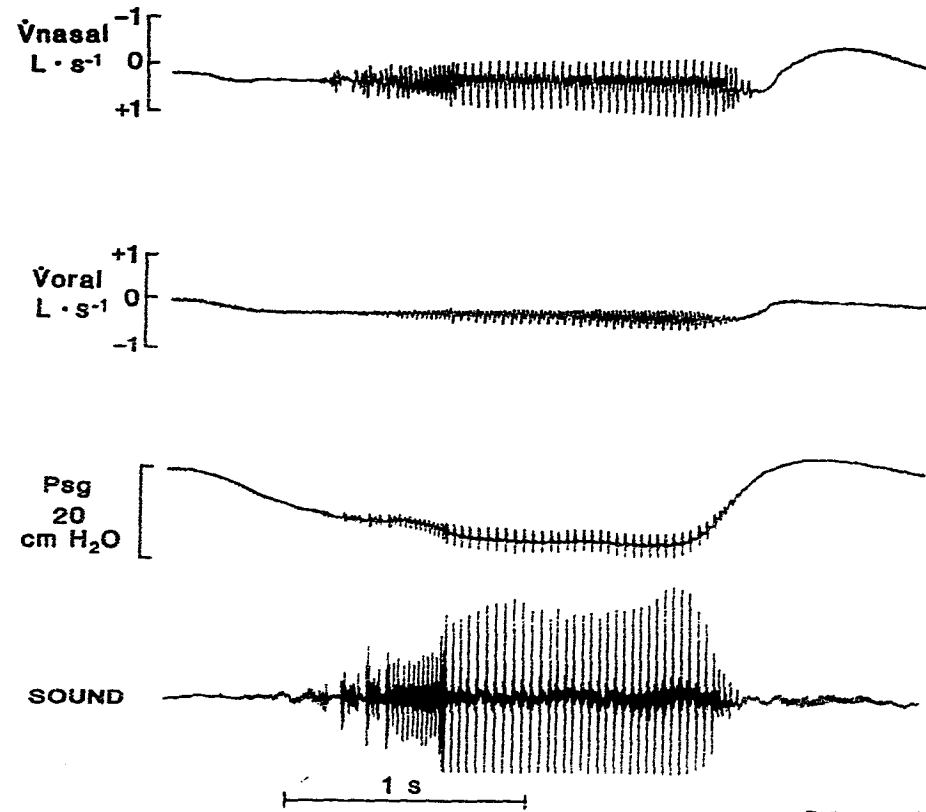
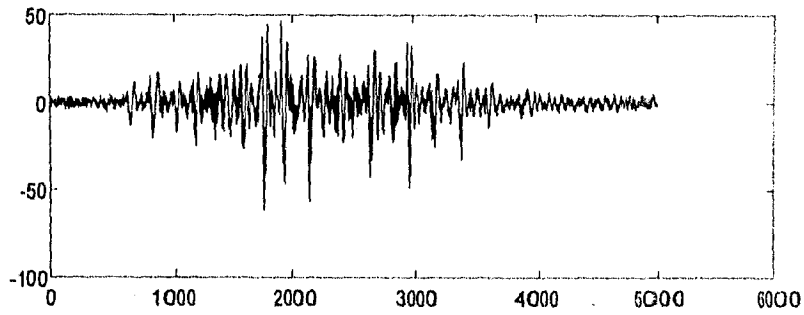
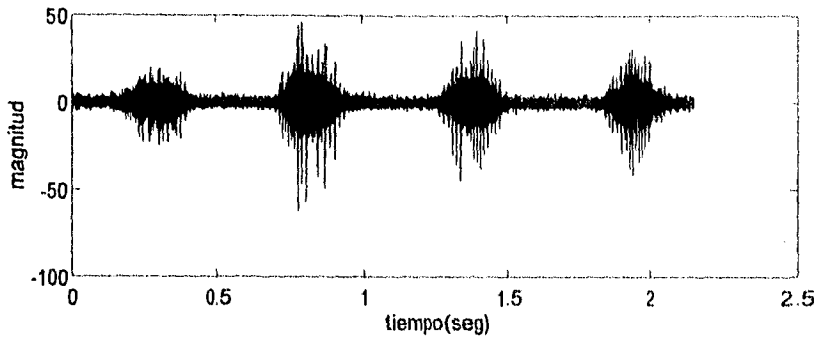
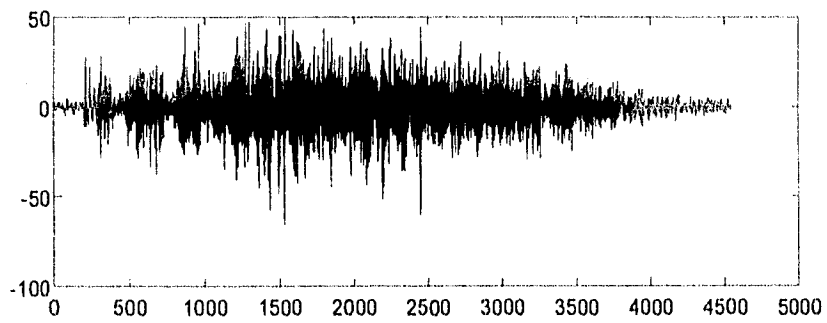
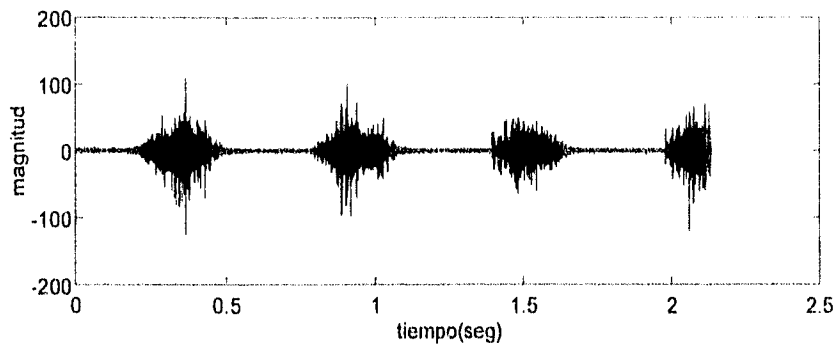


FIGURA 4

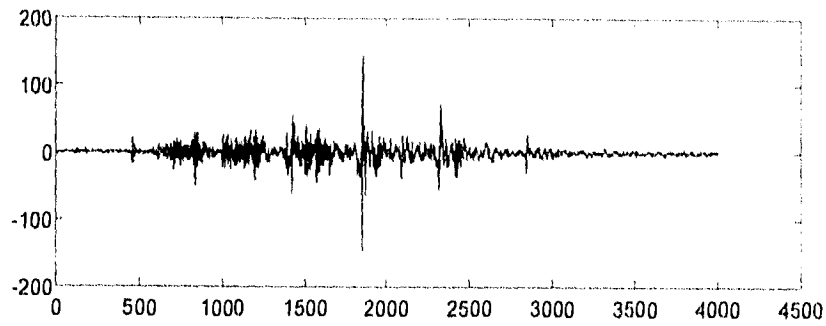
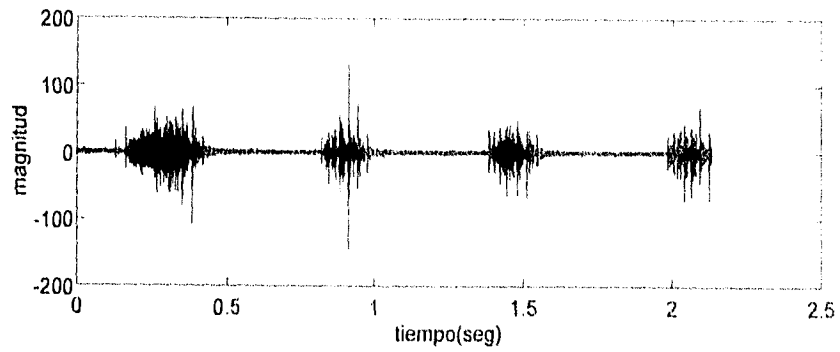
**RONQUIDOS NASALES SIMULADOS CON CUELLO EN  
FLEXION DE UN SUJETO CONTROL**  
(Procesado en el ámbito del tiempo)



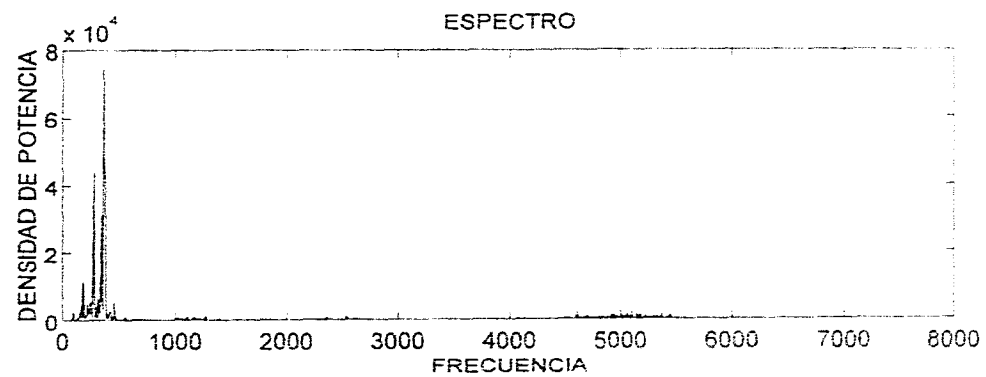
**RONQUIDOS ORALES SIMULADOS CON CUELLO EN  
FLEXION DE UN SUJETO CONTROL**  
(Procesado en el ámbito del tiempo)



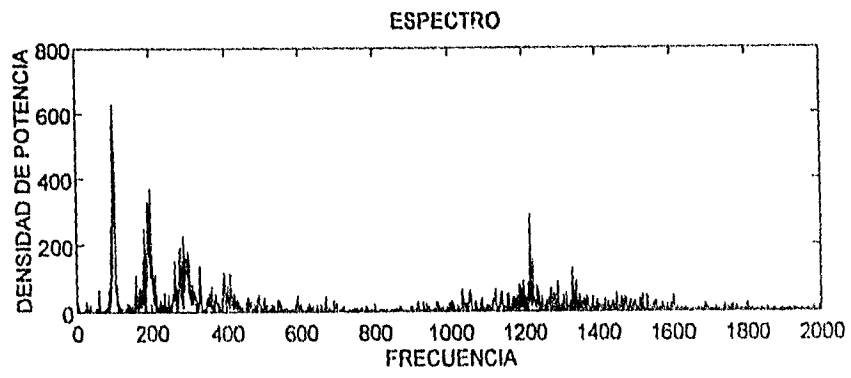
**RONQUIDOS ORONASALES SIMULADOS CON  
CUELLO EN FLEXION DE UN SUJETO CONTROL**  
(Procesado en el ámbito del tiempo)



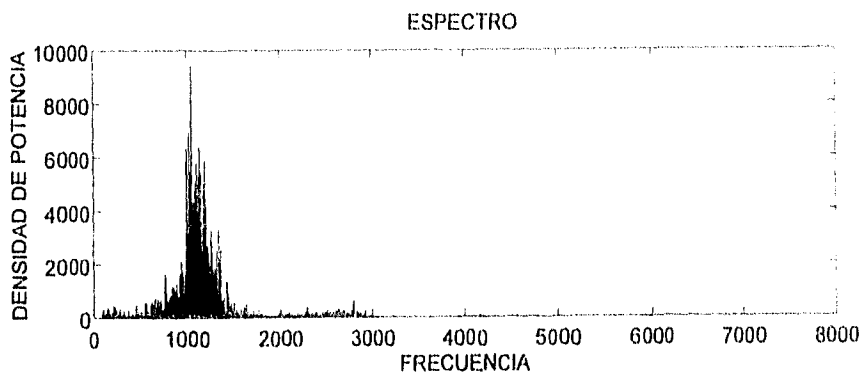
**RONQUIDO NASAL SIMULADO CON CUELLO EN  
FLEXION DE UN SUJETO CONTROL**  
(Procesado en el ámbito de la frecuencia, mediante TRF)



**RONQUIDO NASAL SIMULADO DE UN SUJETO CONTROL**  
**(ANALIZADO EN EL ÁMBITO DE LA FRECUENCIA)**

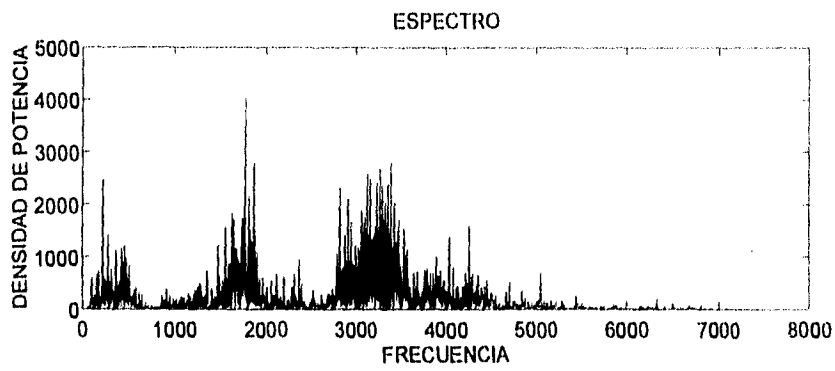


**RONQUIDO ORAL SIMULADO CON CUELLO EN  
FLEXION DE UN SUJETO CONTROL**  
(Procesado en el ámbito de la frecuencia, mediante TRF)



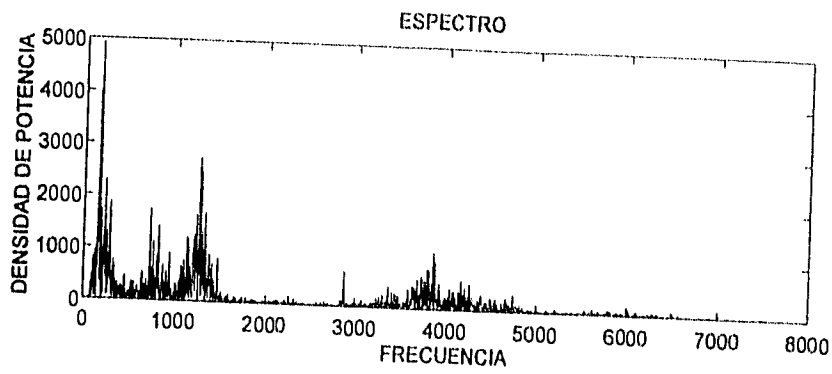


**RONQUIDO ORONASAL SIMULADO CON CUELLO EN  
FLEXION DE UN SUJETO CONTROL**  
(Procesado en el ámbito de la frecuencia, mediante TRF)



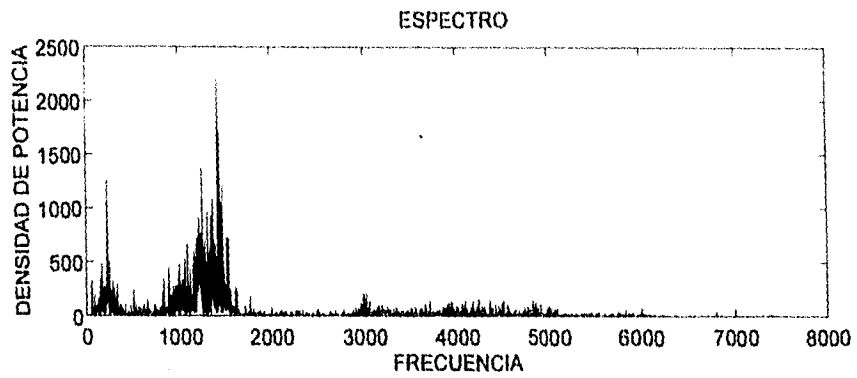
**RONQUIDO ORONASAL SIMULADO CON CUELLO EN FLEXION, DE PREDOMINIO NASAL DE UN SUJETO CONTROL**

(Procesado en el ámbito de la frecuencia, mediante TRF)

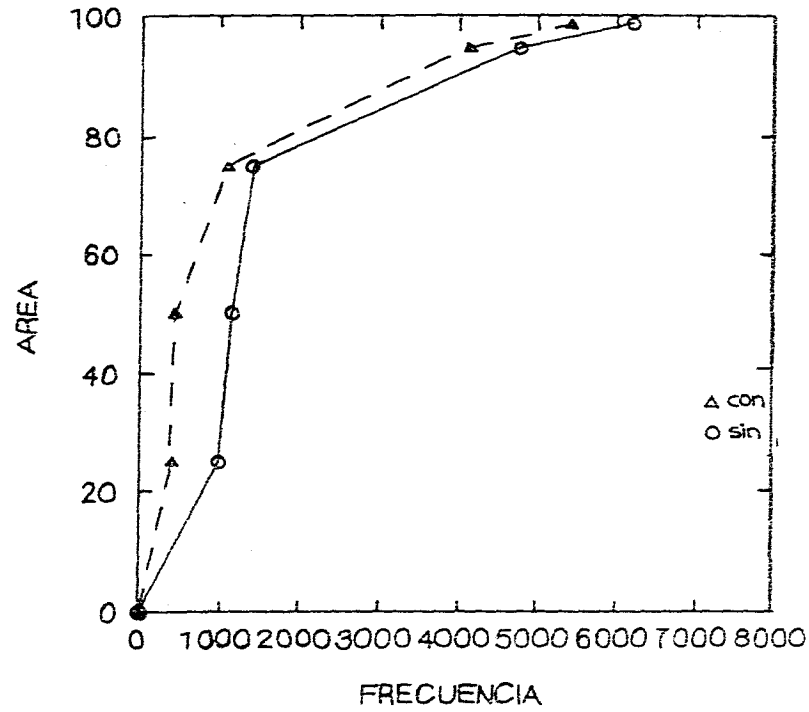


**RONQUIDO ORONASAL SIMULADO CON CUELLO EN  
FLEXION, DE PREDOMINIO ORAL DE UN SUJETO  
CONTROL**

(Procesado en el ámbito de la frecuencia, mediante TRF)

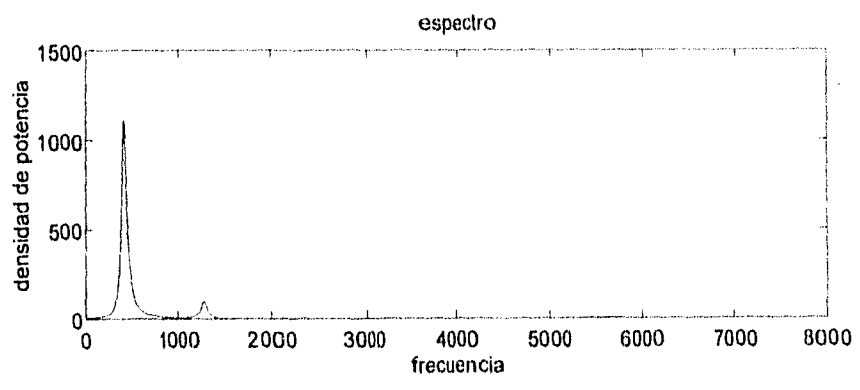


**DISTRIBUCION ESPECTRAL ACUMULATIVA (area)**  
**COMPARANDO RONQUIDO ORAL CON Y SIN**  
**PNEUMOTACOGRFO.**  
(% del área espectral por abajo de cada frecuencia)



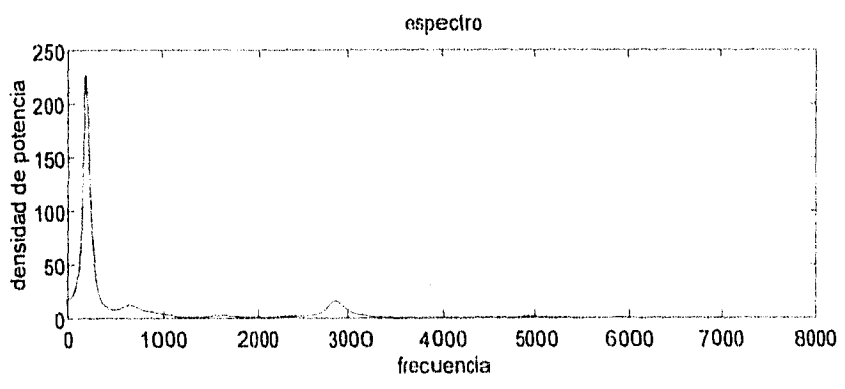
**RONQUIDO ORAL SIMULADO CON  
PNEUMOTACOGRFO EN FLEXION DE UN SUJETO  
CONTROL**

(Procesado en el ámbito de la frecuencia, mediante TRF)



**RONQUIDO NASAL SIMULADO CON CUELLO EN  
FLEXION DE UN SUJETO CONTROL**

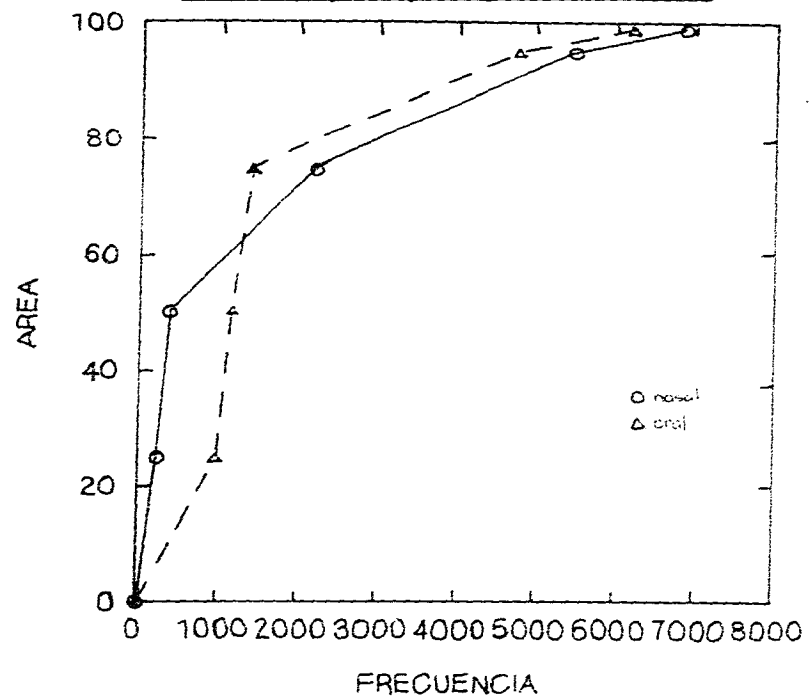
(Procesado en el ámbito de la frecuencia, mediante TRF)



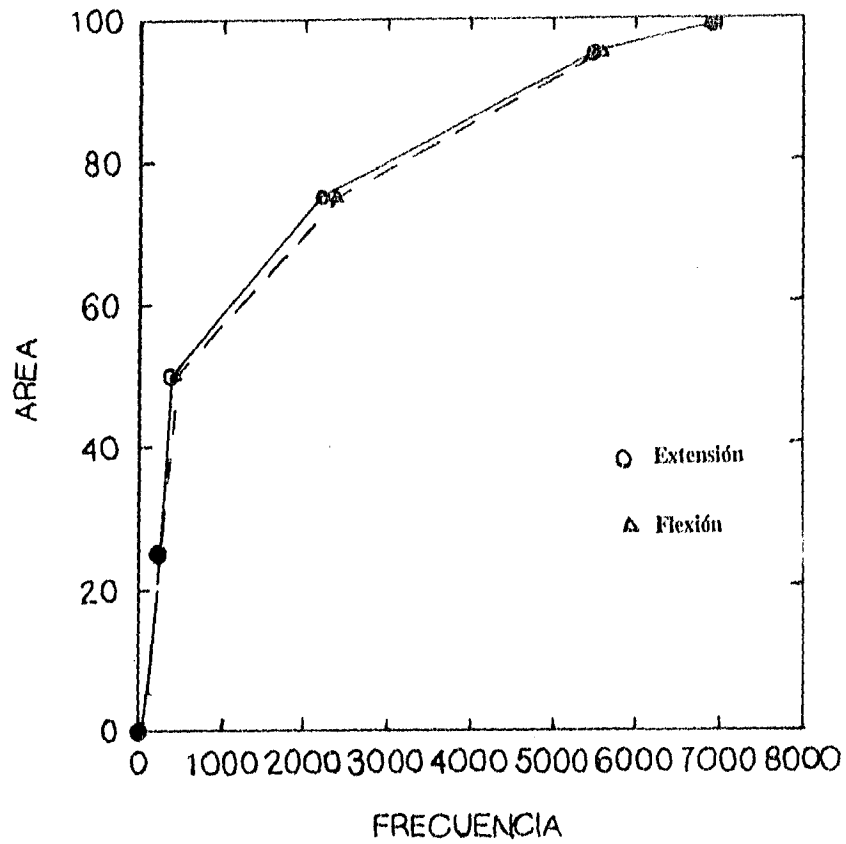
ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

**DISTRIBUCION ESPECTRAL ACUMULATIVA (area)**  
**COMPARANDO RONQUIDO ORAL Y RONQUIDO**  
**NASAL.**

(% del área espectral por abajo de cada frecuencia)

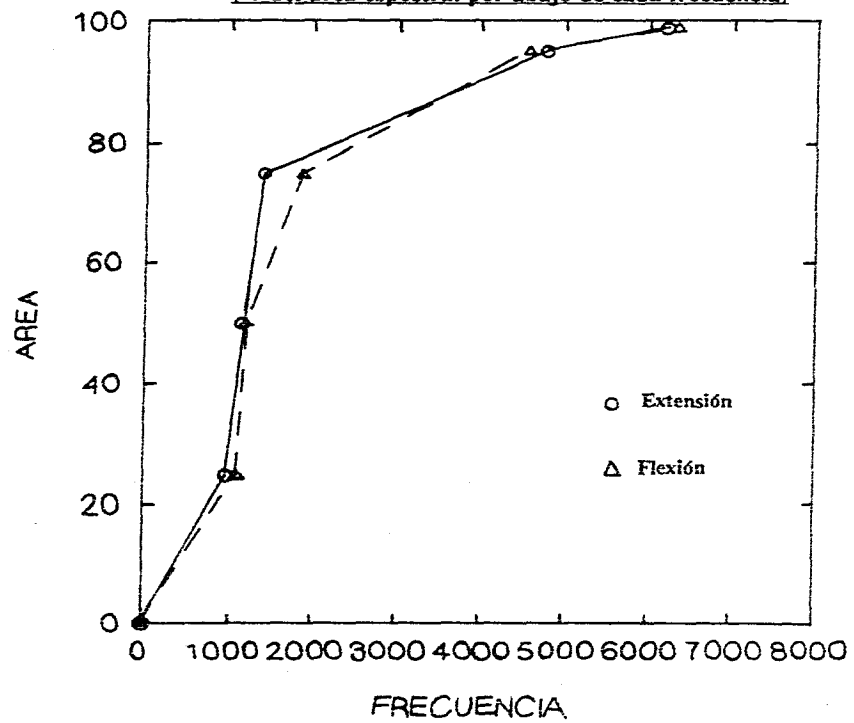


**DISTRIBUCION ESPECTRAL ACUMULATIVA (area)**  
**COMPARANDO RONQUIDO NASAL EN FLEXION Y**  
**EXTENSION,**  
**(% del área espectral por abajo de cada frecuencia)**



**DISTRIBUCION ESPECTRAL ACUMULATIVA (area)  
COMPARANDO RONQUIDO ORAL EN FLEXION Y  
EXTENSION.**

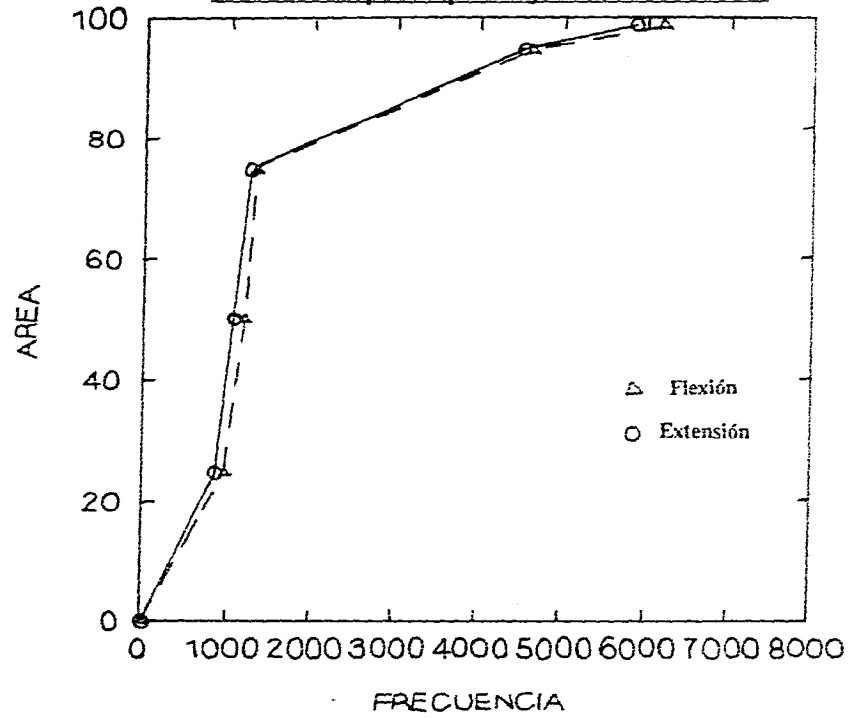
(% del área espectral por abajo de cada frecuencia)



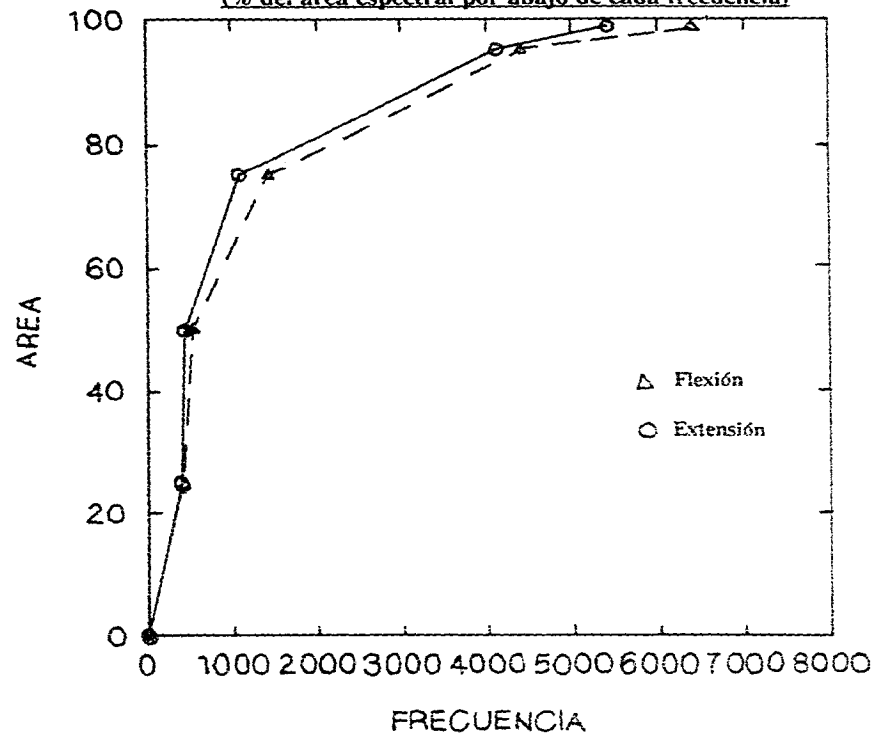


**DISTRIBUCION ESPECTRAL ACUMULATIVA (area)**  
**COMPARANDO RONQUIDO ORONASAL EN FLEXION**  
**Y EXTENSION.**

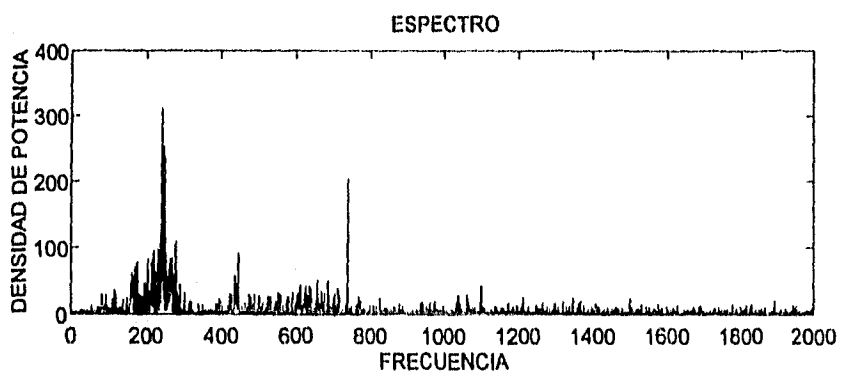
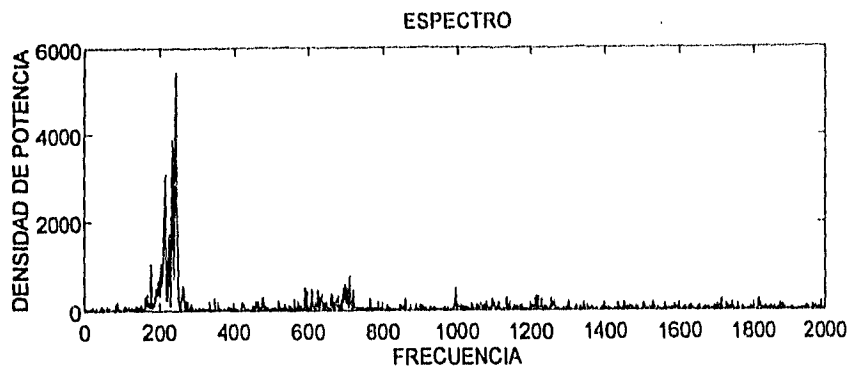
(% del área espectral por abajo de cada frecuencia)



**DISTRIBUCION ESPECTRAL ACUMULATIVA (area)**  
**COMPARANDO RONQUIDO CON**  
**PNEUMOTACOGRFAO EN FLEXION Y EXTENSION.**  
(% del área espectral por abajo de cada frecuencia)



**RONQUIDO NASAL SIMULADO Y RONQUIDO  
ESPONTANEO DE UN PACIENTE CON SINDROME DE  
APNEA OBSTRUCTIVA DEL SUEÑO.**



**RONQUIDO ORAL SIMULADO Y RONQUIDO  
ESPONTANEO DE UN PACIENTE CON SINDROME DE  
APNEA OBSTRUCTIVA DEL SUEÑO.**

