

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

**Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la
Información (CEETI)**



TRABAJO DE DIPLOMA

**Estudio del comportamiento de la nasalidad entre
géneros con el uso del NasometryStudio v1.0 (NS 1.0)**

Autor: Yadián Rosell Castañeda

Tutor: Msc. Beatriz Guerra Santana

Santa Clara

2014

“Año 56 de la Revolución”

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

**Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la
Información (CEETI)**



TRABAJO DE DIPLOMA

**Estudio del comportamiento de la nasalidad entre
géneros con el uso del NasometryStudio v1.0 (NS 1.0)**

Autor: Yadián Rosell Castañeda

yrosell@uclv.edu.cu

Tutor: Msc. Beatriz Guerra Santana

bguerra@uclv.edu.cu

Santa Clara

2014

“Año 56 de la Revolución ”



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Biomédica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

"La nasalidad es bella".

Luis Álvarez Lami

DEDICATORIA

Les dedico este trabajo a mis padres y abuelos por ser los forjadores de mi persona.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Marita e Ismael por su amor, cariño y apoyo durante mi corta vida.

A mis abuelos Delia y Alfredo por su amor incondicional. Para mí son más que abuelos son padres.

A mi tutora Beatriz por su inmenso apoyo en la realización del presente trabajo.

A mi familia por trasmitirme todo su cariño.

A mi novia Rivy por su amor y comprensión en todo momento.

A mis amigos del grupo y de la vida. A todos infinitas gracias.

TAREA TÉCNICA

- ✓ Realización de un estudio sobre las investigaciones reportadas relacionadas al comportamiento de la nasalidad entre géneros.
- ✓ Selección de ejercicios específicos para el estudio de la nasalidad entre géneros, a partir de las valoraciones de especialistas en Logopedia y Foniatría.
- ✓ Realización de grabaciones a sujetos de ambos sexos para la creación de una base de datos que contenga grupos de grabaciones por género.
- ✓ Análisis estadístico de las mediciones obtenidas mediante estadística descriptiva (media, desviación estándar, máximos y mínimos) y realización de pruebas estadísticas para el análisis de separabilidad entre los grupos estudiados.
- ✓ Evaluación del comportamiento de los parámetros de nasalidad utilizados y de los ejercicios para el estudio de la separabilidad entre géneros.
- ✓ Redacción del informe.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

La nasalidad es una de las variables que se estudia para la caracterización del habla en un sujeto. A lo largo de la historia se han realizado investigaciones a partir de mediciones subjetivas y objetivas que han permitido determinar la relación existente entre patologías del habla, así como la influencia del lenguaje, de la edad y del género en la resonancia nasal. El presente trabajo persigue analizar precisamente el comportamiento de la nasalidad normal entre géneros en idioma español, mediante el uso del sistema de medición NS.1.0, diseñado e implementado en el departamento de Procesamiento de Voz del Centro de Estudio de Electrónica y Tecnologías de la Información (CEETI), de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV). Con este objetivo se obtuvo una base de datos con 150 grabaciones de personas con habla normal pertenecientes a provincias de la zona central de Cuba.

Se estudió fundamentalmente el comportamiento de parámetros relacionados con la resonancia nasal en tres palabras nasales. Para el análisis detallado se utilizó el programa *estadístico SPSS (versión 21.0) para Windows* con el cual se obtuvieron valores de estadística descriptiva como: media, valores máximos y mínimos y desviación estándar. Igualmente se realizaron pruebas paramétricas para determinar normalidad y diferencia respecto a género en los grupos de personas estudiados.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
TAREA TÉCNICA	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
Organización del informe	2
CAPÍTULO 1. Fundamentos sobre la medición de la nasalidad.....	4
1.1 Sonidos del habla	4
1.1.1 Sonidos nasales	6
1.2 Nasalidad y Nasalancia	8
1.2.1 Bases fisiológicas de la nasalidad	8
1.2.2 Nasalancia.....	9
1.3 Alternativas para la medición de nasalidad	11
1.4 Estudios normativos con respecto a la diferencia entre género.....	15
1.5 Pruebas estadísticas para el análisis de separabilidad entre dos muestras independientes.....	17
1.5.1 Evidencia estadística en estudios de nasalidad	19
1.6 Conclusiones parciales	22

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
2.1 Sistema para la medición de nasalidad	24
2.1.1 Hardware del sistema para la medición de nasalidad.....	25
2.1.2 Software del sistema para la medición de nasalidad.....	26
2.2 Procedimiento de obtención de las muestras.....	29
2.3 Herramientas y procedimiento a seguir para el análisis estadístico de las muestras	30
2.4 Conclusiones del capítulo.....	31
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1 Estudio con la palabra <i>mañana</i>	33
3.1.1 Análisis de la separabilidad entre los grupos para la palabra <i>mañana</i>	35
3.2 Estudio con la palabra <i>niño</i>	36
3.2.1 Análisis de la separabilidad entre los grupos para la palabra <i>niño</i>	38
3.3 Estudio con la palabra <i>año</i>	39
3.3.1 Análisis de la separabilidad entre los grupos para la palabra <i>año</i>	41
3.4 Análisis de los resultados	41
3.5 Conclusiones del capítulo.....	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
Conclusiones	44
Recomendaciones.....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
Anexo I. Prueba de normalidad con el test de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.	49
Anexo II. Prueba t de Student para el análisis de separabilidad entre las muestras.....	50

INTRODUCCIÓN

La medición computarizada de la nasalidad constituye una alternativa eficaz, la cual permite a los especialistas de la rama fonoaudiológica emitir un diagnóstico fundamentado sobre aspectos relacionados a la resonancia nasal. Desde la segunda mitad del pasado siglo se han materializado alrededor del mundo diversos sistemas de medición que propician la cuantificación de la nasalidad, concebida como un fenómeno de naturaleza fono-articulatoria.

El criterio de la diferencia de género apreciable en las mediciones de nasalidad constituye un tema ampliamente investigado a nivel internacional [1] [2]. Numerosos investigadores han desarrollado importantes estudios encaminados a determinar si el sexo determina o no en las medidas de resonancia nasal. El criterio de la diferencia entre géneros prevalece en varias investigaciones tomando como punto de partida las diferencias entre la configuración del tracto vocal femenino y el masculino.

En Cuba la carencia de instrumental médico en las consultas de Logopedia y Foniatría para el análisis del habla y sus rasgos, como por ejemplo: el análisis objetivo de la nasalidad, propició la creación en el año 2010 de un sistema de medición del grado de nasalidad denominado NasometryStudio v1.0 (NS 1.0). Luego del diseño e implementación del equipo se le realizaron diversas pruebas, las cuales demostraron el correcto funcionamiento del mismo así como su capacidad de captar por separado las señales nasales y orales, además de determinar el grado de nasalidad de un sujeto [3].

En el año en curso, se realizó un estudio en el CEETI relacionado con la separabilidad del grado de resonancia nasal por locutores el cual trajo como resultado la conformación de una base de datos referente a los tres grados de nasalidad existentes (hiponasalidad, nasalidad normal e hipernasalidad), y se determinó la metodología para una correcta separación y

evaluación de la resonancia nasal. Además, en dicha investigación se comprobó que con el número de muestras utilizadas (30) no existen diferencias significativas entre los valores de nasalancia para ambos géneros, pero han existido estudios que han demostrado lo contrario [4] [5] y esa es precisamente la situación problemática en la presente investigación, la cual puede sintetizarse en la siguiente interrogante científica: ¿Existen diferencias en el comportamiento de la nasalidad entre género empleando el NS 1.0?

Para dar respuesta a esta interrogante y lograr así dar solución al problema existente, se plantean los siguientes objetivos de investigación:

Objetivo general:

- ✓ Analizar el comportamiento de la nasalidad normal entre géneros en el idioma español con el uso del N.S.1.0

Objetivos específicos:

- ✓ Obtener una base de datos de nasalidad con voces de hombres y mujeres que presenten resonancia nasal normal.
- ✓ Definir el procedimiento a seguir para el análisis de las muestras obtenidas.
- ✓ Realizar un estudio estadístico del comportamiento de los parámetros relacionados con la nasalidad en cada ejercicio para el análisis de la separabilidad entre los grupos de muestras obtenidas.

Organización del informe

El informe del trabajo de diploma seguirá la siguiente estructura: introducción, capitulario, conclusiones, referencias bibliográficas y anexos. En la introducción se plantea la necesidad, antecedentes y objetivos de la investigación. En el Capítulo 1 se abordan aspectos teóricos relacionados a los términos nasalidad y nasalancia así como las diversas alternativas para la cuantificación de este parámetro, algunos estudios normativos de nasalidad entre géneros y las herramientas estadísticas empleadas en los mismos para señalar las diferencias en este sentido. El Capítulo 2 describe las características del sistema utilizado para las mediciones, así como el procedimiento de obtención de las muestras y las herramientas para análisis estadístico realizado. El Capítulo 3 plantea los valores obtenidos

en dichos análisis y su interpretación, presentando así los principales resultados del estudio. Las recomendaciones brindan indicaciones para trabajos futuros sobre el tema. La bibliografía muestra las referencias utilizadas en el trabajo y los anexos las tablas generales de los análisis realizados.

CAPÍTULO 1. Fundamentos sobre la medición de la nasalidad

En este primer capítulo se abordan aspectos teóricos relacionados a los términos nasalidad y nasalancia los cuales son esenciales para alcanzar una noción de la tarea a desarrollar. Primeramente se mencionan los sonidos del habla, para luego enfatizar en las características de los fonemas nasales. Se exponen igualmente las diversas alternativas para la medición de la nasalidad, así como algunos estudios normativos respecto al comportamiento de esta variable entre sexos. De igual manera, se realiza un resumen sobre las pruebas estadísticas implementadas en dichos estudios para reflejar las posibles diferencias en cuanto a género.

1.1 Sonidos del habla

La voz humana se produce voluntariamente por medio del aparato fonatorio. Éste está formado por los pulmones como fuente de energía en forma de un flujo de aire, la laringe, que contiene las cuerdas vocales, la faringe, las cavidades oral (o bucal) y nasal y una serie de elementos articulatorios: los labios, los dientes, el alvéolo, el paladar, el velo del paladar y la lengua (ver Figura 1.1) [6].

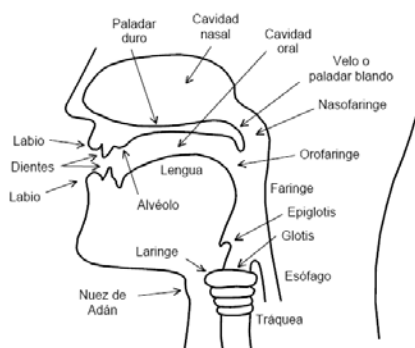


Figura 1.1 Corte esquemático del aparato fonatorio humano [6].

El fonema como unidad abstracta de la lengua se realiza en el habla en forma de señal acústica o fono, producido mediante la actividad fisiológica del tracto vocal. En los eventos de habla se expresan las dimensiones perceptuales, articulatorias y acústicas contenidas en los fonos o sonidos, presentes en el sistema fonético de cada lengua. Los sonidos de habla poseen cualidades particulares como frecuencia, intensidad, amplitud, duración, que son percibidas por el oído humano o por instrumentos diseñados para tal fin [7].

Los sonidos del habla, los que constituyen las cadenas lingüísticas con las que nos comunicamos, son la respuesta acústica de los resonadores que forman el tracto vocal(faringe, boca y nariz) a la fuente armónica situada en la glotis o ,eventualmente, a alguna otra fuente transitoria en algún punto del propio tracto. La descripción acústica de cualquiera de los sonidos que componen las secuencias lingüísticas consistirá en especificar el tipo de fuente que le es propio y la distribución de energía en el espectro de frecuencias que le corresponda. Desde el punto de vista articulatorio, la descripción consistirá en especificar la configuración que tiene que adoptar el tracto para dar lugar a los índices acústicos que correspondan, explicando qué órganos articulatorios son los responsables de que el tracto adopte esa configuración [8].

En la génesis de los sonidos del habla se distinguen tres momentos relevantes. Estos son:

1. La respiración, puesto que la energía de la corriente espiratoria es la materia prima de los sonidos articulados. Consta de dos fases: inspiración y espiración. La fase espiratoria admite más variaciones que la inspiratoria. En casi todas las lenguas se articula utilizando la corriente espiratoria y solo excepcionalmente se utiliza la corriente inspiratoria en algún sonido de alguna lengua. Esto se debe en parte a la disposición de la laringe, que hace que sea más fácil la vibración glótica si el aire va de abajo hacia arriba.
2. La fonación, que corresponde al momento en que la energía espiratoria se hace sonido y tiene lugar en la laringe. El sonido se origina siempre en alguna vibración que resulta de alguna perturbación de una masa y esa perturbación tiene lugar siempre por la aplicación de alguna forma de energía.

La articulación, que corresponde al momento de la resonancia y la diversificación de timbres, por un lado, y a la creación de fuentes transitorias suplementarias, por otro. La articulación tiene lugar en las llamadas cavidades supra glóticas, esto es, la cavidad faríngea, la cavidad nasal y la cavidad bucal. Lo que oímos cuando alguien nos habla no es el zumbido de las cuerdas vocales, sino la resonancia de ese zumbido en dichas cavidades. El aire contenido en la faringe, la nariz y la boca actúa como un resonador [8].

Los sonidos del habla pueden clasificarse de acuerdo a diversos criterios que tienen en cuenta los diferentes aspectos del fenómeno de emisión. Estos criterios son [6]:

- a) Según su carácter vocálico o consonántico.
- b) Según su oralidad o nasalidad.
- c) Según su carácter tonal (sonoro) o no tonal (sordo).
- d) Según el lugar de articulación.
- e) Según el modo de articulación.
- f) Según la posición de los órganos articulatorios.
- g) Según la duración.

Para ajustarnos al tema de este trabajo en este capítulo se describen solamente las características fundamentales de los fonemas nasales y sus formas de organización en las palabras.

1.1.1 Sonidos nasales

En términos de fonética articulatoria se suele referir como nasal a todo sonido en cuya producción el velo del paladar desciende, separándose de la pared faríngea y abriendo paso al aire a través de la cavidad nasal [6].

Desde el punto de vista de la fonética acústica, los nasales son absolutamente distintos de otros sonidos del habla. Dichos sonidos se caracterizan por una baja intensidad para su primera resonancia y una intensidad alta en las demás resonancias. La amplitud de los nasales es usualmente menor que la de las vocales adyacentes. Los nasales son parte de una clase exclusiva dentro de la clasificación fonética, ya que adquieren su rasgo distintivo en la cavidad nasal, lo cual produce un contraste absoluto con los fonemas orales. Las consonantes nasales y nasalizadas presentan particularidades en las diferentes lenguas del

mundo [9].

La teoría fonética contempla los nasales ya sea, como segmentos nasales o como segmentos nasalizados, dependiendo de la presencia o ausencia de nasalidad aplicada al momento de la producción. La nasalización puede explicarse como un efecto de coordinación articulatoria en el que el descenso del velo y la apertura velofaríngea permanece durante la configuración de los puntos de articulación de los sonidos orales, generando combinaciones acústicas que involucra el rasgo nasal, como resultado del fenómeno de coarticulación descrito [10].

Según la Asociación Fonética Internacional [11] los fonemas nasales se ubican en la categoría de consonantes pulmonicas, pues requieren la evacuación del aire de los pulmones para su producción. Dichos fonemas poseen rasgos que lo distinguen de otras consonantes pulmonicas como las laterales, dentales, velares y estridentes (aquellas en las se produce ruidos fricativos por la configuración y presión de las superficie durante la producción). Los fonemas nasales siempre son sonoros, es decir, se requiere de la vibración de los pliegues vocales durante la emisión de dichos sonidos.

En la clasificación fonética internacional, los fonos nasales están claramente descritos como: nasal bilabial[m], nasal labiodental [ɱ], nasal dental[n], nasal alveolar [ɲ], nasal retrofleja [ŋ], nasal palatal [ɲ], nasal velar [ŋ], todos ellos con el rasgo sonoro, cualidades de sonido comunes en los nasales del español, francés e italiano entre otras lengua europeas. La razón por la que estas consonantes nasales tienen su propio símbolo es su frecuencia en los idiomas del mundo. En el español el repertorio de los fonemas nasales corresponde a [m] nasal bilabial, [n] nasal alveolar y [ɲ] nasal palatal, aunque en el contexto de segmento silábico, se pueden incluir las demás variantes o alófonos lo que aumenta las posibilidades para el repertorio nasal en español.

Por el contrario, la desnasalización se produce cuando se elimina un adecuado grado de nasalización en el segmento, fenómeno que indica una desviación de la energía del aire durante la producción de sonidos o segmentos que contienen un patrón de nasalización, asociado a factores estructurales, funcionales y variaciones intencionales producidas por el hablante [11].

1.2 Nasalidad y Nasalancia

La nasalidad y la nasalancia son dos conceptos que están estrechamente relacionados, y en muchos casos tiende a confundir en qué momento se está hablando de uno u otro. Ambos caracterizan la emisión de sonido por la nariz, pero la gran diferencia es que cuando hablamos de nasalidad nos referimos a la impresión subjetiva captada por un juez y a la nasalancia como la cuantificación de la resonancia nasal, es decir, la medición objetiva de esta variable.

1.2.1 Bases fisiológicas de la nasalidad

La nasalidad, también conocida como rinolalía; es el juicio perceptual o impresión subjetiva acerca de la presencia o ausencia de rasgos nasales en la producción del habla. Constituye además una propiedad distintiva de un grupo de sonidos del sistema fonético del español, que se relacionada con la medida de cierre velofaríngeo durante la articulación de dichos fonemas. La nasalización de sonidos ocurre en virtud de condiciones anatómico-fisiológicas, como la función velofaríngea, y condiciones fonética-fonológicas, como la coarticulación del fono o sonido [12].

La nasalidad es por tanto un fenómeno de naturaleza fonética articulatoria y física-acústica determinado por el proceso de resonancia. En él intervienen los órganos resonadores constituidos por la cavidad oral, la faringe y la cavidad nasal que toman diferentes configuraciones para la producción de cada sonido mediante constricciones articulatorias o la apertura y cierre de las cavidades. Las modificaciones de la corriente de aire ocurridas en las estructuras supraglóticas aumentan el volumen de la señal producida en la laringe y refuerzan algunos de sus armónicos, lo que contribuye a la caracterización del timbre de voz de cada individuo. Los cambios en la configuración y tensión de las partes móviles o semimóviles del sistema de resonancia (como músculos y tejidos blandos de la faringe, úvula, lengua, labios, las estructuras óseas, articulares y musculares de la laringe y de la mandíbula), afectan de manera directa las características de la resonancia de la voz [13].

La *nasalidad* se produce cuando la cavidad de resonancia posterior o nasal entra en acción a través del descenso del velo del paladar haciendo que las ondas sonoras se reflejen en su interior y adquieran el rasgo de nasalidad [11].

Así, durante la fonación, las ondas sonoras producto de una actividad laríngea, pueden ser reflejadas en la cavidad oral o nasal haciendo que a través de ellas emerja cierta proporción de energía acústica. Este tipo de energía puede ser medida a través de métodos perceptuales e instrumentales de evaluación los cuales arrojan datos en términos de nasalidad y de nasalancia, respectivamente [13].

La nasalidad puede ser un factor de diferenciación entre hablantes nativos de una lengua, lo mismo que un criterio para el estudio de patrones típicos de desarrollo, de variaciones dialectales y de comparación con hablantes que presentan alteraciones en la resonancia del habla. Es importante considerar que los grados de nasalidad en una lengua están determinados por el sistema de reglas fonológicas que rigen las secuencias de los sonidos en la estructura silábica y la estructura de la palabra, así como las restricciones que operan en cada sistema lingüístico. Estas restricciones se aplican tanto a sonidos vocálicos como consonánticos, a partir de los cuales los oyentes valoran como aceptable o no el rasgo nasal en las producciones de sus interlocutores.

1.2.2 Nasalancia

El concepto ‘nasalancia’ surge como resultado del desarrollo de nuevas tecnologías que permiten cuantificar aspectos físico-acústicos durante la producción del habla. Una de estas novedosas invenciones fue el nasómetro, creado por el Dr. Sam Fletcher en 1980, el cual ofrece un método de evaluación objetivo más confiable de la señal de voz nasal a través de la medición de nasalancia.

La nasalancia es un término conocido en ámbitos clínicos, tecnológicos o de investigación en acústica del habla; corresponde al vocablo en inglés “nasalence” que se refiere a la magnitud obtenida al computar la intensidad oral más la intensidad nasal (ver Ecuación 1) y se utiliza para caracterizar de forma instrumental el grado de resonancia nasal de un sonido determinado, constituyendo la variable que permite determinar de forma cuantitativa la nasalidad existente en una persona.

$$N = \frac{E_n}{E_n + E_o} * 100\% \quad (1)$$

Donde: N = nasalancia, E_n = energía nasal y E_o = energía oral

La energía nasal está directamente asociada al incremento o disminución de la energía oral, por lo cual existen diferencias en las medidas de la nasalancia en los distintos sonidos del habla.

Debido a que el nasómetro, instrumento que se explicará posteriormente, está diseñado para medir la energía acústica, son las vocales, los sonidos con más altos niveles de energía acústica dentro de la cavidad oral y por ello, crean un potencial de diferenciación en el estímulo empleado. Para Watterson y otros (1998) [14] el contenido vocálico conduce a variaciones en las medidas de nasalancia lo cual es apoyado por Bae, (2007) [15], quien concluye que las vocales alta-anteriores [i] y altas-posteriores [u] se ubican en los porcentajes más altos de nasalancia, alrededor del 66%, mientras que las vocales bajas-posteriores [a] son de baja nasalancia. Lo anterior, puede explicarse porque en la producción de vocales bajas hay menor flujo de energía en el tracto nasal y mayor aproximación del esfínter velofaríngeo [14] [15].

En cuanto a la nasalancia y la influencia del contexto consonántico, Sweeney y otros [16], proponen categorizar las consonantes de alta y baja presión para las pruebas con sonidos orales y sonidos nasales. Las consonantes de alta presión corresponden a sonidos oclusivos, mientras que las consonantes de baja presión son sonidos fricativos y aproximantes. Sus resultados indican que la nasalancia aumenta cuando la frase o pasaje de prueba está fonéticamente cargada de sonidos oclusivos [16].

En el ámbito internacional, son numerosos los reportes investigativos que describen la nasalancia en hablantes típicos monolingües de diferentes lenguas, variaciones dialectales y comparaciones entre individuos que presentan deterioro auditivo, alteraciones del habla y problemas funcionales de resonancia [16] [17] [18] [19].

El interés en los estudios de nasalancia se ha enfocado en el análisis de la variabilidad de los resultados asociados a diferencias individuales de los sujetos, condiciones técnicas del instrumento y sus componentes, factores relacionados con el procedimiento o el desempeño del sujeto ante pruebas de *test-retest* de corto y largo plazo. Lo anterior ha permitido refinar de manera progresiva, las condiciones y criterios experimentales que incrementan la confiabilidad de los resultados con fines investigativos y con importantes efectos en procesos de diagnóstico diferencial de personas con alteraciones estructurales

y funcionales de la resonancia.

En la actualidad, se sabe que la mayoría de las investigaciones dirigidas a caracterizar la nasalancia se han realizado con población angloparlante, y los resultados sugieren que no todos los hablantes obtienen las mismas medidas de nasalancia debido a factores como la identidad dialectal, el género y la edad [20] [19] [16]. La gran mayoría de los estudios normativos, se han realizado en sujetos que oscilan entre los 6 años y la edad adulta y en todos ellos se emplea como criterio de exclusión la participación de personas con procesos de desarrollo fonológico y alteraciones en el habla o en la audición.

En lenguas que no cuentan con pruebas estandarizadas, se han implementado otros estímulos que no responden al parámetro dado por Watterson y Lewis (1999). Por ejemplo, en la lengua marathi de India, se midió la nasalidad de ocho palabras monosilábicas con la consonante en posición pre vocálica y se demostró que es posible establecer medidas diferenciales de nasalancia empleando estímulos diferentes a los tradicionales, estandarizados para los angloparlantes [17].

Varios estudios para el español se han realizado con población nativa de Puerto Rico y México. Los investigadores concluyen que el nasómetro es una herramienta efectiva para evaluar la resonancia en hablantes del español, a pesar del alto grado de variabilidad de los promedios de nasalancia, especialmente en la producción de los pasajes orales [21] [22].

El español, comparado con el inglés y el francés, exhibe rangos altos de nasalancia con un notable cambio en los promedios en población adulta. Los estudios realizados con niños indican que el rango de nasalancia entre las distintas variedades del inglés está entre 59% y 61%. Sin embargo, el español es una lengua que ofrece amplias posibilidades de investigación acerca de la nasalancia y la influencia de los factores lingüísticos asociados a los cambios en esta cualidad [21] [22].

1.3 Alternativas para la medición de nasalidad

La década del setenta del pasado siglo marcó el punto de partida para la implementación de dispositivos destinados a captar la energía contenida en los sonidos nasales. Como se comentó anteriormente uno de los pioneros en el desarrollo de este tipo de herramientas

fue el Dr. Sam Fletcher quien en 1970 construyó un equipo llamado TONAR (*the oral nasal acustic ratio*) que fue recibido de forma asertiva y posteriormente fue adaptado y desarrollado con el nasómetro (1980).

El nasómetro es un instrumento de asistencia computarizada que mide el cambio de la energía nasal, en las señales provenientes de la cavidad oral y nasal. Está compuesto por cuatro unidades principales: el micrófono acoplado a un cabezal, el sistema de acondicionamiento de la señal de sonido, que actualmente se realiza en la propia tarjeta de audio de la computadora. También el componente de procesamiento de señal y el programa para el análisis computarizado que suministra puntajes de la energía en porcentaje y del tiempo en segundos, además que reporta promedios estadísticos de la medición en cada sujeto (ver Figura 1.2) [23].

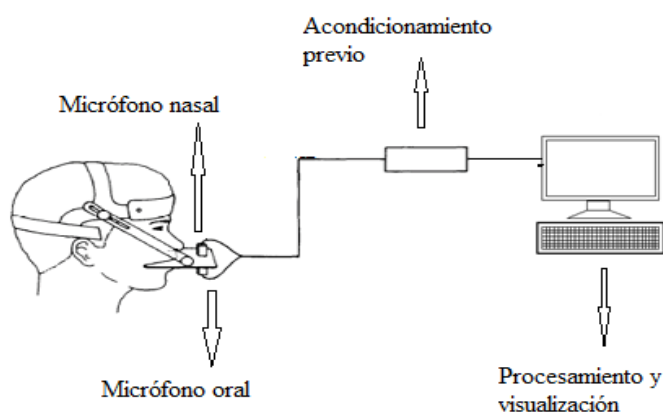


Figura 1.2 Unidades básicas del nasómetro

Desde entonces el nasómetro es una herramienta popularmente utilizada debido a su simplicidad, carácter no invasivo y fácil interpretación de sus resultados por parte del personal encargado de realizar el diagnóstico.

A continuación se mencionan algunas de las herramientas para la evaluación de la nasalidad materializadas desde entonces.

- ✓ El Nasómetro 6200 (ver Figura 1.3), introducido en 1987 por *Kay Elemetrics Corporation*, representa el modelo original del dispositivo y es la fuente para determinar gran parte de trastornos del habla y nasalidad normal, además se ha utilizado para describir la resonancia del habla en la población normal y clínica. Se basa fundamentalmente en las señales nasal y oral preamplificada de dos

micrófonos por separado y luego filtrada con filtros pasa banda (frecuencia central igual a 500Hz, el ancho de banda a -3dB de 300Hz) para capturar la región de baja frecuencia del espectro de la voz [24].



Figura 1.3 Nasómetro 6200 [23].

- ✓ Posteriormente en 2003, Kay Elemetrics PENTAX introdujo el Nasómetro II, modelo 6400 (ver Figura 1.4), el cual es un instrumento que calcula la proporción de los datos acústicos adquiridos por los dos micrófonos. El coeficiente calculado es llamado nasalización, que es indicativo de nasalidad en el habla y se expresa en por ciento [%]. Cuanto mayor sea la proporción de la presión oral-nasal, mayor será la nasalización y más nasal será la voz. La visualización en tiempo real permite a los usuarios realizar su control velofaríngeo durante el habla [24].



Figura 1.4 Nasómetro 6400 [25].

- ✓ Luego surge el Nasómetro II, modelo 6450 (ver Figura 1.5), instrumento que computa una proporción de los datos acústicos adquiridos por los micrófonos. El Nasómetro II 6450 supera las desventajas de los dispositivos invasivos y las máscaras portátiles, se utiliza tanto para diagnóstico, como para terapia [25].



Figura 1.5 Nasómetro II, modelo 6450 [25].

- ✓ El *NasalView* es un sistema nuevo y rentable (ver Figura 1.6), conformado por software y hardware diseñado para la adquisición de datos, análisis clínicos y el tratamiento de los trastornos de la resonancia nasal. Ofrece mediciones en tiempo real de la hipernasalidad (resonancia nasal excesiva) y la emisión nasal a través de una sencilla pantalla gráfica, con la conveniencia y la utilidad clínica de reproducción instantánea, así como la recuperación de base de datos de todas las muestras de voz grabadas [26].

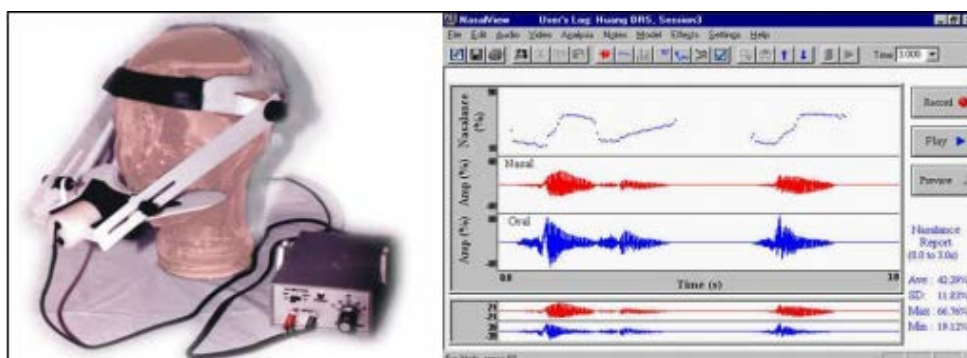


Figura 1.6 Sistema Nasal View [27].

- ✓ El *NasometryStudio.v1.0* (ver Figura 1.7), nasómetro implementado en el CEETI, para la medición de la nasalidad, está compuesto por hardware y software, basado principalmente en las alternativas diseñadas por la *Glottal Enterprises* y la *Kay Elemetrics*.

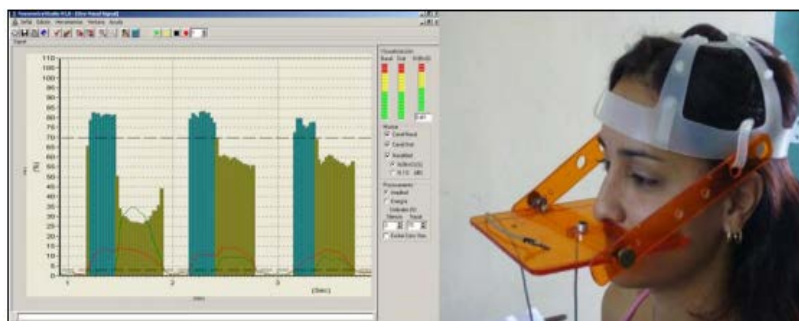


Figura 1.7 NasometryStudio [3].

1.4 Estudios normativos con respecto a la diferencia entre género

El criterio de la diferencia de la resonancia nasal entre géneros constituye un tema ampliamente investigado a nivel internacional. Numerosos investigadores han desarrollado importantes estudios encaminados a determinar si el sexo determina en las medidas de resonancia nasal [28] [1] [5]. La tabla que se expone a continuación exhibe algunas de las investigaciones publicadas sobre este tema así como los resultados obtenidos en las mismas.

Tabla 1.1: Resumen de las investigaciones nasométricas en cuanto a diferencias de género.

Estudio	N	Participantes	Resultados
Hutchinson, et al., (1978) [28]	60	Adultos norteamericanos	Las mujeres mostraron valores de nasalancia significativamente más altos que los hombres.
Seaver, et al., (1991) [1]	148	Adultos norteamericanos	Las mujeres que participaron presentaron una medida de nasalancia significativamente más elevada
Litzaw y Dalston (1992) [29]	30	Adultos norteamericanos	No hubo diferencia entre géneros.
Rochet, et al., (1992) [4]	468	Canadienses en rango de 9-85 años de edad.	Las mujeres reportaron valores de nasalancia superiores a los hombres en los pasajes leídos.
Leeper et a., (1992) [30]	1751	Adultos Canadienses	Las mujeres presentaron valores significativamente más altos en la frase nasal.

Kavanaugh et al., (1994) [31]	52	Adultos Canadienses	No hubo diferencia de géneros.
Mayo, (1996) [32]	80	Adultos norteamericanos	No hubo diferencias de género en el pasaje nasal.
Van Doom y Purcell, (1998) [33]	245	Niños australianos de 4-9 años de edad	No hubo diferencias de género.
Tachimura et al. (2000) [18]	100	Adultos japoneses	No hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos sexos.
Van Lierde et al. (2001) [5]	58	Adultos belgas	Las mujeres participantes exhibieron valores de nasalancia superiores a los hombres.
Sweeney et al., (2003) [16]	80	Niños irlandeses de 1-13 años de edad	No hubo diferencias de género.
Mishima et al. (2008) [2]	68	Adultos japoneses	Las mujeres superaron a los hombres en los promedios de nasalidad

Los estudios resumidos en la tabla no permiten generalizar la existencia o no de una diferencia significativa de la nasalidad entre el género femenino y masculino, pero sí se muestra una tendencia a que las mujeres en sentido general poseen mayores características nasales que los hombres debido a aspectos anatómico-fisiológicos en su complexión física.

A lo largo de los años diversos autores se han encargado de estudiar el aparato fonatorio humano en su conjunto, a fin de encontrar posibles diferencias en el mismo entre los sexos. Algunos de estos estudios se sintetizan a continuación.

- ✓ McKerns y Bzoch en 1970 mediante el uso de cinefluoroscopia para la observación de las válvulas velofaríngeas encontraron dos configuraciones básicas de cierre velofaríngeo en la producción del habla. Las mujeres mostraron un velo más corto, por tanto menos elevación velar y un mayor contacto del velo con la pared faríngea para lograr el cierre en las fonemas nasales. La configuración del cierre velar en las mujeres fue descrita teniendo apariencia de ángulo recto respecto a la faringe. Los autores atribuyen que las diferencias responden a la

ubicación del sitio de inserción del músculo encargado del cierre velofaríngeo, así como a la dimensión de la cavidad oral y velofaríngea en ambos géneros [34].

- ✓ Kuehn and Moon en 1998 observaron que las mujeres utilizan menos fuerza en el cierre velofaríngeo y una mayor actividad del músculo elevador (mientras que los hombres lo contrario en ambos aspectos) durante la articulación de vocales y consonantes [35].
- ✓ Zajac & Mayo (1996) estudiaron aspectos aerodinámicos y temporales de la función velofaríngea en jóvenes de habla normal de ambos sexos durante la producción de la secuencia nasal-explosiva /mp/. Los resultados del estudio demostraron que las mujeres presentan bajos niveles de pico de presión intraoral y una mayor duración en el ascenso de la presión durante la producción del segmento /p/, indicando una menor oclusión del velopaladar [36].

De los anteriores estudios se infiere que desde el punto de vista fisiológico, las mujeres tienen mayores promedios de flujo de aire y formantes en frecuencias altas, relacionados con una menor longitud del tracto vocal en comparación con los hombres. Además las mujeres presentan un velo más corto que los hombres por lo que la elevación del mismo es menor, lo cual puede traer consigo un incremento de nasalancia.

1.5 Pruebas estadísticas para el análisis de separabilidad entre dos muestras independientes

La estadística es el arte de realizar inferencias y sacar conclusiones a partir de datos experimentales. Esta se divide en tres áreas fundamentales de estudio, citadas a continuación [37]:

I. Diseño (Planeamiento y desarrollo de investigaciones)

Es una actividad crucial. Consiste en definir como se desarrollará la investigación para dar respuesta a las preguntas que motivaron la misma. La recolección de los datos requiere en general de un gran esfuerzo, por lo que, dedicar especial cuidado a la etapa de planificación de la investigación ahorra trabajo en las siguientes etapas. Un estudio bien diseñado resulta simple de analizar y las conclusiones suelen ser obvias.

II. Descripción (Resumen y exploración de datos)

Los métodos de la Estadística Descriptiva o Análisis Exploratorio de Datos ayudan a presentar los datos de modo tal que sobresalga su estructura. Hay varias formas simples e interesantes de organizar los datos en gráficos que permiten detectar tanto las características sobresalientes como las características inesperadas. El otro modo de describir los datos es resumirlos en uno o dos números que pretenden caracterizar el conjunto con la menor distorsión o pérdida de información posible. Esta área comprende el cálculo de medidas de tendencia central (media, mediana y moda), de dispersión (varianza, desviación típica y coeficiente de variación) y de posición (cuartiles y percentiles). Como ejemplos de estas medidas pudieran mencionarse la media la cual constituye el valor promedio de la variable aleatoria, también conocido como valor esperado. La desviación estándar, también llamada “desviación típica”, es una medida de dispersión usada en estadística que permite saber cuánto tienden a alejarse los valores concretos del promedio en una distribución. La desviación estándar puede ser interpretada como una medida de incertidumbre.

III. Inferencia (Hacer predicciones o generalizaciones acerca de características de una población en base a la información de una muestra de la misma)

La Inferencia Estadística hace referencia a un conjunto de métodos que permiten hacer predicciones acerca de características de un fenómeno sobre la base de información parcial acerca del mismo. Los métodos de la inferencia nos permiten proponer el valor de una cantidad desconocida (estimación) o decidir entre dos teorías contrapuestas cuál de ellas explica mejor los datos observados (test de hipótesis). Los pruebas paramétricas y no paramétricas basadas en la comparación de algunas medidas de tendencia central están comprendidas en esta área.

Pruebas estadísticas paramétricas:

Una prueba estadística paramétrica es aquella cuyo modelo especifica ciertas condiciones. Estas son:

1. Las observaciones deben ser independientes entre sí. La selección de un caso cualquiera de la población con miras de inclusión en la muestra no debe afectar las posibilidades de incluir cualquier otro, y el puntaje que se asigne a un caso cualquiera no debe influir en el puntaje que se asigne a cualquier otro.

2. Las observaciones deben hacerse en poblaciones distribuidas normalmente.
3. Estas poblaciones deben tener la misma varianza (o, en casos especiales deben tener una proporción de varianzas conocidas).
4. Las variables correspondientes deberán haberse medido por lo menos en una escala de intervalo, de manera que sea posible usar las operaciones de la aritmética.

La significación de los resultados de una prueba paramétrica depende de la validez de estas suposiciones. Las pruebas paramétricas también requieren que los puntajes analizados sean producto de una medición que por lo menos tenga la fuerza de una escala intervalo.

Pruebas estadísticas no paramétricas:

Por otro lado una prueba estadística no paramétrica es aquella cuyo modelo no especifica las condiciones de los parámetros de la población de la que se sacó la muestra. Hay algunas suposiciones que se asocian con la mayoría de las pruebas estadísticas no paramétricas: observaciones independientes y variable de continuidad; pero estas suposiciones son pocas y mucho más débiles que las asociadas con las pruebas paramétricas. Además, las no paramétricas no requieren mediciones tan fuertes; la mayoría se aplican a datos de una escala ordinal, y algunas a los de una escala nominal [38].

La problemática de la presenta investigación se enmarca principalmente en los límites comprendidos por esta última área ya que un problema común de la inferencia estadística es determinar, en términos de probabilidad, si las diferencias observadas entre dos muestras significan que las poblaciones muestreadas son ellas mismas realmente diferentes entre sí.

1.5.1 Evidencia estadística en estudios de nasalidad

El campo de la estadística se ha desarrollado hasta el grado en que actualmente se cuenta, para casi todos los propósitos de investigación, con pruebas estadísticas susceptibles de usarse alternativamente para tomar decisiones acerca de hipótesis.

Su uso en determinadas investigaciones proporciona herramientas que formalizan, uniforman y justifican los procedimientos a la hora de analizar los resultados y sacar conclusiones respecto al estudio desarrollado. A continuación se ofrece evidencia del uso de pruebas estadísticas en algunas de las investigaciones relacionadas con análisis de

valores de nasalancia llevadas a cabo en el mundo y los resultados obtenidos en los mismos.

- ✓ Thomas Watterson y Kerry E [14], realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la variabilidad en el examen-reexamen de nasalidad en 35 sujetos, divididos en dos grupos de prueba, con resonancia hipernasal. Para el análisis de los datos se utilizaron prueba t pareada para evaluar las diferencias en las puntuaciones de nasalancia en ambos grupos. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas en las puntuaciones.
- ✓ Takashi Tachimura y otros en su estudio denominado ‘Variación en el puntaje de nasalancia en adultos japoneses parlantes del dialecto Medio-Oeste’ [18] evaluaron un centenar de personas, mitad de cada sexo a fin de detectar posibles diferencias de género respecto al valor medio de nasalidad obtenido con el Nasómetro 6200. En este estudio igualmente se utilizó la prueba t, para comparar las puntuaciones medias de nasalidad entre hombres y mujeres. Esta prueba mostró que no hubo diferencias de sexo estadísticamente significativas ($p < 0.01$).
- ✓ Pimanthep y Dechongkit y sus colegas examinaron las puntuaciones de nasalidad obtenidas de 86 sujetos tailandeses en edades comprendidas entre 8 y 15 años ,divididos en 43 niños con habla normal y 43 niños con paladar hendido. Ambos grupos fueron emparejados en el género y la edad. Dos pruebas t independiente se realizaron para determinar las diferencias en dichos grupos. Los resultados mostraron que los niños con paladar hendido alcanzaron valores de nasalidad significativamente más altos que el grupo de los niños normales en todos los pasajes ($p < 0,01$) [39].
- ✓ Madhu Sudarshan Eddy, Sheela y Gopi Kishore Pebbili compararon puntuaciones de nasalidad obtenidas con el Sistema de Visualización de Nasalidad (NVS) y Nasómetro II (NM), para evaluar la fiabilidad de estos instrumentos. Veintidós mujeres en edades comprendidas entre los 17 y 25, sin ningún tipo de trastornos de resonancia, fueron muestreadas. En el análisis de las muestras se utilizó la prueba paramétrica t de Student, la cual reveló una diferencia significativa entre los valores de nasalidad, ofrecidos por dichos instrumentos, en los estímulos a un $p < 0,05$. Esto permitió concluir que los valores de nasalidad obtenidos del Nasómetro II y

Sistema de Visualización Nasal no son intercambiables y no se puede comparar directamente. La normativa de datos, puntuaciones de corte, la sensibilidad, la especificidad y otros datos de NM pueden no ser aplicables a los valores obtenidos a partir de NVS y por lo tanto, tiene que ser establecido por separado para NVS [40].

- ✓ Katsuaki Mishima y otros del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial Reconstructiva, Facultad de Medicina, Odontología y Ciencias Farmacéuticas de la Universidad de Okayama, Japón [2] realizaron un estudio encaminado a determinar diferencias dialectales y de género a partir de mediciones de nasalidad en 68 hablantes normales, de ellos 31 hombres y 37 mujeres. De acuerdo a la geografía, se dividieron en cuatro grupos regionales. Las diferencias entre las puntuaciones de nasalidad en hombres y mujeres fueron comparados estadísticamente por medio de la prueba t de Student, con $p < 0.05$, lo cual arrojó que las mujeres superaron a los hombres en los promedios de nasalidad.
- ✓ Marieke Bult de la Universidad de Utrecht en su tesis de maestría realizó un estudio con el objetivo de determinar el porcentaje nasalidad para un grupo de niños sanos (38) de habla holandesa de 4 a 6 años, e investigar diferencias en el género, la edad y el dialecto regional. Utilizó para el análisis estadístico de los valores de nasalidad el SPSS, específicamente la prueba de Kolmogorov-Smirnov para el análisis de normalidad en la muestra. Además llevó a cabo comparaciones mediante el uso de prueba t con resultados de $p > 0.05$, lo cual mostró que no habían diferencias respecto a género pero si en los restantes dos parámetros analizados en la muestra [41].
- ✓ Jan Van Doorn y Alison Purcell desarrollaron un estudio con el objetivo de obtener datos integrales de nasalidad para niños australianos e investigar diferencias de género o edad. Los participantes fueron 245 niños (123 niñas, 122 niños) en un rango de 4-9 años de edad. Para el análisis de muestra se utilizó estadística descriptiva, específicamente en la obtención de medidas de tendencia central y análisis de varianza bidireccional lo cual mostró que no hubo diferencia significativa respecto a edad o género [33].
- ✓ Karin Brunnegård realiza [43] un estudio para la determinación de valores normativos de la nasalancia en niños suecos e investigar posibles diferencias de este

parámetro respecto a la edad, género y dialecto regional. Con este objetivo examina 52 niños con labio paladar hendido y 21 con resonancia normal divididos así en dos grupos. Aplica correlación de Spearman, análisis de varianza (ANOVA) y prueba t de Student y no obtiene diferencia de género ni dialecto regional pero sí en edad.

Como se muestra, la estadística y el modo de pensamiento que se genera a partir de su utilización, capacita a la persona para evaluar objetiva y efectivamente si la información que recibe (vía tablas, gráficos, porcentajes, tasas, etc.) es relevante y adecuada. Por supuesto, la interpretación de cualquier problema requiere, no sólo de conocimientos metodológicos sino también, de un profundo conocimiento del tema y en la rama de la Logopedia y Foniatría, fundamentalmente en los estudios sobre nasalidad; los cuales han permitido obtener importantes resultados que facilitan la comprensión del comportamiento de la resonancia en un sujeto determinado así como la facilitación de herramientas más precisas que garanticen el estudio de esta variable.

1.6 Conclusiones parciales

Luego del estudio realizado sobre aspectos teóricos relacionados a la nasalidad y la nasalancia, así como de las diversas investigaciones reportadas sobre el tema, se puede llegar a las siguientes conclusiones parciales:

- ✓ La nasalidad es un fenómeno fono articulatorio presente en algunos sonidos del habla y se refiere a la impresión auditiva del habla y no a la variable física. En cambio la nasalancia es la variable que determinada de forma objetiva la relación existente entre la energía acústica nasal y oral, y puede ser obtenida mediante distintos dispositivos.
- ✓ La década del setenta del pasado siglo marcó el punto de partida para la implementación de dispositivos destinados a captar la energía contenida en los sonidos nasales.
- ✓ En diversos estudios se han realizado comparaciones de las puntuaciones de nasalidad entre géneros con el objetivo de establecer diferencias y determinar patrones en los grupos analizados. Algunos de estos estudios afirman que sí existen diferencias los géneros, otros no concuerdan con esta afirmación, por lo que los resultados con respecto al tema no son concluyentes.
- ✓ Los datos estadísticos y las conclusiones obtenidas aplicando metodología estadística

ejercen una profunda influencia en los estudios relacionados con el habla humana.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se hará una caracterización de las herramientas para la obtención de valores de nasalancia en personas con habla normal. Además se explicarán los ejercicios a utilizar para las grabaciones y las características de los sujetos que participaron en las mismas. Por último se hará una valoración del método estadístico más adecuado para el análisis de las muestras obtenidas en busca de mejores resultados en la caracterización de la nasalidad en cuanto al comportamiento entre géneros para el idioma español.

2.1 Sistema para la medición de nasalidad

El índice de nasalidad de cada persona constituye una variable capaz de ser censada fácilmente por cualquiera de los sistemas de medición expuestos en el capítulo anterior. En la presente investigación se hizo uso del sistema diseñado y materializado en 2010 por parte de los investigadores del departamento de Procesamiento de Voz del CEETI. El sistema en cuestión comprende hardware y software disponible para las mediciones objetivas de nasalidad, se basa en las técnicas de la Glottal Enterprises y Kay Elemetrics, y fue implementado para satisfacer las necesidades de estudios de nasalidad en las consultas de Logopedia y Foniatría, específicamente del Policlínico “Chiqui Gómez” de la ciudad de Santa Clara [3]. En la siguiente figura se muestra el diagrama en bloques del sistema a utilizar.

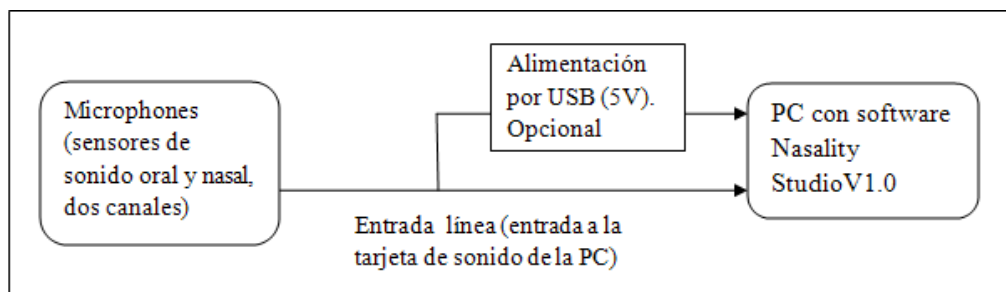


Figura 2.1 Diagrama en bloques del sistema a emplear.

2.1.1 Hardware del sistema para la medición de nasalidad

El sistema de medición consta de dos configuraciones básicas de hardware; una con soporte de cabeza y la otra con soporte de mano (ver Figura 2.2). En el estudio se utilizó la última de las variantes debido a su pequeño tamaño y fácil manejo, características estas idóneas para grabaciones de campo. Esta configuración posee dos micrófonos colocados en un separador, el cual aísla las señales nasal y oral, obteniendo una por cada canal. Ambas señales son imprescindibles para hallar la relación que caracteriza básicamente a la nasalidad, conocida como nasalización o nasalancia descrita anteriormente en la ecuación 1.

El micrófono es un transductor electroacústica con la función de traducir las vibraciones debidas a la presión acústica ejercida sobre su cápsula por las ondas sonoras en energía eléctrica, lo cual da la posibilidad de grabar sonidos.



Figura 2.2 Configuraciones básicas del hardware

Para la implementación del sistema se utilizan micrófonos Electret (ver Figura 2.3), estos son polarizados, de tamaños reducidos y normalmente no utilizan alimentación; pero los

Electret que utiliza el sistema de medición son pre amplificados. Este tipo de micrófono internamente presenta un JFET de silicio fabricado por SANYO, con función de amplificador para transformar la alta impedancia de salida del micrófono en baja impedancia, la cual es requerida en la entrada [3].

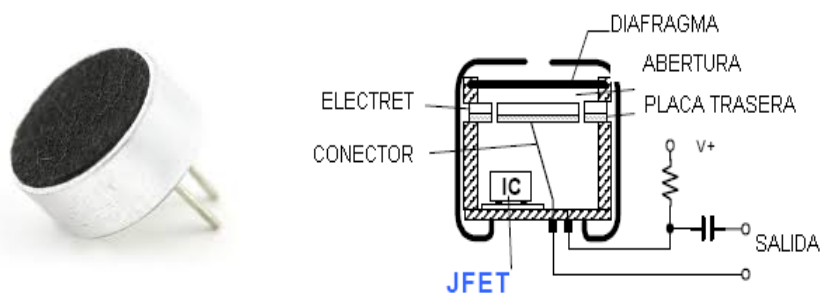


Figura 2.3 Micrófonos Electret (izquierda) y su configuración interna (derecha) [44].

El micrófono está formado por la cubierta, la placa metálica (una de las placas del condensador), material Electret cargado permanentemente (es la otra placa de condensador), la placa de circuito impreso y el transistor (JFET). La alimentación para el preamplificador contenido en su interior puede ser obtenida mediante dos vías: una es la que brinda la entrada de micrófono de la tarjeta de sonido de la PC y la otra, la que brinda el puerto USB.

Para la conexión de los micrófonos se utiliza un enchufe estéreo de 3.5 mm punta-anillo-manga (ver Figura 2.4) y dentro de la PC se encuentra la instalación eléctrica necesaria para suministrar la alimentación y para la obtención de las señales.



Figura 2.4 Plug estéreo Jack hembra y macho respectivamente de 3.5mm [45].

2.1.2 Software del sistema para la medición de nasalidad

El software NasometryStudio.v1.0, herramienta desarrollada en *Borland Delphi 7*, es la interfaz gráfica encargada de interpretar las señales sonoras recibidas por los micrófonos y mostrarlas gráficamente para el análisis de las mismas (ver Figura 2.5). A partir de la visualización de las señales de sonidos (oral y nasal) y de la nasalidad calculada, el

operador puede interpretar mejor la grabación y dar paso a la caracterización de la resonancia del sujeto que es analizado.

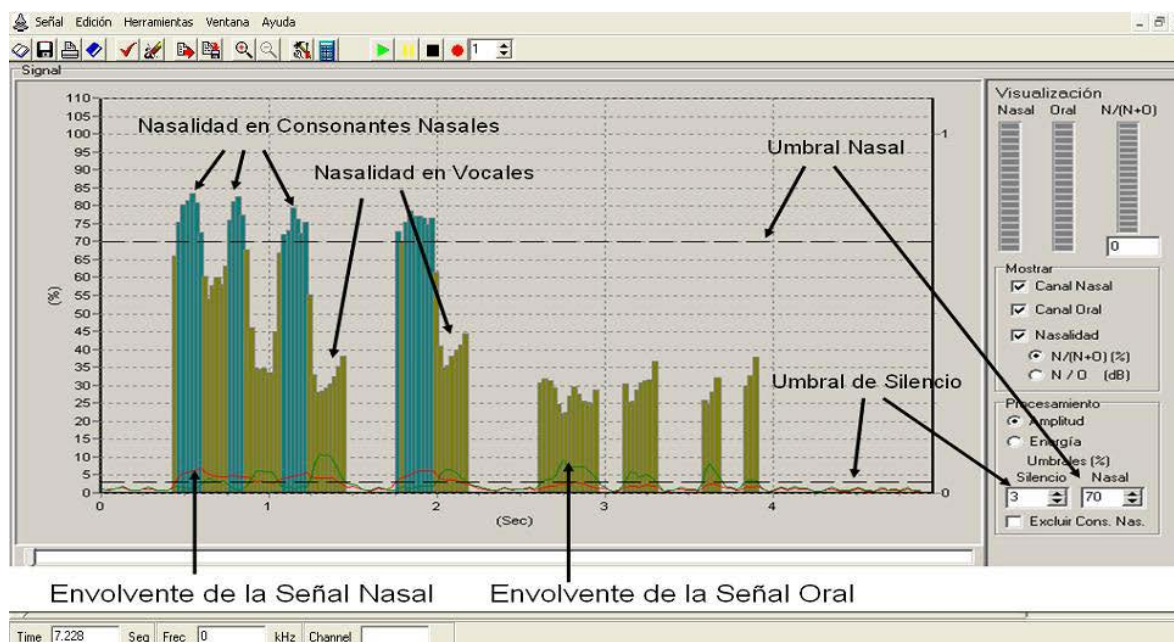


Figura 2.5 Interfaz gráfica del Software NasometryStudio v1.0 [3].

El sistema permite el ajuste o modificación de los umbrales de silencio y de nasalidad, en caso de ser necesario. El umbral de silencio existe para realizar un filtrado de la señal de sonido, bloqueando el ruido ambiental en ambos micrófonos, recomendado para un 3% de nasalancia. En caso del umbral de nasalidad, este varía en cuanto al idioma o acento del paciente, para nuestras mediciones se tomó un rango de 68%-72%, valores de umbrales tomados por distintos investigadores del tema, entre ellos Rosenberg en sus grabaciones [46].

El NS 1.0 también ofrece la herramienta Calculadora, la cual brinda medidas relacionadas con la resonancia nasal, basadas en la Ecuación 1 (ver Figura 2.6); dichas medidas se presentan a continuación [45]:

- ✓ Promedio de Sonidos de Alta Nasalidad (PSAN): muestra la nasalidad presente en sonidos nasales, es el promedio de las amplitudes que se encuentran por encima del valor umbral de nasalidad.

- ✓ Promedio de Sonidos de Baja Nasalidad (PSBN): Es el promedio de la región de la señal que está por debajo del umbral de nasalidad, y por tanto están clasificadas como sonidos orales.
- ✓ Promedio de Sonidos de Alta Nasalidad/Promedio de Sonidos de Baja Nasalidad (PSAN/PSBN): Es la relación existente entre los promedios de alta nasalidad y baja nasalidad descritos anteriormente.
- ✓ Promedio de nasalidad total (PNT): Este valor muestra la nasalidad presente en toda la grabación tanto en los sonidos nasales como no nasales. Es decir, el promedio general, independientemente de que la nasalidad esté por encima o por debajo del valor umbral, exceptuando los silencios.

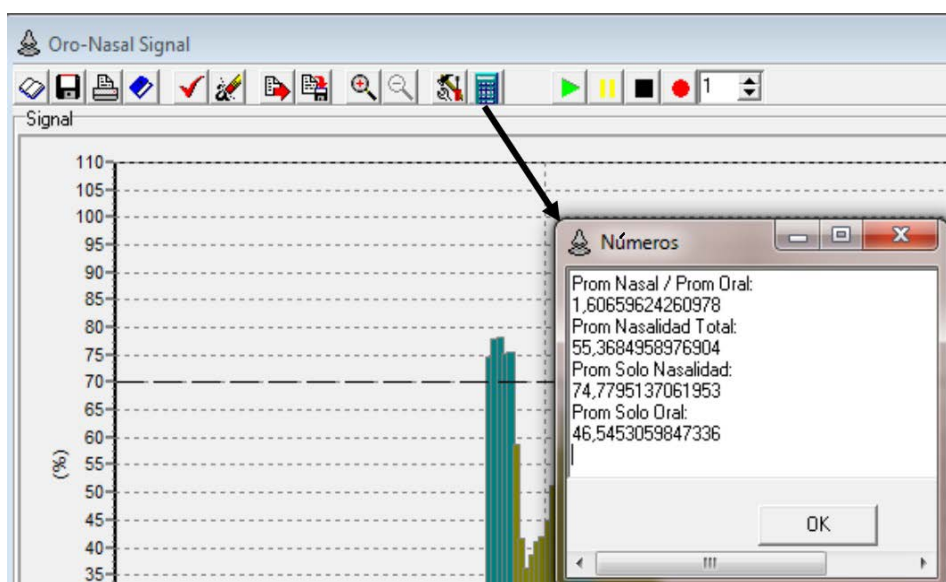


Figura 2.6 Herramienta 'Calculadora' del NasometryStudio

Otra herramienta útil para el uso del software NasometryStudio.v1.0 es la calibración de la sensibilidad de los micrófonos, disponible en el botón “Configuración” (ver Figura 2.7). Para estar seguros del correcto funcionamiento del sistema y de la homogeneidad de los micrófonos, es necesario realizar la calibración del sistema. El ejercicio se realiza de la siguiente manera: es grabada la misma señal con una frecuencia determinada en cada micrófono por separado, y se evalúan las amplitudes de estas; en caso de existir diferencias, es necesario variar los parámetros de ganancia hasta lograr un equilibrio entre ambas señales [3].

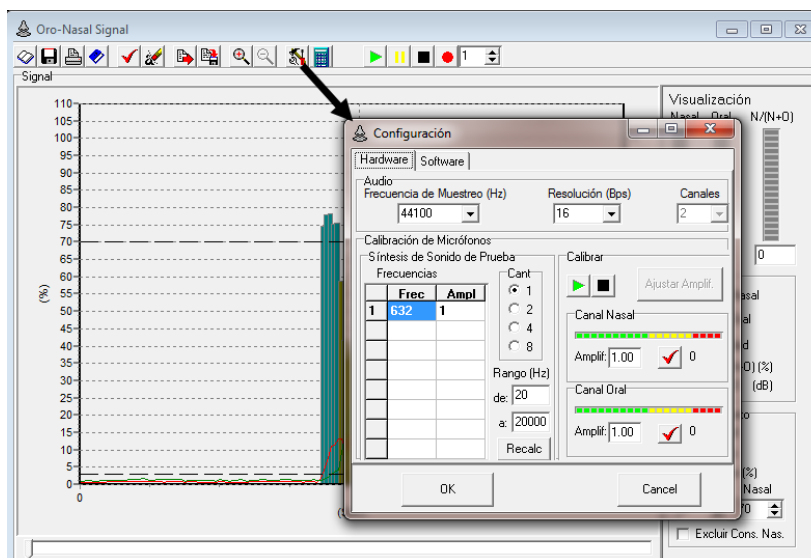


Figura 2.7 Herramienta ‘Configuración’ del NasometryStudio.

2.2 Procedimiento de obtención de las muestras

Las mediciones fueron realizadas, en idioma español, a 150 personas, divididas en 75 hombres y 75 mujeres con edades comprendidas entre los 18 y 25 años. Los sujetos presentaban nasalidad normal (no presentan problemas de resonancia), originales de la provincias de Villa Clara, Ciego de Ávila y Camagüey debido a que el estudio en cuestión se materializó en áreas de la Universidad Central ‘Marta Abreu’ de las Villas tales como las residencias estudiantiles U-2 y 900. En estas instancias el equipo correctamente calibrado, con una frecuencia de muestreo de 44100Hz y con el umbral de silencio de 3% no detecta presencia de ruidos externos significativos con influencia en las grabaciones como ventiladores, voces, o ruidos de automóviles.

Las grabaciones para el estudio fueron realizadas durante la pronunciación de las palabras: *mañana*, *niño*, y *año*. Estos ejercicios fueron determinados previamente por especialistas debido a que son de pocas sílabas y combinan varios fonemas. Este tipo de pruebas ayuda a establecer una comparación en relación a la resonancia nasal presente y así comprobar el funcionamiento del sistema. A continuación se da una explicación más detallada del criterio seguido en la selección de los ejercicios en cuestión.

- ✓ El ejercicio niño se eligió debido a que combina dos fonemas nasales diferentes, como /n/ y /ñ/ en combinación con las vocales /i/ y /o/, que pueden presentar diferencias en cuanto a su comportamiento de nasalización.
- ✓ La palabra mañana está compuesta por los tres fonemas nasales que existen en el español: /m/, /n/ y /ñ/ además de la vocal abierta /a/. Debido a su gran contenido de consonantes nasales, se le considera como una palabra nasal y según los especialistas consultados, es un ejercicio adecuado para el diagnóstico subjetivo, y pudiera ser de gran utilidad en este estudio.
- ✓ El vocablo año se propuso debido a que intercala el fonema nasal /ñ/ entre una vocal abierta (la lengua se separa totalmente del paladar) /a/ y una media (la lengua está a una distancia intermedia del paladar) /o/ [47].

Se realizaron dos mediciones por ejercicio a cada paciente con el objetivo de obtener valores más precisos, puesto que los resultados pueden presentar variaciones de una medición a otra, debido a las condiciones propias del estado del paciente y del sistema de medición. Estas diferencias se deben a factores objetivos como la respiración, la pronunciación, la intensidad, tono y cadencia de la voz y otros que influyen en la producción del habla.

2.3 Herramientas y procedimiento a seguir para el análisis estadístico de las muestras

Para el análisis de las mediciones se utilizó el software *SPSS (para Windows)* versión 21.0, paquete para análisis estadísticos y la gestión de datos. Con SPSS se pueden adquirir datos desde casi cualquier tipo de archivo y utilizarlos para generar informes tabulados, gráficas, diagramas de distribuciones y tendencias, estadística descriptiva y otros complejos análisis estadísticos.

En el estudio en cuestión se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra, para determinar normalidad en la muestra obtenida, ya que esta es considerada uno de los test más potentes para muestras mayores de 30 casos [38].

A continuación se aplicó la prueba paramétrica *t* de Student para dos muestras independientes debido a que esta permite contrastar hipótesis referidas a la diferencia

entre dos medias independientes. Su empleo se justifica en diseños experimentales en los cuales se estudia una variable independiente bajo dos condiciones. Además las pruebas más poderosas son las apoyadas por suposiciones más fuertes y amplias, o sea, las que se adecuan a las condiciones necesarias para una prueba paramétrica. Las pruebas estadísticas paramétricas, por ejemplo la t se basa en una variedad de fuertes suposiciones a las que su uso está sujeto. Al ser las suposiciones válidas, esta prueba es la idónea para rechazar una H_0 falsa. En otras palabras, cuando los datos de la investigación pueden ser analizados adecuadamente por una prueba paramétrica, será el medio más poderoso para rechazar una H_0 falsa [38]. Para la obtención de la prueba t para muestras independientes, se realiza el siguiente procedimiento:

- ✓ Realizar el Análisis exploratorio y descriptivo.
- ✓ Verificación de supuestos de normalidad y de homogeneidad.
- ✓ Realizar la prueba T de comparación de muestras independientes

Paralelamente se calcularon parámetros estadísticos descriptivos como: media, desviación estándar, valor mínimo y máximo. Las muestras fueron tomadas en dos grupos clasificados por sexo. Se analizó el Promedio de Nasalidad Total, el Promedio de Sonidos de Alta Nasalidad y el Promedio de Sonidos de Baja Nasalidad; los cuales caracterizan la nasalidad del paciente.

2.4 Conclusiones del capítulo

Mediante la realización del presente capítulo se pudo apreciar la existencia de herramientas y métodos que facilitan el desarrollo de la investigación, lo cual permite llegar a las siguientes conclusiones parciales:

- ✓ El sistema de medición NS 1.0 compuesto por hardware y software facilita la captación y el posterior análisis de las señales oral y nasal de forma independiente para la obtención del nivel de nasalancia propio de cada persona.
- ✓ Para el estudio se grabaron con el sistema las palabras: mañana, niño, y año a un total de 150 sujetos, mitad de ambos sexos, que no presentan problemas de resonancia nasal.

- ✓ Por último, se definieron las herramientas a utilizar y el procedimiento a seguir para el estudio estadístico de los grupos de valores de nasalancia obtenidos.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En capítulos previos se han destacados aspectos teóricos imprescindibles relacionados con la nasalidad, así como las diversas alternativas y procedimientos para la obtención de valores cuantitativos y cualitativos de la misma.

En el presente capítulo se exponen los resultados del análisis estadístico aplicado a una muestra de 150 personas, divididas en dos grupos (hombres y mujeres), que presentan resonancia nasal normal. Primeramente se explora descriptivamente la muestra, desglosada en los tres ejercicios anteriormente seleccionados. Se analizan los parámetros resultantes del empleo del NS 1.0 para luego corroborar los presuntos de normalidad en la misma, imprescindibles para la ulterior utilización de la prueba estadística paramétrica elegida para analizar la separabilidad entre géneros en ambos grupos.

3.1 Estudio con la palabra *mañana*

Con el ejercicio mañana se realizaron dos grabaciones a cada sujeto y luego se determinó el promedio de cada parámetro de nasalidad. En las figuras 3.1 y 3.2 se muestran ejemplos de grabación de esta palabra para cada sexo, pudiéndose destacar a simple vista un aumento en la nasalidad de los sonidos nasales m y ñ en las mujeres. Luego se hizo un análisis estadístico descriptivo, para estudiar el comportamiento de cada parámetro ofrecido por la herramienta ‘Calculadora’, contenida en el software utilizado en el análisis (ver Figuras). Posteriormente se empleó la prueba estadística paramétrica t de Student con el objetivo de detectar la posible diferencia respecto a género en los grupos analizados.

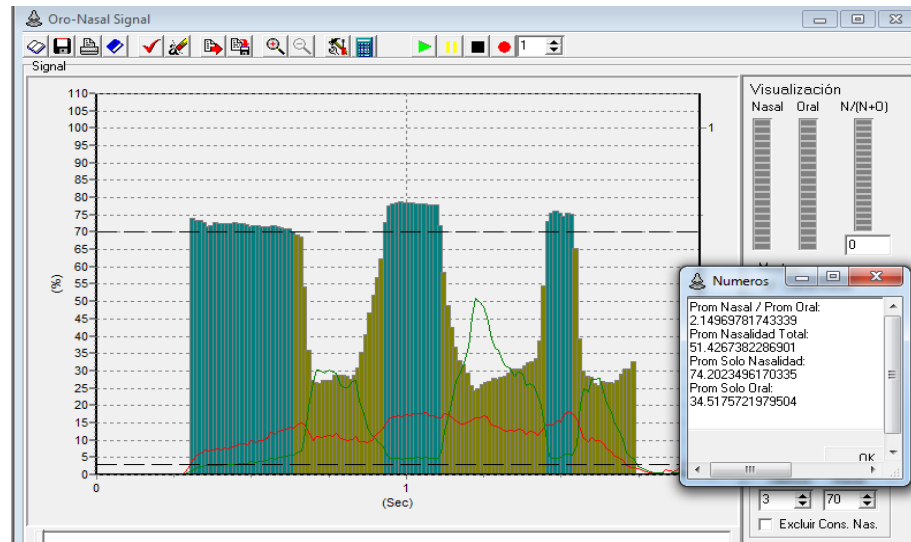


Figura 3.1 Grabación de la palabra *mañana* en un hombre.

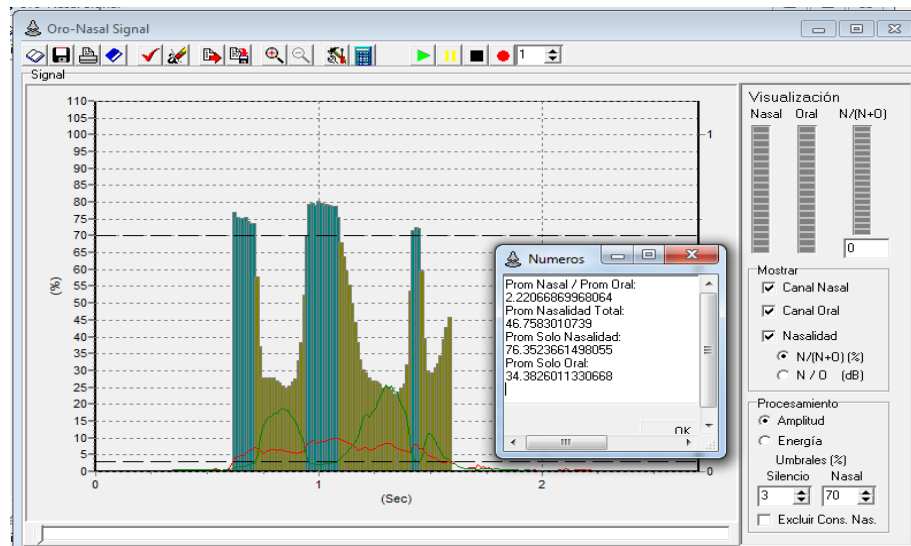


Figura 3.2 Grabación de la palabra *mañana* en una mujer.

El primer análisis radica en el estudio del comportamiento de los datos mediante la estadística descriptiva, teniendo en cuenta máximos, mínimos, media y la desviación que presentan en su distribución respecto de la media aritmética de dicha distribución. A continuación se muestran los resultados tabulados y pareados según género, obtenidos en el procesamiento de la palabra mediante el uso del software *SPSS 21*.

Tabla 3.1 Estadísticos descriptivos en *mañana*.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
PNT_M	75	41,701	64,273	52,24693	5,652246
PNT_H	75	35.011	61.477	50.52337	6,231684
PSAN_M	75	72,157	79,128	75,71093	1,758624
PSAN_H	75	71,036	79,183	74,55112	1,726482
PSBN_M	75	31.508	57.888	44.37944	5.784545
PSBN_H	75	30,428	56,103	42,71497	5,363402
N válido (según lista)	75				

De forma general las mujeres presentan valores relativamente más altos que los hombres en los parámetros PNT, PSAN y PSBN. Esto es apreciable realizando una simple inspección visual de los datos. El parámetro PSAN en ambos sexos presenta los mejores valores de desviación estándar en la muestra, en cambio en los restantes este valor tiende a aumentar, aunque no se pueden considerar del todo negativos pues se mantienen dentro del 10% de la media correspondiente. Pero esta descripción estadística del comportamiento de los parámetros de nasalancia entre hombres y mujeres no es suficiente para definir si estos grupos se pueden separar o no, por lo que se utilizaron las pruebas estadísticas de diferencia de medias.

3.1.1 Análisis de la separabilidad entre los grupos para la palabra *mañana*

Para estudiar la existencia o no de diferencias significativas entre los grupos es necesario saber qué distribución siguen los datos a utilizar para determinar así el tipo de prueba estadística que se utilizará. Para determinar la distribución que sigue el conjunto de datos bajo análisis se aplica el test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov para una muestra, siendo la hipótesis de investigación nula H_0 : la muestra se distribuye normalmente y la hipótesis alternativa H_1 : la muestra no se distribuye normalmente. Debido a que la muestra presentó distribución normal (ver Anexo 1) se aplica la prueba estadística paramétrica t de

Student (ver Tabla 3.2 y Anexo 2). Su empleo se justifica en esta investigación ya que se estudia una variable independiente (género) bajo dos condiciones. Para este caso se propone como hipótesis nula H_0 : no existen diferencias respecto a género en las muestras, frente a la hipótesis alternativa H_1 : existen diferencias respecto a género en las muestras. Si el valor de significancia (bilateral) arrojado por la prueba es menor o igual 0.05, nivel de significancia (α) elegido, se rechaza H_0 . De ocurrir lo contrario, se acepta H_0 . La siguiente tabla ofrece los resultados de la prueba empleada.

Tabla 3.2 t de Student en *mañana*.

Parámetro	Significancia (bilateral)
PNT_M_H	,078
PSAN_M_H	,000*
PSBN_M_H	,070

* se rechaza H_0 para $\alpha=0.05$

Los resultados reflejan diferencias respecto a género solamente en el promedio de los sonidos puramente nasales, con un valor de $p=0,000$; en cambio, los valores de significancia de los restantes dos parámetros demuestran la inexistencia de posibles diferencias al ser ambos mayores que 0,05. Estos resultados pudieran enmarcarse en aquellos postulados que ponderan a las mujeres con predominio en el ámbito de los sonidos nasales.

3.2 Estudio con la palabra *niño*

El análisis seguido en este ejercicio fue similar al precedente. Se calcularon valores de estadística descriptiva referentes a los ‘Números’ ofrecidos por el software, relativos a los parámetros que ofrece el mismo (ver Figuras 3.3 y 3.4). Luego se aplica la prueba de normalidad y por último el test paramétrico t de Student (ver Anexo 2).

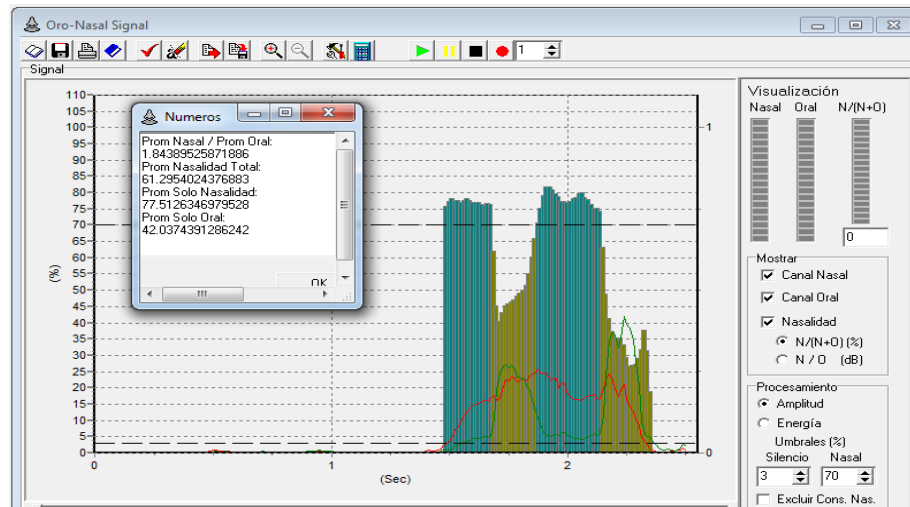


Figura 3.3 Grabación de la palabra *niño* en un hombre.

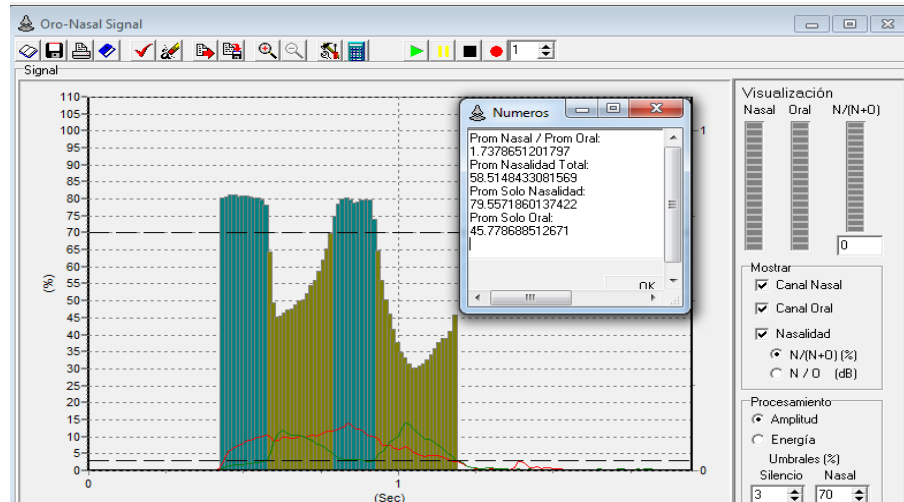


Figura 3.4 Grabación de la palabra *niño* en una mujer.

Los valores concernientes a la estadística descriptiva se sintetizan en la siguiente tabla para el facilitar el posterior análisis de los mismos.

Tabla 3.3 Estadísticos descriptivos en *niño*.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
PNT_M	75	41,105	69,961	61,47473	5,960318
PNT_H	75	38,289	68,708	58,96440	5,620063
PSAN_M	75	71.718	79.977	76.75684	2.184127

PSAN_H	75	71,078	78,452	75,31197	1,736713
PSBN_M	75	35.803	61.879	52.29982	6.121124
PSBN_H	75	35,400	61,879	50,73199	5,307965
N válido (según lista)	75				

En este ejercicio las mujeres exhiben medias superiores a los hombres en los tres parámetros bajo análisis, por ejemplo el PSAN presenta un valor aproximado de 76.8% de nasalancia en las mujeres mientras que en los hombres alcanza un 75.3%. La tendencia al dominio de las mujeres en las puntuaciones alcanzadas en este ejercicio se manifiesta igualmente en los valores máximos y mínimos. Otro aspecto importante a destacar es el aumento considerable de los valores de PSBN y PNT con respecto a la palabra anterior, con medias de 52,29% para las mujeres y 50,73% para los hombres en el caso de la nasalidad presente en los sonidos orales y para el promedio total de nasalidad se obtuvieron valores entre un 58% y un 61% de nasalancia, con una destacada variabilidad entre los datos al observar la desviación estándar en ambos casos. Este aumento considerable de nasalancia puede estar influenciado por la presencia de la vocal /i/, que como se había mencionado anteriormente es una vocal alta, y en los estudios que se han realizado presenta mayor nasalidad.

3.2.1 Análisis de la separabilidad entre los grupos para la palabra *niño*

Para el análisis de la separabilidad entre ambos grupos estudiados se sigue el mismo procedimiento estadístico que se realizó con la palabra mañana. Los presuntos de normalidad para este ejercicio se corroboran igualmente mediante el empleo del SPSS (ver Anexo 1). Luego de aplicarse el test paramétrico se obtienen los valores de probabilidad p (o significancia según SPSS) y se muestran en la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 3.4 t de Student en *niño*.

Parámetro	Significancia (bilateral)
PNT_M_H	,009*

PSAN_M_H	,000*
PSBN_M_H	,096

* se rechaza H_0 para $\alpha=0.05$

En este ejercicio los parámetros PNT y PSAN con valores de $p=0,009$ y $p=0,000$ respectivamente, confirman el postulado relativo a las mujeres con mayores porcentajes de nasalidad respecto a los hombres. En cambio, en el parámetro PSBN no se muestran diferencias de género al nivel de significancia seleccionado para la prueba.

3.3 Estudio con la palabra *año*

En este último ejercicio se mantiene el procedimiento de análisis empleado hasta el momento. Se comienza con la obtención de los estadísticos descriptivos de la muestra a partir de los valores obtenidos del NS 1.0 (ver Figuras 3.5 y 3.6), para luego aplicar la prueba estadística paramétrica encargada de evidenciar las posibles diferencias en la muestra.

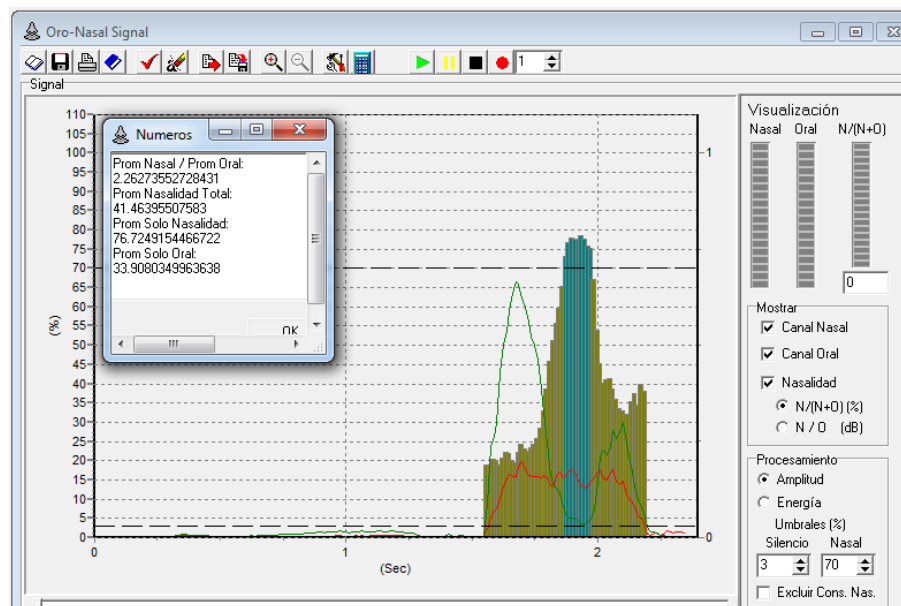


Figura 3.5 Grabación de la palabra *año* en un hombre.

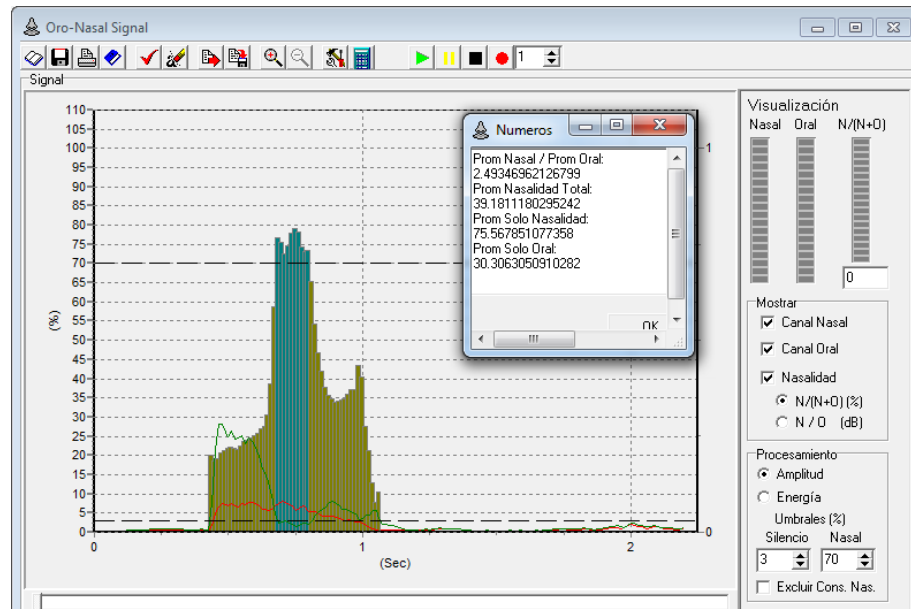


Figura 3.6 Grabación de la palabra *año* en una mujer.

En la Tabla 3.5 se presentan los valores estadísticos obtenidos en este ejercicio para propiciar el posterior análisis de los mismos.

Tabla 3.5 Estadísticos descriptivos en *año*.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
PNT_M	75	35,092	64,932	47,87608	5,628486
PNT_H	75	34,022	58,810	47,08823	5,895268
PSAN_M	75	72.751	80.991	76.42001	2.044247
PSAN_H	75	71,315	78,735	75,76195	1,907038
PSBN_M	75	30.033	59.733	39.81315	5.696712
PSBN_H	75	30,783	50,679	39,75991	5,234831
N válido (según lista)	75				

De forma general la desviación estándar presenta un comportamiento adecuado en el PSAN de ambos sexos, aunque para los restantes dos parámetros aumenta su valor, dando muestra de la variabilidad entre los datos, parecida a los demás ejercicios analizados. Por otro lado se puede observar que las medias relativas a los parámetros PNT y PSBN no

presentan prácticamente diferencias entre ambos sexos para este ejercicio, algo que se deberá corroborar al realizar la prueba estadística de separabilidad.

3.3.1 Análisis de la separabilidad entre los grupos para la palabra *año*

Para este análisis, igualmente se parte comprobando la normalidad de la muestra relativa a esta palabra mediante el test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov para una muestra (ver Anexo 1), el cual se encargó de reflejar la existencia de dicha distribución en los datos. Posteriormente se aplica la prueba t de Student (ver Anexo 2). A continuación se resumen los valores de significancia ofrecidos por dicha prueba.

Tabla 3.6 t de Student en *año*.

Parámetro	Significancia (bilateral)
PNT_M_H	,404
PSAN_M_H	,043*
PSBN_M_H	,953

* se rechaza H_0 para $\alpha=0.05$

En este último ejercicio los parámetros PNT y PSBN con valores de $p=0,404$ y $p=0,953$ respectivamente, impiden evidenciar diferencias de género al nivel de significancia seleccionado para la prueba. En cambio el parámetro PSAN presenta a las mujeres con mayores porcentajes de nasalidad respecto a los hombres, aunque el valor de p no es tan pequeño como en las demás palabras.

3.4 Análisis de los resultados

La totalidad de análisis estadísticos aplicados a los ejercicios anteriores permiten afirmar que el parámetro PSAN presenta los mejores valores de desviación estándar, además el porcentaje en sus medias muestra a las mujeres con puntuaciones superiores a los hombres en todos los casos. Consecuente con esto, luego de realizar la prueba paramétrica t de Student en todas las palabras con un nivel de significancia 0,05, en el parámetro PSAN se

obtuvieron valores de $p=0,000$ en las palabras mañana y niño y en año un poco más elevado pero siempre menor que α , lo cual permite aseverar estadísticamente que las mujeres presentan mayor nasalidad en los sonidos nasales que los hombres.

Por otro lado, los resultados estadísticos relacionados al parámetro PSBN no permitieron evidenciar diferencias respecto a género en los dos grupos analizados. De forma general el parámetro en cuestión presentó un comportamiento variable, reflejado en los valores de desviación típica y en el amplio margen existente entre los valores mínimos y máximos, además de los niveles de significancia obtenidos al aplicar la prueba paramétrica.

El PNT es un parámetro que depende de los otros dos, es decir, nasalancia en sonidos orales y nasalancia en sonidos nasales. Por tanto su comportamiento no es estable en todos los ejercicios y solamente se alcanzaron valores p que lograron diferenciar los grupos en el ejercicio *niño*.

Las tres palabras utilizadas en el estudio poseen un marcado carácter nasal, contando en su composición con vocales altas y bajas y los tres tipos de consonantes nasales del español. De estas palabras, el vocablo *niño* presentó los mejores resultados en cuanto a la existencia de diferencias entre géneros (en PNT y PSAN). Este resultado podría estar dado por el contenido vocálico de la palabra, ya que contiene las vocales /i/ y /o/, siendo la primera una vocal alta y con mayor grado de nasalidad que las demás vocales utilizadas en los ejercicios del estudio. Teniendo en cuenta esto, y dado que las mujeres presentan un velo más corto que los hombres, puede evidenciarse un pequeño aumento en la nasalidad de esta vocal, haciendo que el promedio total de nasalidad en el vocablo se comporte de manera diferente. En cambio las palabras *mañana* y *año* presentan en su composición sólo vocales bajas, que se comportan con porcentajes de nasalancia muy parecidos entre hombres y mujeres en los sonidos orales y de igual manera en la nasalidad total.

Por último, es importante destacar que en algunos parámetros se evidencia una marcada variabilidad de los puntajes de nasalancia, situación que se ha puesto en evidencia en muchas investigaciones sobre el tema, siendo destacado por sus autores [14] [4]. Algunas de las posibles fuentes de variación que impidieron obtener mejores resultados que los alcanzados hasta el momento en la investigación pueden ser de carácter biológico tales como: la diferencia de intensidad de la voz de cada sujeto, los cambios en la configuración

y tensión de las partes móviles o semimóviles del sistema de resonancia (como músculos y tejidos blandos de la faringe, lenguas, labios, estructuras óseas articulares y musculares, etc.) que afectan de manera directa las características de la resonancia de la voz. Además muchos sujetos, no obtienen puntajes de nasalancia estables cuando producen las palabras de las pruebas debido a factores biológicos variables como la congestión nasal o cambios espontáneos de la mucosa nasal y por tanto, en las resistencias de las cavidades [12]. Por último, los ejercicios utilizados pueden influir también en la calidad del estudio, en este caso se utilizaron solamente ejercicios nasales con todas las consonantes nasales del español y las vocales /a/, /i/ y /o/ pero también se hubieran podido realizar grabaciones con palabras no nasales para hacer un análisis más profundo del comportamiento de los valores de nasalancia entre géneros en fonemas orales.

3.5 Conclusiones del capítulo

En el desarrollo de este capítulo se realizó un estudio estadístico del comportamiento de la nasalidad mediante las muestras obtenidas con el sistema de medición NS 1.0, llegando a las siguientes conclusiones parciales:

- ✓ Mediante pruebas estadísticas no paramétricas (Kolmogorov-Smirnov para una muestra) y paramétricas (t de Student), se comprobó la normalidad en la muestra y las posibles diferencias respecto a género en cada ejercicio respectivamente.
- ✓ El PSAN mostró ser el parámetro más significativo para determinar la existencia de diferencias de nasalidad entre géneros.
- ✓ Las palabras elegidas para el análisis presentan diferencias en su composición vocálica, por tanto se obtienen resultados diversos al procesarlas influenciados también por fuentes de variación biológicas, sin existir una palabra que presente diferencias significativas en sus tres parámetro de interés.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La realización de este trabajo permitió arribar a las siguientes conclusiones:

1. Con el uso del nasómetro NS 1.0 se hicieron grabaciones de nasalidad a 150 sujetos con resonancia nasal normal. Las grabaciones se dividieron en dos grupos (Mujeres-Hombres) para cada ejercicio, dejando archivada una base de datos para su uso en el presente trabajo, y para la realización de otras investigaciones.
2. Se definió el procedimiento a seguir para el análisis estadístico a partir del estudio del comportamiento de cada parámetro (PNT, PSAN, PSBN) por ejercicio. Para ello se utilizó la estadística descriptiva, la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para el análisis de normalidad y la prueba paramétrica t de Student para el estudio de la separabilidad entre los grupos.
3. Se evaluó el comportamiento estadístico de cada una de las variables, donde se definió que para este estudio las mujeres y los hombres presentaron diferencias significativas en el parámetro PSAN para todos los ejercicios, siendo las mujeres más nasales. Además los parámetros PNT y PSBN se comportaron prácticamente de igual manera en ambos sexos, excepto para la palabra *niño* en la que se evidenció también una diferencia significativa en la nasalidad total.

Recomendaciones

Para continuar desarrollando los temas de esta investigación se recomienda:

- 1 Hacer análisis de separabilidad entre géneros con otros ejercicios, incluyendo palabras orales, frases mixtas (oral-nasal), y con carácter local (en segmentos) para un análisis más profundo de los parámetros PNT y PSBN.
- 2 Realizar modificaciones en el software (NasalityStudio V1.0) tales como: el cambio de umbral de nasalidad automático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. J. Seaver, R. M. Dalston, H. A. Leeper, and L. E. Adams, "A study of nasometric values for normal nasal resonance," *Journal of Speech and Hearing Research*, vol. 32, pp. 715-721, 1991.
- [2] K. MISHIMA, A. SUGII, T. YAMADA, H. IMURA, and T. SUGAHARA, "Dialectal and gender differences in nasalance scores in a Japanese population," *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, vol. 36, pp. 8-10, 2008.
- [3] B. G. Santana, "Sistema para la medición de la nasalidad," Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la Información (CEETI), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba, 2010.
- [4] A. P. Rochet, E. A. Sovis, and Dallyce L. Mielke, "Characteristics of Nasalance in Speakers of Western Canadian English and French," *JOURNAL OF SPEECH-LANGUAGE PATHOLOGY AND AUDIOLOGY*, NO.2, vol. 22, pp. 1-3, 1998.
- [5] K. M. V. Lierde, F. L. Wuyts, M. D. Bodt, and P. V. Cauwenberge, "Nasometric Values for Normal Nasal Resonance in the Speech of Young Flemish Adults," *The Cleft Palate-Craniofacial Journal: March 2001*, vol. 38, pp. 112-118., 2001.
- [6] F. Miyara, *LA VOZ HUMANA*.
- [7] R. Perry, *La índole del signo fonema*. vol. Vol.2, 2003.
- [8] F. D'Introno, "Fonética y fonología actual del español," pp. 79-85, 1995.
- [9] P. Ladefoged and M. Ian, *The Sounds of the World's Languages*. Oxford: Blackwel 1996.
- [10] E. Herrera, "La asimilación de las nasales en español: Un estudio instrumental," *Nueva Revista de Filología Hispánica - NHRFH*, pp. 1-14, 2002.
- [11] L. Shriberg and R. Kent, *Clinical Phonetics*. Boston: Allyn and Bacon, 2003.
- [12] J. S. Brand, "Caracterización del desarrollo de la nasalidad en infantes de 3 a 5 años," Tesis de Maestría, Departamento de Linguística, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2009.
- [13] W. Zemlin, *Anatomy and physiology of speech*. U.S.A, 1998.
- [14] T. Watterson, K. Lewis, and C. Deuthsch, "Nasalance and Nasality in Low Pressure and High Pressure Speech.," *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 35 No. 4, pp. 293-298, 1998.

- [15] Y. Bae, D. Kuehn, and S. Ha, "Validity of the Nasometer Measuring the Temporal Characteristics of Nasalization," *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 44 No. 5, pp. 506-517, 2007.
- [16] T. Sweeney, D. Sell, and M. O'regan, "Nasalance Scores for Normal-Speaking Irish Children," *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 41 No. 2, pp. 168-174, 2004.
- [17] A. Nandurkar, "Nasalance Measures in Marathi Consonant-Vowel-Consonant Syllables With Pressure Consonants Produced by Children With and Without Cleft Lip and Palate," *Cleft palate craniofacial Journal*, 39 No.1, pp. 59-65, 2001.
- [18] T. Tachimura, C. Mori, S.-i. Hirata, and T. Wada, "Nasalance Score Variation in Normal Adult Japanese Speakers of Mid-West Japanese Dialect," *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, vol. 37, pp. 463-467, 2000.
- [19] T. Watterson and K. E. Lewis, "Test-Retest Nasalance Score Variability in Hypernasal Speakers," *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, vol. 43, pp. 1-3, 2006.
- [20] M. A. Hallongren, "Influence of city, age and gender on nasalance scores for two swedish populations.," Enheten för logopedi, Enheten för logopedi, Humea Universitet-Institutionen för klinisk vetenskap, 2006.
- [21] R. Anderson, "Nasometric Values for Normal Spanish-Speaking Females: a preliminary report," *Cleft Palate Craniofacial Journal*, 33 N°4, pp. 333-336, 1996.
- [22] A. C. Nichols, "Nasalance Statistics for Two Mexican Poulations," *Cleft Palate Craniofacial Journal*, vol. 36, 1999.
- [23] K. E. CORPORATION, *Instruction Manual Nasometer model 6200-3*. USA: IBM PC Version. Kay Elemetrics Corp, 1994.
- [24] C. M. Mayo and R. Mayo, "Normative nasalance values across languagees," *Official Journal of the National Black Association for Speech-Language and Hearing*, 2011.
- [25] KayPENTAX. (2011). *Nasometer II Model 6450*. Available: www.kaypentax.com
- [26] V. Sadjadi, A. Gorbani, F. Trabinezhad, Y. Airi, and M. R. Keyhani, "The effect of vocal loudness on Nasalance of vowels in Persian adults," 2010.
- [27] T. DRS. (1998, junio). *NasalView*. Available: <http://www.drspeech.com/NasalView>
- [28] H. JM, R. KL, and N. MA. (1978, junio). *Patrones de nasalancia en una muestra de sujetos normales gerontológicos*. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/739062>
- [29] L. L. Litzaw and R. M. Dalston, "The effect of gender upon nasalance scores among normal adult speakers," *Journal of Communication Disorders*, pp. 55-64, 1992.
- [30] H. A. Leeper, A. P. Rochet, and I. R. A. MacKay, "Characteristics of nasalance in Canadian speakers of English and French," presented at the Proceedings of the International Conference on Spoken Language Processing, Banff, Alberta, Canada, 1992.

- [31] M. L. Kavanagh, E. J. Fee, and J. Kalinowski, "Nasometric values for three dialectal groups within the Atlantic provinces of Canada," *Journal of Speech Language Pathology and Audiology*, pp. 7-13, 1994.
- [32] R. Mayo and L. A. Floyd, "Nasalance and nasal area values: cross-racial study," *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 35 No. 4, pp. 143-149, 1996.
- [33] V. D. a. J and A. Purcell, "Nasalance levels in the speech of normal Australian children.," *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, pp. 287-292, 1998.
- [34] D. McKerns and K. R. Bzoch, "Variations in velopharyngeal valving: The factor of sex.," *Cleft Palate Journal*, vol. 7, 1970.
- [35] D. P. Kuehn and J. B. Moon, "Velopharyngeal closure force and levator veli palatini activation levels in varying phonetic contexts.," *Journal of Speech and Hearing Research*, vol. 41, pp. 51-62, 1998.
- [36] D. J. Zajac and R. Mayo, "Aerodynamic and temporal aspects of velopharyngeal function in normal speakers," *Journal of Speech and Hearing Research*, vol. 39, pp. 1228-31, 1996.
- [37] L. Orellana, *ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA*, 2001.
- [38] S. Siegel, *Diseño experimental no paramétrico aplicado a las ciencias de la conducta*, 1972.
- [39] P. P., "The study of nasalance in Thai cleft palate patients aged 8 to 15 years.," Mahidol University, Bangkok, 2002.
- [40] M. S. R. B, S. S, and G. K. Pebbili, "Comparison of Nasalance Values obtained from Nasality Visualization System and Nasometer II," *Journal of All India Institute of Speech & Hearing*, vol. 31, pp. 1-9, 2012.
- [41] M. Bult, "Nasality in healthy Dutch children," Master Thesis Clinical Language Speech and Hearing Sciences, Utrecht University, Holanda, 2010.
- [42] A. C. Nichols, "Nasalance Statistics for two Mexican Populations," *Cleft Palate Craniofacial Journal*, 36. No.1, pp. 57-63, 1999.
- [43] K. Brunnegård, "Evaluation of nasal speech. A study of assessments by speech-language pathologists, untrained listeners and nasometry ", Department of Clinical Sciences, Speech and Language Pathology, Umeå University, Umeå, Sweden, 2008.
- [44] (2012, junio). *Microfonos Electret*. Available: <http://www.forum.allaboutcircuits.com>)
- [45] A. M. Carralero, "Obtención de patrones de nasalidad normal para la zona central de Cuba utilizando el NasometryStudio.v1.0.," Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la Información (CEETI), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Villa Clara, Cuba, 2012.
- [46] A. E. Rosenberg, "Effect of Glottal Pulse Shape on the Quality of Natural Vowels." *Acoustical Society of America Journal*, vol. 49, pp. 583-590, 1971.
- [47] J. B. Bermúdez, J. B. Sancho, and P. G. Vilda, *Reconocimiento de voz y fonética acústica*. España, 2000.

ANEXOS

Anexo I. Prueba de normalidad con el test de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.

Mañana

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of PNT_M is normal with mean 52.247 and standard deviation 5.65.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.895	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of PSAN_M is normal with mean 75.711 and standard deviation 1.76.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.619	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of PSBN_M is normal with mean 44.379 and standard deviation 5.78.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.967	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of PNT_H is normal with mean 50.523 and standard deviation 6.23.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.806	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of PSAN_H is normal with mean 74.551 and standard deviation 1.73.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.746	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of PSBN_H is normal with mean 42.715 and standard deviation 5.36.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.932	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

Niño

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of PNT_M is normal with mean 61.475 and standard deviation 5.96.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.489	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of PSAN_M is normal with mean 76.757 and standard deviation 2.18.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.669	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of PSBN_M is normal with mean 52.300 and standard deviation 6.12.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.503	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of PNT_H is normal with mean 58.964 and standard deviation 5.62.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.220	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of PSAN_H is normal with mean 75.312 and standard deviation 1.74.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.755	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of PSBN_H is normal with mean 50.732 and standard deviation 5.31.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.895	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

Año**Hypothesis Test Summary**

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of PNT_M is normal with mean 47.876 and standard deviation 5.63.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.666	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of PSAN_M is normal with mean 76.420 and standard deviation 2.04.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.423	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of PSBN_M is normal with mean 39.813 and standard deviation 5.70.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.620	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of PNT_H is normal with mean 47.088 and standard deviation 5.90.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.857	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of PSAN_H is normal with mean 75.762 and standard deviation 1.91.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.395	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of PSBN_H is normal with mean 39.760 and standard deviation 5.23.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.723	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

Anexo II. Prueba t de Student para el análisis de separabilidad entre las muestras.

Mañana

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
PNT_M_H	Equal variances assumed	.558	.456	1.774	148	.078	1.723560	.971472	-1.96187 3.643307
	Equal variances not assumed			1.774	146.612	.078	1.723560	.971472	-1.96337 3.643457
PSAN_M_H	Equal variances assumed	.001	.975	4.076	148	.000	1.159813	.284570	.597469 1.722158
	Equal variances not assumed			4.076	147.950	.000	1.159813	.284570	.597467 1.722160
PSBN_M_H	Equal variances assumed	.290	.591	1.827	148	.070	1.664467	.910875	-1.35535 3.464468
	Equal variances not assumed			1.827	147.162	.070	1.664467	.910875	-1.35619 3.464552

Niño

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
PNT_M_H	Equal variances assumed	.092	.762	2.654	148	.009	2.510333	.945942	.641036	4.379631
	Equal variances not assumed			2.654	147.492	.009	2.510333	.945942	.640983	4.379684
PSAN_M_H	Equal variances assumed	5.165	.024	4.484	148	.000	1.444867	.322213	.808135	2.081599
	Equal variances not assumed			4.484	140.851	.000	1.444867	.322213	.807868	2.081865
PSBN_M_H	Equal variances assumed	.730	.394	1.676	148	.096	1.567831	.935540	-.280911	3.416573
	Equal variances not assumed			1.676	145.092	.096	1.567831	.935540	-.281217	3.416878

Año

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
PNT	Equal variances assumed	1.003	.318	.837	148	.404	.787853	.941163	-1.071999	2.647706
	Equal variances not assumed			.837	147.684	.404	.787853	.941163	-1.072032	2.647739
PSAN	Equal variances assumed	1.032	.311	2.039	148	.043	.658067	.322816	.020144	1.295990
	Equal variances not assumed			2.039	147.291	.043	.658067	.322816	.020118	1.296015
PSBN	Equal variances assumed	.003	.955	.060	148	.953	.05324	.89335	-1.71214	1.81862
	Equal variances not assumed			.060	146.954	.953	.05324	.89335	-1.71224	1.81872