

**Análisis Fisiológico y Acústico de Adquisición Fonológica de Inglés Como L2 en Aprendices
Tardíos Nativos de Español**

Diego Alexander Verdugo Moreno

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Humanas

Maestría en Lingüística

Directora: Kelly Johanna Vera Diettes

Bogotá, Colombia

2024

**Análisis Fisiológico y Acústico de Adquisición Fonológica de Inglés Como L2 en Aprendices
Tardíos Nativos de Español**

Diego Alexander Verdugo Moreno

Tesis presentada como requisito para optar al título de:

Magister en Lingüística

Directora: Kelly Johanna Vera Diettes

Línea de Investigación: Bilingüismo y contacto

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Humanas

Maestría en Lingüística

Bogotá, Colombia

2024

Resumen

La presente investigación busca analizar los procesos cognitivos relacionados con la creación de categorías fonológicas para inglés como L2 por parte de aprendices tardíos nativos de español. Para esto se toman como principales referentes teóricos a 3 modelos de aprendizaje de la fonología en una segunda lengua: primero, el modelo imán de la lengua materna (NLM); segundo, el modelo de aprendizaje de habla (SLM); tercero, el modelo de asimilación perceptiva (PAM). Estos modelos coinciden en que para considerar un hablante como competente es necesario que perciba y produzca de forma adecuada, por eso, esta investigación realiza una medición objetiva de estas habilidades en una población de diez hablantes bilingües con edades comprendidas entre los 18 y los 30 años, de dominancia diestra, con español como lengua materna e inglés como L2, quienes aprendieron su L2 en edades posteriores a la adolescencia. La producción se evalúa mediante el análisis acústico del espectrograma de algunas vocales generadas ante diferentes tareas como denominación o lectura de palabras y pseudopalabras, técnicas que han sido ampliamente utilizadas en los estudios de fonología en segunda lengua. La percepción es evaluada a través del análisis fisiológico mediante la medición de la dirección de la primera fijación y la duración de las fijaciones medidas con el Eye Tracking en pruebas de discriminación auditiva con pares mínimos vocálicos como estímulos. Esta técnica permite identificar el grado de atención que se le da a determinado estímulo. Finalmente, se realiza una correlación entre el análisis acústico, el análisis fisiológico y las pruebas conductuales con el fin de determinar si se han creado nuevas categorías para las vocales del inglés como L2.

Palabras clave: análisis acústico, aprendices tardíos, fonología de segunda lengua, inglés L2, Eye Tracking.

Physiological and Acoustic Analysis of Phonological Acquisition of English as a L2 in Late Learners Native of Spanish

This research aims to analyze the cognitive processes related to the creation of phonological categories for English as a second language (L2) by late learners who are native Spanish speakers. For this purpose, the study draws primarily on three theoretical models of second language phonological learning: first, the Native Language Magnet Model (NLM); second, the Speech Learning Model (SLM); and third, the Perceptual Assimilation Model (PAM). These models agree that for a speaker to be considered competent, they must be able to perceive and produce speech accurately. Therefore, this research conducts an objective measurement of these abilities in a population of ten bilingual speakers aged 18 to 30, all right-handed, with Spanish as their native language and English as their L2, who learned their L2 after adolescence. Production is evaluated through acoustic analysis of the spectrogram of certain vowels generated in response to tasks such as naming or reading words and pseudowords—techniques widely used in second language phonology studies. Perception is assessed through physiological analysis, measuring the direction of the first fixation and the duration of fixations using Eye Tracking in auditory discrimination tests with minimal vowel pairs as stimuli. This technique allows for the identification of the degree of attention given to a particular stimulus. Finally, a correlation is made between the acoustic analysis, the physiological analysis, and the behavioral tests in order to determine whether new categories for English L2 vowels have been created.

Keywords: acoustic analysis, late learners, second language phonology, English L2, Eye Tracking.

Agradecimientos

Este trabajo es fruto de múltiples esfuerzos, de personas y de entidades que han decidido creer que es posible. A pesar de que mi nombre aparece en los espacios principales de esta investigación, no soy el único que aporta en su construcción. De hecho, sin todos estos apoyos, nada sería posible, por esto, toda mi gratitud a las personas e instituciones que hicieron posible esta investigación.

Inicialmente a la Universidad Nacional de Colombia, en donde he desarrollado mi proyecto profesional y de vida desde el momento que fui admitido. Al Laboratorio Interdisciplinario de Investigación, Cultura y Cognición (LIICC), con todo su equipo de colaboradores, quienes permitieron realizar parte de esta investigación en sus instalaciones y con su acompañamiento. Al Laboratorio de Lingüística, donde tuve acceso a herramientas de calidad para registrar los datos de este estudio.

A mi directora, la profesora Kelly Johanna Vera, quien me acompañó y me guió durante todo el proceso, aún con todos los contratiempos que se presentaron siempre estuvo dispuesta a llevar por el mejor camino esta investigación, no solo aportó con su conocimiento sino con su interés por llevar al mejor termino este proyecto.

A mi novia Fiorella y a su familia, quienes sin mayor motivación más que la de mi propio avance, realizaron esfuerzos de distintas maneras para que yo pudiera cumplir con este objetivo, aunque muchas veces parecía lejano.

A mi tía Rosita, quien me acompañó físicamente mientras fue posible y de quien tengo la seguridad que me seguirá acompañando, aunque de formas diferentes. A mi hermana Carolina, quien me da ánimo para continuar avanzando y mostrarle que si es posible. A mi padre Benjamín, quien con su ejemplo me ha enseñado el valor del trabajo duro, de los esfuerzos, sin sus enseñanzas, no hubiera podido llegar hasta este punto. Finalmente, a la persona más valiente del

mundo, mi madre Ana, quien me ha regalado toda su confianza y su amor para lograr cualquier cosa, en su compañía todo parece ser posible.

Espero de todo corazón que cada persona y entidad que colaboró en este proyecto, quienes fueron nombrados acá y los que no, mis amigos, los participantes de esta investigación y los docentes que formaron parte de mi proceso, tengan éxito en los proyectos que cada uno emprenda.

Contenido

Resumen	2
Agradecimientos	3
Contenido	i
Lista de figuras	iv
1. Introducción.....	5
2. Marco teórico.....	7
2.1 Introducción	7
2.2. Funcionamiento anatómico y fisiológico del procesamiento fonético fonológico en la adquisición de L2.....	7
2.2.1. Adquisición de una nueva lengua.....	8
2.2.2. Las vocales del inglés y del español	9
2.2.3. Procesamiento auditivo, visual y su evaluación	11
2.2.4 Anatomía de los movimientos oculares	14
2.3. La investigación en los procesos de adquisición fonológica en L2.....	17
2.3.1. Las vocales del español vs las vocales del inglés	17
2.3.2. La percepción fonológica	18
2.3.3. La producción fonológica.....	22
2.3.4. La representación gráfica y el aprendizaje de la fonología de L2.....	23
2.4. Visiones del aprendizaje fonológico de L2 en la edad adulta.....	24
2.4.1. El Modelo Imán de la Lengua Materna (NLM).....	25
2.4.2. Modelo de Aprendizaje del Habla (SLM)	30
2.4.3. Modelo de Asimilación Perceptiva (PAM)	33
2.4.4. El paradigma del mundo visual	35
3. Planteamiento del problema.....	37
4. Preguntas de investigación.....	42
4.1. Pregunta principal.....	42
4.2. Preguntas específicas	42
5. Objetivos de investigación	43
5.1. Objetivo principal	43
5.2. Objetivos específicos	43
6. Hipótesis	44
6.1. Hipótesis principal.....	44
6.2. Hipótesis secundarias	44
6.3 Consideraciones finales sobre la creación de nuevas categorías fonológicas en L2.....	45
7. Metodología.....	46
7.1. Población	48
7.2. instrumentos de recolección	48
7.2.1. Software para el análisis acústico PRAAT	48

7.2.2. EyeLink 1000 plus.....	48
7.3. Experimentos	49
7.3.1. Experimento I: producción.....	50
7.3.2. Experimento II: percepción (pruebas conductuales).....	53
7.3.3 Experimento III: percepción (Análisis fisiológico de fijaciones oculares con Eye Tracking) ⁵⁴	
7.4. Procedimiento y datos obtenidos	56
7.4.1. Datos de producción.....	56
7.4.2. Análisis de Eye Tracking.....	57
7.4.1. Análisis estadístico.....	58
7.5. Consideraciones éticas	59
8. Resultados	60
8.1. experimento 1	60
8.1.1 Formante 1.....	60
8.1.2 Formante 2.....	62
8.1.3. Duración.....	64
8.2. experimento 2 y 3	69
8.2.1 Duración de la fijación.....	69
8.2.2 cantidad de las fijaciones.....	71
8.2.3. análisis de la duración de las fijaciones.....	73
8.2.3. análisis de la duración de las fijaciones.....	76
9. Discusión	80
8.1.1. análisis de la percepción de los dos segmentos vocálicos /i/ y /ɪ/.....	80
8.1.2. La producción fonológica.....	82
10. Conclusiones	84
Referencias:	87

Lista de tablas

Tabla 1 Palabras estímulo Prueba 1 tomado de Morrison (2006).....	51
Tabla 2 Pares mínimos /i/ y /ɪ/ en inglés.....	52
Tabla 3 Número de datos obtenidos en los experimentos.....	57
Tabla 4 Estadística descriptiva comparación /i/-/ɪ/.....	60
Tabla 5 Pruebas de normalidad F1 comparación /i/-/ɪ/.....	61
Tabla 6 Estadística descriptiva F2 comparación /i/-/ɪ/.....	62
Tabla 7 Pruebas de normalidad F2 comparando /i/-/ɪ/.....	63
Tabla 8 Estadística descriptiva duración de cada segmento comparando /i/-/ɪ/.....	64
Tabla 9 Pruebas de normalidad duración comparando /i/-/ɪ/.....	65
Tabla 10 Estadística descriptiva de la producción comparando /i/-/ɪ/.....	67
Tabla 11 Scheirer Ray Hare Test, de dos factores comparando las características acústicas con la producción de /i/-/ɪ/.....	68
Tabla 12 Estadística descriptiva de la duración de las fijaciones.....	69
Tabla 13 Pruebas normalidad duración de las fijaciones.....	70
Tabla 14 Estadística descriptiva cantidad de las fijaciones.....	71
Tabla 15 Pruebas de normalidad cantidad de las fijaciones.....	72
Tabla 16 Scheirer Ray Hare Test, para la duración de las fijaciones.....	74
Tabla 17 Scheirer Ray Hare Test, para la duración de las fijaciones.....	75
Tabla 18 Estadística descriptiva número de fijaciones.....	77
Tabla 19 Scheirer Ray Hare Test, para la cantidad de las fijaciones.....	78
Tabla 20 Conceptualización de los resultados por participante.....	79

Lista de figuras

Contenido	i
Figura 1	10
Figura 2	11
Figura 3	11
Figura 4	12
Figura 5	14
Figura 6	16
Figura 7	27
Figura 8	29
Figura 9	47
Figura 10	49
Figura 11:	55
Figura 12:	56
Figura 13:	82
Figura 14:	82
Figura 15:	83
Figura 16:	83

1. Introducción

Durante esta investigación se aborda la creación de categorías fonológicas para el inglés como L2 por parte de hablantes nativos de español. El texto está dividido en diez apartados, siendo el primero esta introducción. A continuación, haré una breve descripción del contenido de cada sección de la tesis.

En el capítulo dos, marco teórico, se abordan las principales investigaciones y teorías relacionadas con el aprendizaje de L2 en tres secciones, la primera, es el funcionamiento estructural y fisiológico, tanto de la percepción como de la producción de los sonidos; la segunda, contiene las investigaciones relacionadas con el proceso de adquisición de categorías fonológicas para la segunda lengua; y, la tercera, presenta algunos modelos que explican el aprendizaje del sistema fonológico de la segunda lengua.

En el tercer apartado se recogen algunos estudios relacionados con el tema de investigación y se plantea el problema que da origen al objetivo de investigación “analizar los procesos cognitivos relacionados con la creación de categorías fonológicas para inglés como L2 por parte de aprendices tardíos nativos de español, a través de la medición de los cambios acústicos de sus producciones, la dirección y duración de las fijaciones en pruebas de discriminación auditiva con pares mínimos vocálicos de inglés como estímulos, y la correlación de estas pruebas con pruebas conductuales de producción y percepción”. En los apartados cuatro, cinco y seis respectivamente, se plantean las preguntas, objetivos e hipótesis generales y específicas que guían la investigación.

En el apartado siete se describe la metodología utilizada para abordar los objetivos. Es allí donde se explica a profundidad el paradigma cuantitativo experimental llevado a cabo durante esta investigación, y, se realiza una descripción detallada de la muestra y las pruebas realizadas para evaluar tanto la percepción como la producción de dos segmentos vocálicos. Para ello, se hizo uso del software Praat (producción) y de Eye Tracking (percepción).

En el apartado ocho se presentan los resultados obtenidos en los experimentos y el análisis de los datos para cada uno de ellos, según el objetivo que busca responder. En el apartado nueve, se contrasta la información del apartado anterior con las investigaciones y los modelos que explican la creación de categorías fonológicas para la L2. Finalmente, en el apartado diez, se presentan las conclusiones de los datos obtenidos.

De manera general, se evidencia que los participantes están en diferentes etapas del proceso de creación de categorías fonológicas para los sonidos /i/ - /ɪ/ del inglés. Es importante mencionar aquí que, a pesar de esta distinción, la mayoría de los participantes logran identificar diferencias entre los sonidos, y, al momento de producirlos, los promedios de los formantes uno y dos, así como, la duración, reflejan disparidad. Además, se logra demostrar que, aunque existen diferencias entre las características acústicas durante la producción, estas no son estadísticamente significativas.

2. Marco teórico

2.1 Introducción

En este capítulo se abordan conceptos, investigaciones previas y teorías que dan cuenta del proceso de creación de categorías fonológicas para L2 por parte de hablantes tardíos. Esto con el ánimo de recolectar elementos que permitan plantear una posible respuesta a la pregunta de investigación, ¿Qué relación existe entre la creación de categorías fonológicas para L2, la dirección y duración de las fijaciones en pruebas de discriminación auditiva con Eye Tracking y las características acústicas de las producciones de aprendices tardíos de inglés nativos de español?

Este capítulo se divide en tres secciones, la primera, denominada *principales consideraciones conceptuales*, en la cual se presentan algunos conceptos fundamentales para comprender las investigaciones y teorías que forman parte de la investigación. La segunda, denominada *antecedentes*, la cual describe datos relevantes de las principales investigaciones que dan cuenta de las técnicas más usadas, los principales hallazgos en la creación de categorías fonológicas para L2 en la edad adulta y el uso del Eye Tracking en el estudio de la fonología. Y, la tercera, denominada *visiones del aprendizaje fonológico de L2 en la edad adulta*, donde se presentan algunas perspectivas teóricas y modelos de representación que son útiles al abordar el aprendizaje de las categorías fonológicas para L2 en la edad adulta. Por último, se concluye relacionando la hipótesis principal.

2.2. Funcionamiento anatómico y fisiológico del procesamiento fonético fonológico en la adquisición de L2.

En esta sección, se presentan algunos conceptos fundamentales que permiten una mejor

comprensión de los fundamentos teóricos que hacen parte de la presente investigación y los estudios que forman parte del nicho de investigación.

2.2.1. Adquisición de una nueva lengua

Para iniciar, es necesario entender la lengua materna como aquella que se adquiere de forma natural, en el ambiente cotidiano, sin necesidad de instrucción formal y durante la infancia, dentro de las primeras etapas de desarrollo del niño (Flege, 1995) (Best, 1995) y (Owens, 2003).

Ahora bien, en relación con L2 y en concordancia con los principales modelos teóricos de adquisición de segunda lengua que hacen parte de los fundamentos teóricos de la presente investigación, Kuhl (1992, 1993a, 1993b, 1994, 2000, 2004) propone el *Modelo Imán de la Lengua Materna* (NLM), Flege (1995) plantea el *Modelo de Aprendizaje del Habla* (SLM) y Best (1995) formula el *Modelo de Asimilación Perceptiva* (PAM), los cuales definen a L2 como la lengua que se aprende una vez la lengua materna está consolidada, es decir, cuando se han culminado los periodos críticos de desarrollo del lenguaje. Tomando en cuenta la premisa anterior, los hablantes tardíos de una lengua se definen entonces como aquellos que la aprendieron una vez se han completado los procesos de maduración neuronal que finalizan durante la adolescencia, etapa comprendida desde los 12 hasta los 18 años según el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (2024).

Por otro lado, Owens (2003) define al “periodo crítico del desarrollo”, como la etapa antes de la vida escolar. Además, coincide con la etapa preoperacional de Piaget, que comprende hasta los cinco años. Es en este periodo donde el niño debe adquirir las estructuras del lenguaje necesarias para una comunicación efectiva con sus pares, entre estas, las habilidades fonológicas.

2.2.2. Las vocales del inglés y del español

En las vocales, el sonido producido por las cuerdas vocales se modifica según la posición de la lengua en los planos horizontal, vertical y la postura de los labios, como lo explica Ladefoged y Johnson (2011). Estas son utilizadas como estímulos en la presente investigación, por esta razón se describen con mayor profundidad a continuación.

Las características acústicas de las vocales se pueden observar mediante un espectrograma, este representa gráficamente el espectro de las frecuencias en Hertz (Hz) de un sonido. Las frecuencias donde existe una mayor concentración de energía se marcan con un tono más oscuro, estas zonas son los formantes, los cuales están relacionados con las características articulatorias.

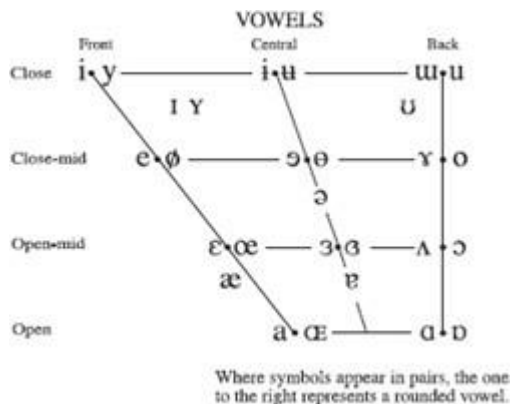
- Formante uno (F1): se relaciona con la posición de la lengua en el plano vertical.
Cuando el valor de la frecuencia sea menor la posición de la lengua será más alta y cuando el valor de la frecuencia sea mayor la posición de la lengua será más baja.
- Formante dos (F2): se relaciona con la posición de la lengua en el plano horizontal.
Cuando el valor de la frecuencia sea mayor la posición de la lengua será más anterior y cuando el valor de la frecuencia sea menor la posición de la lengua será más posterior.
- Formante tres (F3): se relaciona con la apertura de los labios.

Con base en las características articulatorias de las vocales, el Alfabeto Fonético Internacional (AFI) propone un cuadro en el cual se representan estos sonidos y se muestra en la Figura 1. Este cuadro representa 3 características articulatorias. Primero, la apertura bucal o la altura de la lengua es presentada en el plano vertical con cuatro posibilidades, cerrada, medio cerrada, medio abierta o abierta; segundo, en el plano horizontal se presenta la posición de la lengua con tres posibilidades, anterior, central o posterior; tercero, se representa la postura de los labios según la posición del fonema, al lado derecho se presentan vocales redondeadas y al izquierdo las no

redondeadas.

Figura 1

Cuadro vocálico AFI (Ladefoged & Johnson, 2011)

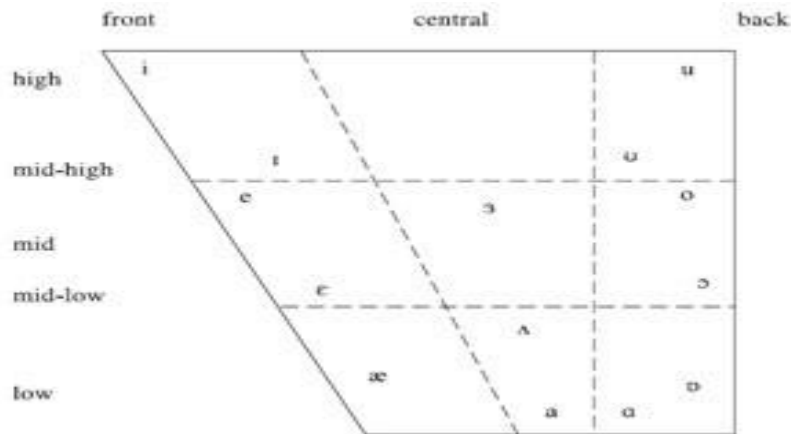


El inglés posee doce vocales, /i:/, /ɪ/, /u:/, /ʊ/, /e/, /ə/, /ɜ:/, /ɔ:/, /æ/, /ʌ/, /ɒ/ y /ɑ:/, las cuales con excepción de la vocal schwa /ə/ están representadas en la Figura 2 propuesta por Ladefoged y Johnson (2011), quienes, además, presentan tres vocales /e/, /a/, /o/, que están presentes solamente en diptongos. El español, a diferencia del inglés presenta solamente cinco vocales, /a/, /e/, /i/, /o/, y /u/, las cuales son presentadas en la Figura 3.

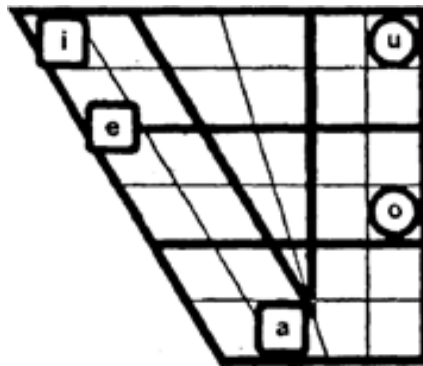
En esta investigación cobra gran importancia el concepto de pares mínimos que son pares de palabras acústicamente similares, pero que difieren por un rasgo en uno de sus sonidos y tienen significados diferentes. En el sistema fonológico del español la vocal /i/ ocupa el espacio de una vocal cerrada anterior, como se observa en la figura 3, mientras que para el sistema fonológico del inglés este mismo espacio está ocupado por las vocales /i/ y /ɪ/ las cuales generan diferencias de significado, es decir, son pares mínimos en inglés, pero no en español.

Figura 2

vocales del inglés (Ladefoged & Johnson, 2011)

**Figura 3**

vocales del español (Finch F. D. & Ortiz, H. 1982).



2.2.3. Procesamiento auditivo, visual y su evaluación

El principal sistema de comprensión de una lengua es el auditivo (con excepción de las lenguas de señas), por esto, es de suma importancia comprender cómo se procesan las ondas sonoras del habla hasta el momento de asignarle significado. En esta sección, se abordan los procesos anatómicos y fisiológicos relacionados con el procesamiento de la señal acústica y algunas técnicas usadas para evaluar su funcionamiento.

Anatomía y fisiología del procesamiento auditivo

○ Procesamiento auditivo periférico

Las primeras estructuras por las cuales pasa la señal acústica se encuentran en el oído, el cual se divide en tres secciones, las cuales se muestran en la Figura 4.

- El oído externo está compuesto por el pabellón auricular y el conducto auditivo externo (CAE) y recibe las ondas acústicas del medio aéreo.
- El oído medio inicia en el tímpano, conectando con la cadena oscicular (martillo, yunque y estribo) para terminar en la articulación del estribo con la ventana oval. En esta parte del oído las ondas aéreas se convierten en ondas mecánicas.
- En el oído interno se encuentran los canales semicirculares, el vestíbulo (relacionado con equilibrio, por esto no representan un interés en la presente investigación) y la cóclea, donde la onda mecánica mueve la perilinfa, que estimula el órgano de Corti, el cual a su vez estimula las células ciliadas externas. En este momento la onda mecánica se transforma en una señal eléctrica.

Figura 4

Esquema del oído externo, medio e interno (Salesa, Perelló & Bonavida 2013)



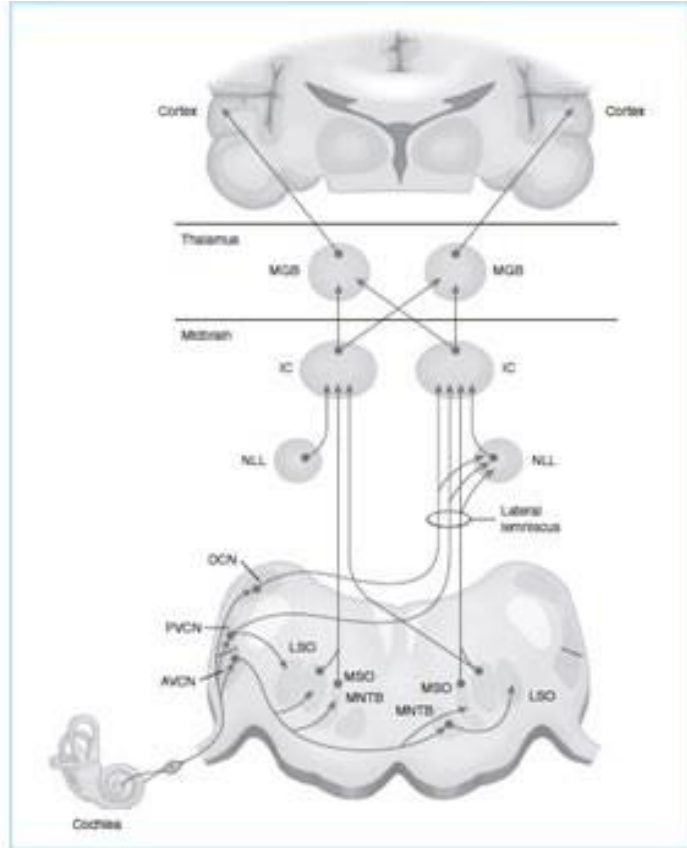
- Procesamiento auditivo central

Una vez la señal acústica es transformada en energía eléctrica, inicia su viaje por el sistema nervioso desde el nervio coclear, VIII par craneal, hasta la corteza cerebral, como lo describe Stach (2010), donde ocurre la comprensión del lenguaje. En el camino, la señal recorre varias estructuras llamadas núcleos, en los cuales están los cuerpos de las células. Además de ser estaciones en la vía, la señal auditiva se conecta con otros sistemas. En la figura 5 se muestra la vía auditiva. Estos núcleos son cinco, organizados en el orden que pasa la señal acústica:

1. Núcleos cocleares
2. Complejo olivar superior
3. Lemnisco lateral
4. Colículo inferior
5. Cuerpo geniculado medial

Figura 5

Sistema nervioso auditivo central (Stach, 2010)



2.2.4 Anatomía de los movimientos oculares

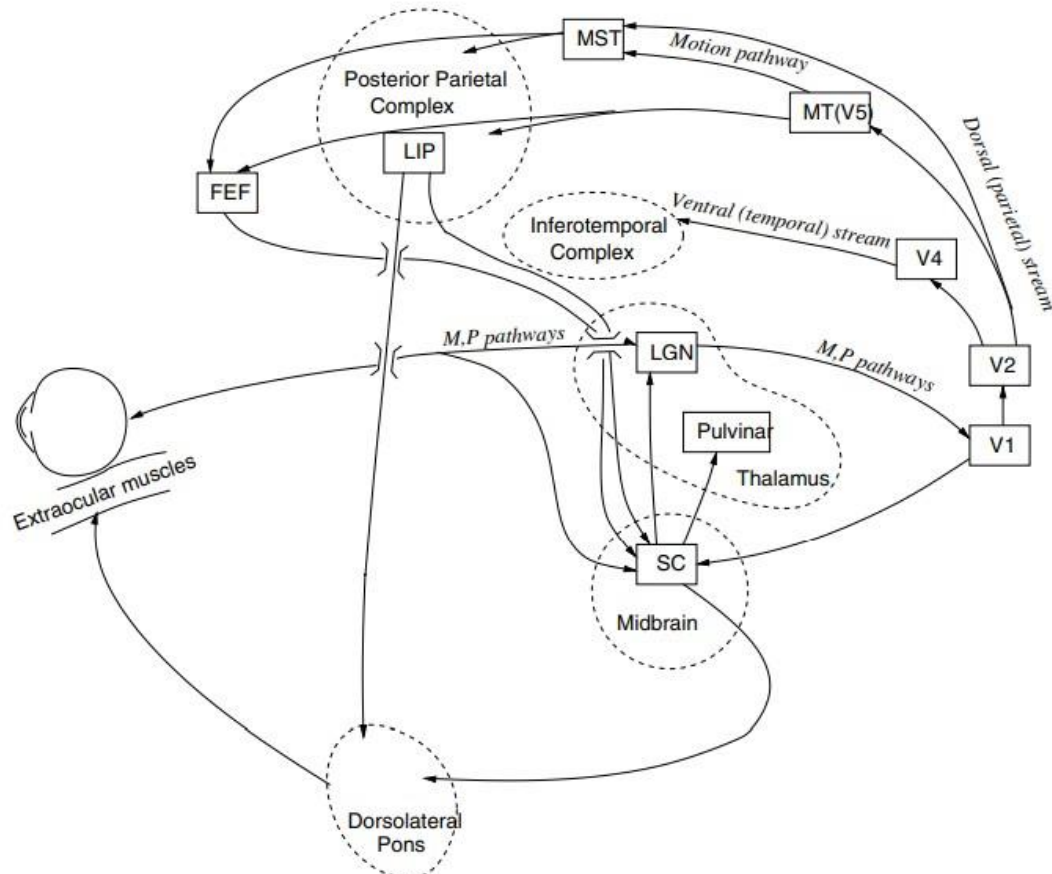
Como parte de este estudio, también es importante analizar la correlación anatómica y fisiológica del sistema visual humano, o VHS, por su sigla en inglés (*Visual Human System*). Andrew Duchowski (2017) establece que además de las estimaciones de la agudeza visual, es posible medir los correlatos anatómicos y biológicos del procesamiento visual mediante la comprensión de las estructuras neuronales relacionadas al mismo. En este sentido, las investigaciones sugieren que el campo de visión se inspecciona minuciosamente mediante breves fijaciones en pequeñas

regiones de interés. La visión foveal, que es el área del campo visual en la cual se observa con mayor detalle abarca de 1° a 5° del campo visual, como lo describe Duchowski (2017), el 3% de una pantalla de 21 pulgadas a una distancia de 60 cm. Por otra parte, la mayoría del tiempo se dedica a fijaciones mientras que alrededor del 10% se dedica al cambio de ubicación en las fijaciones. A este recorrido se le denomina sacadas.

A diferencia de la vía auditiva el procesamiento visual de la información se realiza en múltiples áreas del cerebro. A continuación, la Figura 6 ilustra de forma gráfica los diferentes centros del procesamiento de la información visual.

Figura 6

Una visión simplificada del cerebro y las vías visuales relevantes para los movimientos oculares y la atención. Tomado de (Duchowski, 2017)



Cómo se mencionó anteriormente, en la Figura 6 se muestra esquemáticamente la vía que recorren los estímulos desde que ingresan por la vía visual hasta que generan una respuesta en forma de movimientos oculares.

Inicialmente, ocurre un primer procesamiento visual de posición y color en el área visual primaria V1. Posteriormente, ocurre el principal procesamiento de forma, color y movimiento en las áreas V2, V3, V3A, V4 y el área temporal medial MT. Además, se realizan algunas proyecciones al área V5 y al área temporal medial superior, en la cual se realiza el procesamiento de los movimientos suaves. Estas áreas tienen conexiones con el colículo superior que es la principal área encargada de la programación de los movimientos oculares, tanto de las fijaciones como de las sacadas. El colículo superior recibe señales tanto de la vía visual como de la vía auditiva. Otras áreas relacionadas con los movimientos oculares son el área lateral intraparietal, LIP, que corrige la información del campo visual antes de la ejecución de las sacadas y el complejo parietal posterior, PPC, que está implicado en las fijaciones.

Las conexiones desde el área visual primaria V1 se dividen en dos tipos, la primera es la vía dorsal encargada del procesamiento sensorio motriz y la segunda, la vía ventral encargada del procesamiento cognitivo y la atención. Adicionalmente, existen tres regiones implicadas en la programación de los movimientos oculares, primero, el complejo parietal posterior, que desconecta la atención, el segundo, SC, que reubica la atención y, el tercero, pulvinar, que atrae o mejora la atención.

2.3. La investigación en los procesos de adquisición fonológica en L2.

A continuación, se presentan algunos de los estudios más relevantes para esta investigación, los cuales dan cuenta de los avances científicos que abordan el problema investigativo y proponen varias técnicas y enfoques teóricos que dan cuenta del camino que ha seguido la investigación respecto al problema central de esta investigación. Esta sección se dividirá en cuatro partes, en la primera se abordan los sistemas vocálicos del español y del inglés. En la segunda, se presenta la percepción de la fonología, tanto en la L1 como en la L2, haciendo énfasis en las fórmulas de evaluación objetivas y subjetivas. En la tercera parte se presentan algunos estudios que se centran en aspectos de la producción de la cadena hablada que han sido estudiados en L2 especialmente con relación a las vocales. Finalmente, se analizan algunos estudios que proponen que existe una interferencia de la forma escrita de las palabras en su pronunciación.

2.3.1. Las vocales del español vs las vocales del inglés

La diferencia entre el número de vocales en las que se divide el sistema fonológico del inglés comparado con el del español, supone una dificultad al momento de aprender inglés. Bassetti y Atkinson (2015) analizaron la duración de las vocales en una población de quince hablantes nativos de italiano con una edad media de 16 años, quienes eran aprendices experimentados de inglés como L2, encontrando que la duración de las vocales está influenciada por la cantidad de grafemas con los que se representa (una vocal sola o un dígrafo). Esta influencia ya se había estudiado, por ejemplo, por Piske *et al.* (2002), quien obtuvo resultados similares.

En el inglés, las doce vocales están representadas por cinco grafemas, los mismos que en el español, mientras que, en español cada grafema tiene una correlación directa con un fonema.

En el inglés existen algunas reglas de pronunciación de las vocales escritas, Sun-Alperin y Wang

(2009), por ejemplo, estudian el fonema /i/ que puede estar representado con las letras “ea” cuando están seguidas por /p/ como en *leap*, *cheap*, o *heap*, aunque existen algunas excepciones como *leapt*. Otras formas en las que se puede representar este fonema son “e” como en *he* “ee” como en *bee*, “ea” como en *read*, “ei” como en *believe*, o “eo” como en *people*. Estos autores evalúan con varias pruebas de proficiencia tanto en inglés, como en español, a 89 niños de segundo y tercer grado, pertenecientes a varios colegios públicos de Estados Unidos, cuya lengua materna es español y las correlaciona con varias pruebas de lectura y deletreo. En estas se encuentra una correlación entre las habilidades fonológicas del español con los resultados en las pruebas de lectura en inglés, sin embargo, no existe una correlación con las pruebas de deletreo.

Estos estudios muestran que, además de las diferencias en cantidad de vocales entre el español y el inglés, la forma escrita es completamente diferente, el español posee un sistema de escritura transparente mientras que el inglés posee uno más opaco. Esto supone otra dificultad al momento de crear nuevas categorías fonológicas para las vocales en inglés en la edad adulta, pues existen interferencias de la forma escrita en la creación de categorías fonológicas, como lo muestran los estudios anteriores.

2.3.2. La percepción fonológica

Para el caso de la percepción fonológica en segunda lengua, la investigación ha evolucionado desde técnicas más generales como la identificación de acentos, hasta aspectos puntuales como la identificación de fonemas específicos y aspectos suprasegmentales, proponiendo y evaluando los mejores métodos para estimular la creación de categorías. Inicialmente, Flege (1984), en dos experimentos, uno que evaluó la detección del acento extranjero de 40 hablantes nativos del inglés y otro que evaluó 37 hablantes bilingües nativos del francés, demuestra que los

oyentes bilingües son capaces de detectar los acentos extranjeros la mayoría de las veces.

Luego, Mendousse (2011) evaluó 120 hablantes de inglés británico usando una metodología de identificación de pares mínimos para observar si el rasgo de alargamiento de algunas vocales es significativo para la percepción. Se evidenció que en la mayoría de los casos sí es significativo.

Orduz, N. Y. (2012) evaluó diez jóvenes adolescentes de 12 y 13 años hablantes nativos de español con un nivel considerado bajo de aprendizaje de inglés, mediante tareas de escucha y repetición, los resultados arrojaron que los hablantes produjeron sonidos que no hacen parte del sistema fonológico de alguna de las dos lenguas.

Recientemente, Kivistö-de (2015) evaluó 71 hablantes de portugués brasileño estudiantes de inglés con una media de edad de 26.01 años con tareas de selección fonológica. Concluye que las habilidades de conciencia fonológica de los aprendices estuvieron por debajo de los nativos de inglés y reconoce que los dominios segmental, fototáctico y prosódico, influyen en la producción y detección del acento extranjero.

En estos estudios se evidencia una evolución de la sensibilidad en las pruebas que evalúan la percepción de L2, las diferentes técnicas y cómo estas se utilizan para evaluar habilidades específicas del procesamiento fonológico de L2.

Por otro lado, para evaluar el procesamiento del contraste /i/ - /ɪ/ en inglés, Escudero y Boersma (2004) realizan pruebas de identificación de pares mínimos en una población de 30 hablantes de dos variedades de inglés como L2, nativos de español, los cuales aprendieron inglés luego de los 12 años. Se encontró que la percepción se adapta al contexto en el cual se aprende.

Usando este mismo contraste, Morrison (2008) evaluó con una metodología de identificación de pares mínimos, a 13 hablantes nativos de inglés canadiense de edad promedio 22 años y 20 hablantes nativos de español, provenientes de distintos países de Latinoamérica, quienes habían

vivido al menos 6 meses en Canadá. Además, en 2009, Morrison evalúa 19 nativos de inglés canadiense monolingües, 20 monolingües nativos de español mexicano y 40 bilingües nativos de español e inglés como L2, con tareas de identificación de vocales, encontrando tanto en el estudio de 2008 como en el de 2009, que la etapa inicial de adquisición de un sonido es una asimilación basada en lo que él llama “*multidimensional-category-goodness-difference*” (Morrison, 2009). Ahora bien, Vera (2014) para evaluar la percepción de la vocal Schwa /ə/ del inglés, usó una metodología de identificación de la producción correcta, encontrando que los hablantes nativos de español parecen distraerse más fácilmente con factores irrelevantes debido a su escasa experiencia.

Estos estudios proporcionan una base teórica y metodológica acerca del proceso de adquisición de las vocales del inglés por parte de hablantes nativos de español, ya que muestran distintas técnicas de evaluación y modelos estadísticos para explicar el cambio en la percepción de las vocales al momento de aprender una L2. Además, dan luces sobre algunos fonemas específicos que representan dificultad para los aprendices tardíos, por ejemplo, las vocales, específicamente aquellas que cuyas características acústicas son más parecidas a las vocales del español.

Paralelamente, y, con el objetivo de analizar los cambios en la percepción de algunas consonantes inglesas por un grupo de hablantes bilingües después de un entrenamiento auditivo, Redondo (2015) realiza dos experimentos. En el primero, 33 participantes entre 21 y 39 años con diferentes L1 realizaron tareas de identificación de consonantes inglesas en sílabas (posición inicial y final). En el segundo, 15 participantes entre 21 y 25 años nativos de español realizaron diferentes sesiones de entrenamiento auditivo intensivo divididos en tres grupos: grupo de control, grupo experimental uno (entrenamiento con sílabas y ruido de fondo elevado) y grupo experimental dos (entrenamiento con oraciones y sin ruido de fondo elevado). Este concluye que, el entrenamiento auditivo es provechoso, aún más cuando este tiene condiciones lo más parecidas

al habla espontánea como un enmascaramiento de 15 deciBeles (dB).

Inceoglu (2016) también, evaluó la identificación y la producción de tres vocales nasales francesas de 60 hablantes nativos de inglés aprendices tardíos de francés, divididos aleatoriamente en tres grupos. El primero, estimulado con señales auditivas y visuales (AV); el segundo, solo auditivas (A) y el tercero, sin estimulación. Al finalizar, concluye que el grupo estimulado con señales AV mejoró en mayor medida que los demás grupos, tanto en tareas de percepción, como de producción.

En estas investigaciones se observa la importancia de un entrenamiento auditivo para estimular la adecuada creación de categorías en una nueva lengua.

En conclusión, las investigaciones en percepción anteriormente presentadas suelen incorporar en su metodología tareas como identificación de pares mínimos, de la producción correcta, de vocales o de consonantes, detección del acento extranjero, tareas de escucha y repetición y tareas de selección fonológica, generalmente utilizando estímulos como palabras, pseudopalabras o pares mínimos.

Como ya se ha discutido, estas tareas implican otro tipo de procesamiento, lo cual les resta objetividad. Metodológicamente la evaluación con Eye Tracking proporciona una mayor rigurosidad en cuanto sus mediciones no están necesariamente mediadas por la atención que requiere una respuesta consciente como lo reconoce Speer (2012).

En este sentido, Huettig y McQueen (2007) en sus cuatro experimentos evalúan poblaciones similares a las ya nombradas pero cambiando la forma en la que los estímulos visuales fueron presentados en relación con los estímulos auditivos. Al usar una metodología de Eye Tracking, encontraron que la recuperación del conocimiento fonológico, de forma y semántico, en los sistemas de reconocimiento de imágenes y palabras habladas, está en cascada, y, que los cambios

de atención visual están determinados por el transcurso del tiempo de recuperación de los tres tipos de conocimiento y por la naturaleza de la información en el entorno visual.

Así mismo, Trecca, Bleses, Madsen y Christiansn (2018) observan como los desafíos asociados al procesamiento fonológico del danés representan dificultades al momento de su adquisición por parte de una población de niños entre 24 y 35 meses de edad. En este estudio, que también contó con el uso de Eye Tracking, encontraron que los niños presentaron más problemas al momento de adquirir nuevas palabras debido a la dificultad fonética de la lengua.

Finalmente, Wiener, Ito y Speer (2021) utilizaron una metodología de Eye Tracking para observar el aprendizaje de una lengua inventada por parte de hablantes nativos de inglés. Esta lengua contaba con algunas complejidades fonéticas previamente seleccionadas por los investigadores, quienes encontraron que las fijaciones oculares indicaban que los participantes eran sensibles a las probabilidades de ocurrencia simultánea del tono de las sílabas incluso sin una instrucción explícita del tono.

2.3.3. La producción fonológica

La habilidad de producción está estrechamente relacionada con la percepción, como lo describe Flege (1995), quien afirma que para que un hablante produzca un sonido adecuadamente, lo debe percibir apropiadamente. Los sonidos, como lo propone Susanibar *et al.*, (2013) se desarrollan en el orden de su dificultad articulatoria.

Para el caso de L2, Flege (1995) retoma investigaciones con aprendices de inglés como L2 en las que se examina la producción de algunas vocales /ʌ/ y /ə/. Igualmente, Rochet (1995), en tareas de repetición de un segmento en francés /y/, encontrando que en ambos casos los resultados sugieren que la L1 está presente en el procesamiento de la L2. Vera (2014), para analizar la producción de la vocal inglesa Schwa /ə/ de un grupo de diez hablantes bilingües nativos de

español colombiano e inglés como L2, comparó estas producciones con las de un grupo de cinco hablantes de inglés británico BrE mediante el software PRAAT (Boersma, & Weenink, 2018). Al analizar los resultados concluyó que los hablantes nativos de español realizaron producciones de *schwa* semejantes a las representaciones fonológicas del español en su forma escrita.

En los estudios de Olsen (2016) y Anabalón y Vivanco (2014), en los que se evalúan aprendices de inglés y de español respectivamente, sugieren que es más fácil producir un sonido si se encuentra en contextos similares en ambas lenguas, como el caso de algunas roticas que comparten contextos en inglés y español. Por otra parte, segmentos que van en contra de las características de la lengua como el caso de /st/, /sp/ y /sk/ en posición inicial y /nsp/ en posición intermedia del inglés son más difíciles de aprender para nativos del español.

2.3.4. La representación gráfica y el aprendizaje de la fonología de L2

Bassetti y Atkinson (2015), realizan varios experimentos para ver la influencia de la forma escrita en la producción de hablantes de inglés como L2. El primer experimento observa la adición de consonantes epénticas en lugares donde aparecen consonantes “silenciosas”. Para esto evalúan 14 estudiantes expertos de inglés, hablantes nativos de italiano, con tareas de lectura de palabras y encuentran que los aprendices de inglés realizan producciones influenciados por la forma ortográfica de las palabras. En otro experimento que observa si la duración de las vocales está influenciada por la cantidad de grafemas con los que se representa (una vocal sola o un dígrafo), en una población de 15 hablantes nativos de italiano con una edad media de 16 años, aprendices experimentados de inglés como L2, encuentran que estudiantes más experimentados producen vocales alargadas cuando son representadas con dígrafos y vocales cortas cuando son representadas por una sola letra.

Estos experimentos validan las propuestas que realizan otros autores como Vera (2014) o Flege

(1995) quienes encuentran posibles interferencias de la escritura en las producciones de los aprendices de L2 pero no desarrollan esta idea.

Con respecto a la enseñanza de habilidades fonológicas, Kissling (2015), en su estudio *Phonetics Instruction Improves Learners' Perception of L2 Sounds*, distribuye aleatoriamente en dos grupos una población de 85 aprendices tardíos de español, hablantes nativos de inglés, quienes participan del mismo proceso de enseñanza de español. Uno de estos grupos recibe instrucción fonética formal mientras que el otro no tiene ningún tipo de cambios. Al analizar los resultados de ambos grupos con una técnica de test, re-test, en una prueba identificación de sonidos, se encontró que aquellos quienes recibieron instrucción fonética formal mejoraron sus habilidades de percepción de sonidos con respecto al grupo control.

En definitiva, para considerar integrado el sistema fonológico del inglés, un hablante debe producirlo y comprenderlo de forma adecuada. Para evaluar este aprendizaje se pueden realizar varias pruebas, tanto conductuales como acústicas o fisiológicas con distintos estímulos como palabras, pseudopalabras o pares mínimos. Cabe resaltar también, la influencia que tiene el sistema de escritura sobre la creación de categorías fonológicas.

Dicho lo anterior, surge la necesidad de analizar los procesos fisiológicos relacionados con la creación de categorías fonológicas para inglés como L2 por parte de aprendices tardíos nativos de español, a través de la medición de los cambios acústicos de sus producciones, las fijaciones visuales en pruebas de discriminación auditiva con pares mínimos vocálicos de inglés como estímulos, y la correlación de estas pruebas con pruebas conductuales de percepción, objetivo principal de esta investigación.

2.4. Visiones del aprendizaje fonológico de L2 en la edad adulta

En esta sección se presentan algunos modelos como el “Modelo Imán de la Lengua Materna (NLM)” (Kuhl, 1993), el “Modelo de Aprendizaje del Habla (SLM)” (Flege, 1984, 1991, 1995), el “Modelo de Asimilación Perceptiva (PAM)” (Best, 1995), y el “paradigma del mundo visual” (Tanenhaus et al., 1995).

2.4.1. El Modelo Imán de la Lengua Materna (NLM)

La teoría del NLM, desarrollado por Kuhl (1993), propone que el niño viene al mundo capacitado para establecer diferencias acústicas entre los sonidos, independientemente de si estos pertenecen o no a la lengua materna. En la medida que el niño obtiene estimulación de su entorno próximo, se crean una serie de prototipos que equivalen a los sonidos propios de su lengua materna, este refinamiento ocurre durante el primer año de vida como lo propone Kuhl (2000a, 2000b). Además, plantea seis principios de la teoría con respecto a la adquisición del lenguaje, en su conjunto, estos principios plantean la idea de que lo innato en la lengua son los mecanismos cognitivos que permiten la adquisición del lenguaje.

“(i) infants’ initially parse the basic units of speech allowing them to acquire higher-order units created by their combinations; (ii) the developmental process is not a selectionist one in which innately specified options are selected on the basis of experience; (iii) rather, a perceptual learning process, unrelated to Skinnerian learning, commences with exposure to language, during which infants detect patterns, exploit statistical properties, and are perceptually altered by that experience; (iv) vocal imitation links speech perception and production early, and auditory, visual, and motor information are coregistered for speech categories; (v) adults addressing infants

unconsciously alter their speech to match infants' learning strategies, and this is instrumental in supporting infants' initial mapping of speech; and (vi) the critical period for language is influenced not only by time, but by the neural commitment that results from experience". (Kuhl, 2000^a, p. 11856)

Según esta lógica y respaldados en varios experimentos, Kuhl y Meltzof (1996) argumentan que alrededor del sexto mes el niño empieza a agrupar los sonidos que produce durante sus juegos vocálicos hacia los prototipos de sonidos establecidos para la lengua en la que se desarrolla, imitando de alguna forma la percepción de los sonidos que producen los adultos, como se muestra en la Figura 7. En esta, se ve cómo las producciones vocálicas de tres sonidos /a/, /i/, /u/ de los infantes se vuelven más precisas hacia los 20 meses, a esto se le denomina limitación vocal por Kuhl y Meltzoff (1996). Esta limitación vocal se vuelve más específica en la medida que el niño se vuelve competente en su lengua materna y los mecanismos neuronales y cognitivos se hacen más fuertes. Como consecuencia de esto, se altera la percepción de los sonidos haciendo más difícil la adquisición de sonidos nuevos en la edad adulta, como lo describen Iverson *et al.* (2003).

Específicamente, los sonidos ubicados en las zonas más próximas a un prototipo tienden asimilarse a este, lo que se conoce como efecto del imán perceptivo. Iverson y Kuhl (2000) encuentran una correlación entre los resultados en los potenciales MMN y la habilidad de los oyentes para identificar diferencias de pares mínimos en la segunda lengua, lo que apoya la hipótesis de que, aunque el efecto del imán perceptivo está presente en niveles de procesamiento perceptual bajos, es importante tener en cuenta que la magnitud del efecto del imán perceptivo se relaciona con diferencias individuales en la categorización fonológica.

Figura 7

Zona de acción magnética (Kuhl & Meltzoff, 1996, p. 2431)

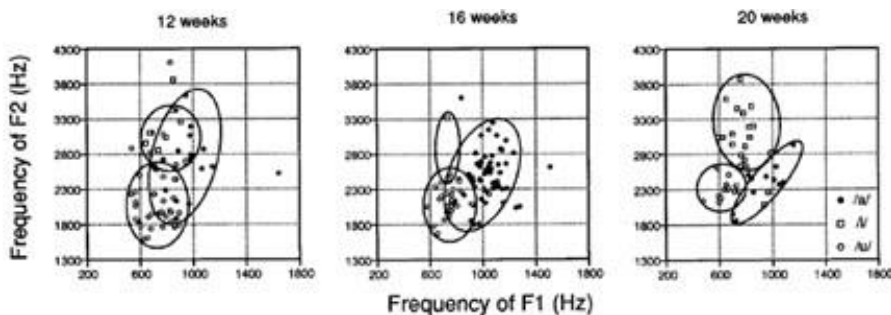


FIG. 3. The /a/-like, /i/-like, and /u/-like vowels produced by 12-, 16-, and 20-week-old infants cast in F1 versus F2 coordinate plots. The closed curves were drawn by visual inspection to enclose 90% or more of the infants' utterances. Infants' vowel categories show greater separation in vowel space as a function of age.

Dentro de este marco, en el año 2008 el modelo imán de la lengua materna (NLM) sufre un cambio general motivado por dos factores, el primero, una reinterpretación de los mecanismos de procesamiento perceptual usados durante el primer año de vida con respecto a la comprensión de los sonidos nativos y los no nativos, y, el segundo, la incorporación de los potenciales evocados en este primer año, que permiten una mejor comprensión del procesamiento de los sonidos que pertenecen a distintas categorías, usando como base la estimulación auditiva por parte de los adultos. Posteriormente, usando estrategias computacionales se establecen patrones cognitivos que instauran prototipos para los sonidos de la L1 del niño.

Cuando se han adquirido los sonidos de la L1 se genera una zona de acción magnética que actúa en forma de imán hacia la cual son atraídos los sonidos cercanos al prototipo. Kuhl *et al.* (2008) encontraron que los niños que a los siete meses reconocen mejor los sonidos de su lengua tendrán un avance más rápido en el desarrollo de su lenguaje, pero, por el contrario, tendrán más dificultades para aprender una nueva lengua en edades posteriores.

Así mismo, unos mejores resultados en el reconocimiento y producción de sonidos de la L1

generan resultados en los PEA más estables. Es por ello que, estos autores proponen el modelo imán de la lengua materna extendido (NLM-e) (ver Figura 8), el cual se desarrolla bajo los siguientes principios:

- (i) Los patrones de distribución y el habla dirigida al infante son agentes de cambio
- (ii) La exposición al lenguaje produce un compromiso neuronal que afecta el aprendizaje futuro
- (iii) La interacción social influye en el aprendizaje temprano de idiomas a nivel fonético
- (iv) El vínculo percepción-producción se forja en el desarrollo
- (v) La percepción temprana del habla predice el crecimiento del lenguaje
- (vi) Un nuevo experimento: ERP para contrastes nativos y no nativos como predictores tempranos de lenguaje posterior

Figura 8

Modelo imán de la lengua materna NLM-e (Kuhl et al., 2008, p. 989)

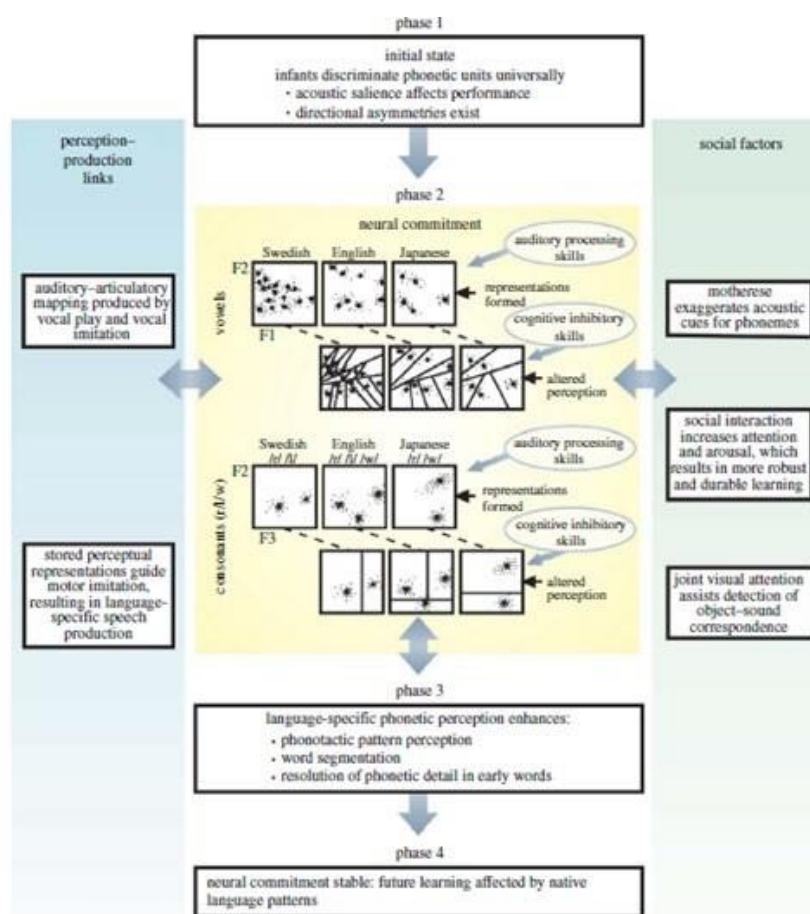


Figure 5. NLM-e is shown in four phases (see text for description). The representations of native language input for vowels and consonants are drawn roughly to reflect existing data for Swedish (Fant 1973; Lacerda in preparation), English (Dalston 1975; Flege et al. 1995; Hillenbrand et al. 1995) and Japanese (Iverson et al. 2003; Lotto et al. 2004).

Finalmente, siguiendo estas ideas y por medio de otras técnicas como la magnetoencefalografía (MEG), Zhang *et al.* (2009) concluyen que con programas de estimulación que siguen el proceso de adquisición natural de los sonidos se pueden lograr mejores aprendizajes de sonidos en una nueva lengua en la edad adulta. Por otra parte, el compromiso neuronal con el aprendizaje previo también influye en el aprendizaje de los nuevos sonidos.

2.4.2. Modelo de Aprendizaje del Habla (SLM):

Flege (1984), luego de evaluar la detección del acento extranjero en una población de hablantes

de experimentados de inglés como L2 nativos de italiano, encontró que, en comparación con un grupo de hablantes nativos de inglés, los no nativos presentan más dificultades en este tipo de tareas. Para explicar la causa de esta diferencia, Flege plantea que los prototipos de sonidos creados para la L1 están influenciando la percepción de la L2. Posteriormente en 1991, encontró que los hablantes nativos de español experimentados en inglés pueden clasificar vocales del inglés como fuera de su sistema vocálico en una mayor cantidad y con mayor precisión que los hablantes monolingües de español (Flege, 1991).

Con antecedentes similares a estos, en 1995 Flege desarrolla el modelo de aprendizaje de habla (SLM), el cual se basa en cuatro proposiciones y siete hipótesis, estas hipótesis intentan describir la relación entre la fonología de L1 y la de L2, si están al mismo nivel o no, la forma en como L1 influencia L2, qué tanto o en qué aspectos la L1 interfieran en la L2 y las circunstancias que favorecen el desarrollo de la L2.

Los 4 postulados en los que Flege (1995) basa el SLM son:

- P1: Los mecanismos y procesos utilizados en el aprendizaje del sistema de sonido L1, incluida la formación de categorías, permanecen intactos durante toda la vida útil y pueden aplicarse al aprendizaje L2.
- P2: Los aspectos específicos del lenguaje de los sonidos del habla se especifican en representaciones de memoria a largo plazo llamadas categorías fonéticas.
- P3: Las categorías fonéticas establecidas en la infancia para los sonidos L1 evolucionan a lo largo de la vida útil para reflejar las propiedades de todos los fonemas de L1 o L2, identificándolos como la realización de cada categoría.
- P4: Los bilingües se esfuerzan por mantener una relación entre las categorías fonéticas L1 y L2, que existen en un espacio fonológico común.

Las hipótesis en las que Flege (1995) basa el SLM son:

- H1: Los sonidos de la L1 y la L2 están relacionados perceptualmente con otros en un nivel alofónico, es decir, en un nivel fonémico más abstracto.
- H2: Se pueden crear nuevas categorías para sonidos de la L2 que se diferencian fonéticamente de los sonidos de la L1.
- H3: Cuanto más se diferencia un sonido de la L2 de un sonido de la L1, es más probable que las diferencias fonéticas entre estos sonidos sean discriminadas.
- H4: Es menos probable que se produzcan distinciones fonéticas entre los sonidos de la L1 y de la L2 y entre los sonidos de la L2 que no tienen un contraste directo en la L1.
- H5: La formación de categorías para sonidos de L2 puede estar bloqueada por mecanismos de clasificación equivalente. Cuando esto pasa una categoría fonética es usada para procesar perceptualmente la unión entre los sonidos de L1 y L2 (díafonos), eventualmente los díafonos resultarán en otras producciones.
- H6: Las categorías fonéticas establecidas por bilingües para los sonidos de L2 pueden diferir de las establecidas por monolingües. Esto se debe a que las categorías bilingües son de una categoría “defectuosa” de L1 para mantener el contraste entre categorías dentro del espacio fonológico común de L1 y L2, o, a que la representación de los bilingües está basada en diferentes características o pesos de características comparada con las de los monolingües.
- H7: La producción de un sonido eventualmente corresponde a las propiedades almacenadas en la representación de la categoría fonética.

Así pues, en los años siguientes a la creación del modelo, Flege realiza investigaciones que buscan comprobar estas hipótesis. Por ejemplo, en un estudio con hablantes de inglés como L2,

nativos de italiano, se encontró una correlación entre la producción de segmentos nuevos y la percepción de estos en tareas de discriminación (Flege *et al.*, 1999). En años posteriores, Flege identifica que la distancia entre un segmento del japonés y uno del inglés puede facilitar la creación de una categoría para ese sonido nuevo por parte de aprendices de inglés nativos de japonés (Guion *et al.*, 2000; Aoyama *et al.*, 2004). Estos estudios corroboran varias de las hipótesis del SM.

De la misma forma, Flege (2003) logra evidenciar en varios experimentos que no es imposible crear nuevas categorías fonéticas una vez se ha culminado el periodo crítico. Cabe destacar que, este autor ha planteado la necesidad de proponer un modelo que permita analizar más factores que puedan influenciar la creación de categorías fonológicas.

Ya para terminar, nuevamente Flege y MacKay, (2019), intentan explicar la creación de categorías nuevas para vocales del inglés por parte de hablantes nativos de español con base en cuatro hipótesis, *(H1) la hipótesis de restricción de maduración; (H2) la hipótesis del desarrollo cognitivo; (H3) Cambios en las interacciones de L1-L2, y, (H4) Diferencias de entrada entre aprendices tempranos y tardíos.* Encontrando más efectivas las hipótesis tres y cuatro.

Es así como, concluyen que la calidad del estímulo proporcionado por el entorno cuando se aprende una segunda lengua sin instrucción formal no influye tanto como la cantidad de exposición (Flege & Wayland, 2019).

2.4.3. Modelo de Asimilación Perceptiva (PAM)

Para comprender el siguiente modelo, es necesario señalar que un niño nace conociendo las estructuras fonológicas, pero olvida aquellas que no le son útiles (Best, 1991). Los aprendices de L2 tienden a asimilar los nuevos sonidos a los de su L1, categorizándolos dentro de esta

según su similitud. So y Best (2011) afirman que la experiencia lingüística tiene efectos en los dominios segmentales y suprasegmentales. Es por ello que, este modelo establece varias predicciones relacionadas con los contrastes de L2:

- La discriminación de los sonidos es óptima cuando cada fonema de L2 se asimila a categorías diferentes de L1.
- La discriminación varía entre moderada y buena cuando dos sonidos de L2 se asimilan a la misma categoría, aunque difieran en el grado en que se desvían del ejemplo nativo ideal.
- La discriminación es pobre cuando dos sonidos de L2 se asimilan a la misma categoría en L1, pero se alejan del ideal nativo.
- La discriminación varía de pobre a buena cuando los contrastes de L2 se encuentran dentro del mismo espacio fonético pero fuera de las categorías nativas. En este caso, el éxito en la discriminación depende de la similitud de los sonidos de la L2 respecto a las categorías de L1.
- La discriminación debería ser buena cuando un sonido par de L2 se asimila a una categoría de L1, pero el otro sonido del mismo par no puede asimilarse a ninguna categoría de L1.
- La discriminación debería ser buena o muy buena cuando ambos sonidos de L2 son percibidos como sonidos no lingüísticos por lo que recaen fuera de la esfera del habla y no pueden asimilarse a ningún sonido de L1.

Dicho lo anterior, el PAM guarda algunas similitudes con el SLM, como lo reconoce Best y Tyler (2007), quienes anotan que en ambos modelos la percepción de un segmento en una lengua nueva está influenciada por la similitud o diferencia que posee con los segmentos de la lengua

materna. Posteriormente, So y Best (2011) encontraron que oyentes novatos de mandarín, cantonés, japonés e inglés canadiense, luego de una instrucción pequeña, tuvieron confusiones basadas en la similitud que tuviera el sonido con respecto a su L1 y no basadas en diferencias tonales, hallazgos que concuerdan con las investigaciones de Flege.

Aunque, ambos modelos coinciden en que la producción y la percepción de un segmento están estrechamente relacionadas, en el PAM, Best defiende que la posición de los órganos articuladores participa en la percepción de los sonidos. Así mismo, observó que, en algunas oclusivas del Zulu ante modelamientos visuales, se logra una mejor identificación de estos fonemas. Esta situación no está contemplada en el SML que observa la relación entre la percepción y la producción unidireccionalmente con la percepción influyendo en la producción (Best & Hallé, 2010).

A pesar de, que el modelo es concebido inicialmente para la creación de categorías fonológicas durante la adquisición de la lengua materna, algunos de estos principios se llevan al aprendizaje de L2 en la edad adulta, por ejemplo, Best *et al.* (2016) observaron el avance en el desarrollo fonológico de niños entre los seis y los doce meses, encontrando que existe una serie de pequeñas constricciones en los órganos articuladores que guardan una relación con los movimientos de la articulación adulta y que sirven al niño de retroalimentación, es decir, influyen en la percepción de los sonidos. Así mismo, Bundgaard- Nielsen *et al.* (2010) se encuentran con un principio similar y es que en la edad adulta puede haber un proceso de reorganización fonológica, además de, observar la relación existente entre la creación de categorías fonológicas con el tamaño del vocabulario.

2.4.4. El paradigma del mundo visual

Tanenhaus y su equipo en 1995 establecen las bases para el ahora llamado *paradigma del mundo*

visual en su artículo *Integration of visual and linguistic information in spoken language comprehension*. Este paradigma parte del supuesto de que el procesamiento lingüístico puede ser observado mediante los cambios en el foco de atención visual. Para esto, se pueden diseñar varias tareas experimentales en las cuales la persona debe tomar decisiones sobre una serie de elementos visuales basado en estímulos auditivos.

Inicialmente, este paradigma es utilizado en investigaciones de habilidades léxicas, pero en la actualidad, la medición de las respuestas visuales está cobrando fuerza en el campo de los estudios en fonética experimental como lo reconoce Speer en el 2012 y lo demuestran los estudios de Trecca *et al.* (2018) y Wiener *et. al.* (2021), que utilizan el paradigma del mundo visual para evaluar diferentes aspectos de la fonología del danés y el mandarín respectivamente. Además, Desmeules-Trudel (2018) en su tesis doctoral estudia el aprendizaje de algunos aspectos fonológicos del francés como segunda lengua utilizando el paradigma del mundo visual para observar este fenómeno.

Es por esto que, el paradigma del mundo visual representa una posibilidad de aumentar la precisión y validez de las mediciones para los experimentos en el campo de la fonología, siendo esto de utilidad y aplicabilidad para el caso de la presente investigación, aportando desde la creación de categorías fonológicas por hablantes de inglés como L2.

En síntesis, durante esta sección se explicaron algunos modelos que explican el proceso de creación de categorías fonológicas para L2 y cómo el Eye Tracking puede ser utilizado para integrar el procesamiento visual con varios sentidos, por ejemplo, el procesamiento auditivo; información necesaria para el desarrollo de esta investigación.

Concretizando, el “Modelo Imán de la Lengua Materna (NLM)” de Kuhl (1993) plantea que a medida que se estimula un sonido se genera una zona hacia la cual se atraen los sonidos cercanos

para interpretarlos. Así mismo, el “Modelo de Aprendizaje del Habla (SLM)” de Flege (1984, 1991, 1995) propone que el aprendizaje de un sonido de una nueva lengua está influenciado por su relación con los de la L1. Por otro lado, el “Modelo de Asimilación Perceptiva (PAM)” de Best (1995) argumenta que el niño desecha las estructuras que no le son útiles en su lengua, siendo la causa principal de la dificultad para adquirir categorías nuevas en la edad adulta. Por último, este apartado finaliza explicando cómo el uso de Eye Tracking representa una visión del problema desde un punto de vista más objetivo, ya que mide el procesamiento fisiológico con mayor precisión que las pruebas conductuales.

3. Planteamiento del problema

Los estudiantes de inglés como segunda lengua deben aprender todos los componentes del lenguaje. De estos, el que representa una mayor dificultad es el componente fonológico, por ejemplo, los hablantes nativos de español cuyo sistema fonológico tiene cinco vocales (/a/, /e/, /i/, /o/ y /u/), deben adaptarlo al sistema del inglés el cual cuenta con doce vocales (/i:/, /ɪ/, /u:/, /ʊ/, /e/, /ə/, /ɜ:/, /ɔ:/, /æ/, /ʌ/, /ɒ/ y /ɑ:/) (Bassetti & Atkinson, 2015) y sus diferencias de producción.

Los segmentos analizados en esta investigación existen como pares mínimos en las diferentes variaciones de inglés, esto implica que los hablantes de español deben establecer los sonidos /i/, /ɪ/ como categorías fonológicas diferentes para ser considerados competentes en la nueva lengua. Los requisitos para que un sonido pueda ser considerado como parte del sistema fonológico de un hablante son una competencia por parte del hablante tanto en su percepción como en su producción, lo cual conlleva a realizar modificaciones a nivel del procesamiento de la señal acústica y de los patrones de movimiento de los órganos fonoarticuladores (OFA).

De estos dos aspectos, el que supone una mayor dificultad al momento de su enseñanza y de ser evaluado es el de la percepción como lo argumenta Díaz *et al.* (2016), debido a las modificaciones cognitivas a nivel de procesamiento que este componente involucra.

Caso contrario ocurre con la producción de la cadena hablada, que, como lo describe Rello (2007) es una exoadaptación de los OFA y en mayor parte supone un aprendizaje motriz.

Es necesario recordar que estas dos habilidades están estrechamente interconectadas, como lo propone Flege (1995), quien afirma que para que un hablante produzca un sonido de la L2 de forma apropiada, es necesario que lo perciba de forma adecuada.

Como se muestra en Susanibar, Dioses y Huamaní (2013), la adquisición de los fonemas para el español por parte de los hablantes nativos se da en función de la dificultad articulatoria de estos,

teniendo así a las vocales, que presentan una menor dificultad, al estar entre los primeros fonemas en ser integrados y, a las vibrantes, como los últimos, resaltando que el niño debe interpretarlos de forma adecuada antes de producirlos. Cuando se dan las dos condiciones, una adecuada percepción y una producción correcta, se considera que el sonido hace parte de su sistema fonológico.

Cuando se enseña una nueva lengua en la edad adulta, estos principios rigen de la misma forma: cuando la persona es capaz de percibir apropiadamente un sonido lo podrá producir de forma efectiva, como lo asegura Flege (1995).

Ahora bien, para los aprendices de inglés nativos del español, supone un gran reto crear categorías nuevas para los segmentos vocálicos, ya que en el sistema fonológico de inglés existen doce vocales, mientras que en el sistema fonológico del español solamente existen cinco. Además, las vocales no representan puntos fijos de articulación, sino que representan una división del espacio vocálico; así, los hablantes nativos de español suelen asimilar algunas vocales del inglés a las del español, como lo demuestra Vera (2014) en su estudio “Fenómenos de reducción vocálica por hablantes colombianos de inglés como L2: un estudio acústico”. En este estudio se comparó la percepción y la producción de la vocal inglesa Schwa /ə/ de un grupo de diez hablantes bilingües nativos de español colombiano e inglés como L2, con un grupo de 5 hablantes de inglés (BrE), encontrando que los hablantes de español tienden a realizar producciones de Schwa /ə/ similares a las vocales del español.

Otro gran reto para los aprendices tardíos de inglés nativos del español es la producción de secuencias consonánticas que no aparecen en su lengua materna, como lo muestran los estudios de Anabalón y Vivanco (2014) y Olsen (2016), quienes encontraron que las secuencias /st/, /sp/ y /sk/ en posición inicial y /nsp/ en posición intermedia del inglés, son más difíciles de aprender

para nativos del español. La percepción de la fonología de una nueva lengua supone un problema mayor que solo aprender sonidos; como lo reconoce Kivistö-de (2015), se debe generar una conciencia fonológica que en sus palabras “es una habilidad para manipular unidades de sonido” (p. 85).

Aunque esta habilidad ha sido estudiada mayormente en procesos de alfabetización, cobra una gran importancia al momento de aprender una nueva lengua porque al tener la capacidad de reconocer cómo los sonidos de la L1 interactúan, será más fácil entender las diferencias que tienen con los sonidos de la L2 y la forma en cómo estos interactúan.

En la investigación existente sobre el aprendizaje de la fonología de una nueva lengua por parte de aprendices adultos se evalúa tanto la precisión de las producciones como la asertividad de la percepción. Generalmente, las producciones se evalúan tomando como referencia las características acústicas de los sonidos, para el caso de las vocales, se suelen tomar como referencia los valores de los formantes F1 y F2 del espectrograma, los cuales están correlacionados con la posición de la lengua en los planos horizontal y vertical respectivamente, y la duración de las vocales en los casos donde el alargamiento de una vocal genera diferencias de significado. Al evaluar los aspectos que componen la percepción, algunos investigadores como Anabalón y Vivanco (2014), Flege (1995), Olsen (2016) o Vera (2014), diseñan experimentos con tareas que requieren la toma de decisiones sobre algunos estímulos. Esto supone varios problemas cuando se piensa en lograr la mayor objetividad posible con el fin de establecer generalidades con respecto al proceso de aprendizaje de la fonología en L2. El problema más evidente es que estas tareas no evalúan exclusivamente el procesamiento fonológico, también requieren de otras habilidades como atención, toma de decisiones y en algunos casos, memoria u otras funciones ejecutivas.

En otros campos de investigación como las ciencias cognitivas se utilizan técnicas e instrumentos que permiten conocer el procesamiento de la información, dentro de estas técnicas se encuentra el Eye Tracking que permite identificar las áreas hacia las cuales una persona dirige su atención.

En este orden ideas, dentro del paradigma del mundo visual se pueden obtener datos más confiables del procesamiento fonológico de L2 mediante el uso de Eye Tracking que usando las pruebas comportamentales que tradicionalmente han sido utilizadas en la investigación de esta área como lo reconoce Desmeules-Trudel (2018) en su tesis doctoral, en la cual utiliza el paradigma del mundo visual para estudiar el procesamiento de las nasalizaciones vocálicas en francés por parte de hablantes nativos de francés y hablantes de francés como L2.

En otros estudios también se reconoce la importancia de la confiabilidad que el Eye Tracking proporciona al momento de la recolección de datos, como ejemplo, el estudio de Wiener, Ito y Speer (2021) quienes estudian el aprendizaje natural de variaciones tonales en una lengua inventada y concluyen que los aprendices realizan predicciones sobre la ocurrencia del tono aun sin una instrucción formal. Así mismo, el estudio de Trecca, Bleses, Madsen y Christiansen (2018), quienes investigan la dificultad de adquisición de vocabulario novedoso en danés en niños de 24 a 35 meses en relación con la complejidad del contexto fonético y, concluyen que en algunos contextos más ambiguos se generan mayores dificultades para la adquisición de nuevo vocabulario. En ambas investigaciones cobra importancia el paradigma del mundo visual.

En este sentido, esta investigación busca integrar una metodología que analiza la formación de categorías fonológicas por parte de aprendices adultos, sin los sesgos que históricamente ha tenido este análisis, como el de las variables actitudinales de los evaluados en el estudio de Flege (1995) quien evaluó la percepción con tareas que requieren atención consciente. Para el caso de habilidades perceptuales se plantea el uso de Eye Tracking con el paradigma del mundo visual que ha mostrado gran utilidad en los estudios de adquisición fonética. En cuanto a la

producción, se propone realizar análisis acústicos con el software PRAAT como en la investigación de Vera (2014), entre otras, ya que es una forma objetiva de abordar esta habilidad. Adicionalmente, se propone valorar la interferencia que puede tener la lectura en la creación de estas categorías, como lo deja entrever nuevamente el estudio de Vera (2014) y lo reafirman Bassetti y Atkinson (2015), quienes encuentran relaciones entre la escritura de algunas palabras y su pronunciación por parte de aprendices tardíos.

Por estas razones, se plantea como pregunta de investigación ¿Qué relación existe entre las características de las fijaciones visuales en pruebas de discriminación auditiva, las características acústicas de las producciones y los resultados de pruebas conductuales de discriminación por parte de aprendices tardíos de inglés, nativos de español que explican los procesos fisiológicos implicados en la creación de categorías fonológicas para L2?

4. Preguntas de investigación

4.1. *Pregunta principal*

¿Qué relación existe entre las características de las fijaciones visuales en pruebas de discriminación auditiva, las características acústicas de las producciones y los resultados de pruebas conductuales de discriminación por parte de aprendices tardíos de inglés, nativos de español que explican los procesos fisiológicos implicados en la creación de categorías fonológicas para L2?

4.2. *Preguntas específicas*

- ¿Qué diferencias puede haber entre las características acústicas de las vocales en inglés producidas por los aprendices tardíos nativos del español, con respecto a las características acústicas de las vocales producidas por hablantes nativos de inglés, para considerarlas parte del nuevo sistema fonológico?
- ¿Cuál es la correlación entre la dirección de las fijaciones y la respuesta en pruebas de discriminación auditiva por parte de aprendices tardíos de inglés, nativos de español, ante estímulos con pares mínimos vocálicos en inglés que se puede atribuir al nuevo sistema fonológico?
- ¿Cuál es la duración de las fijaciones y cómo se relaciona con las respuestas de pruebas de discriminación auditiva por parte de aprendices tardíos de inglés, nativos de español, ante estímulos con pares mínimos vocálicos en inglés para considerar que estos hacen parte del nuevo sistema fonológico?
- ¿Se pueden establecer correlaciones entre los datos acústicos, conductuales de percepción y fisiológicos de fijación visual asociados al proceso de adquisición de las distinciones fonológicas de los fonemas vocálicos de inglés como L2?

5. Objetivos de investigación

5.1. *Objetivo principal*

Analizar los procesos fisiológicos relacionados con la creación de categorías fonológicas para inglés como L2 por parte de aprendices tardíos nativos de español, a través de la medición de los cambios acústicos de sus producciones, las fijaciones visuales en pruebas de discriminación auditiva con pares mínimos vocálicos de inglés como estímulos, y la correlación de estas pruebas con pruebas conductuales de percepción.

5.2. *Objetivos específicos*

- Determinar las diferencias acústicas de las vocales producidas por los aprendices tardíos de inglés, nativos de español, en producciones de pares mínimos de inglés.
- Establecer la dirección de las fijaciones en respuesta a pruebas de discriminación auditiva de pares mínimos en inglés, de aprendices tardíos nativos de español, que han creado nuevas categorías de sonidos para L2.
- Identificar los valores normales de la duración de las fijaciones en respuesta a pruebas de discriminación auditiva de pares mínimos en inglés, de aprendices tardíos nativos de español, que han creado nuevas categorías de sonidos para L2.
- Establecer correlaciones entre los resultados de las pruebas acústicas, las pruebas conductuales de percepción y las pruebas fisiológicas que se asocian al proceso de adquisición de las distinciones fonológicas de los fonemas vocálicos de inglés como L2.

6. Hipótesis

6.1. *Hipótesis principal*

Existe una correlación entre las características de las fijaciones visuales, las características acústicas de las producciones vocálicas y los resultados en pruebas conductuales que explica los procesos fisiológicos relacionados con la creación de categorías fonológicas para inglés como L2 por parte de aprendices tardíos nativos de español.

6.2. *Hipótesis secundarias*

- Existen diferencias acústicas estadísticamente significativas entre pares mínimos vocálicos de inglés producidas por los aprendices tardíos de inglés nativos de español.
- Existe una mayor cantidad de fijaciones que se dirigen hacia el estímulo visual que coincide con el estímulo presentado por la vía auditiva en respuesta a tareas de identificación de pares mínimos en inglés por parte de los aprendices tardíos nativos de español que han creado nuevas categorías de sonidos para L2.
- Existe mayor duración de las fijaciones en el estímulo visual que coincide con el estímulo presentado por la vía auditiva en respuesta a tareas de identificación de pares mínimos en inglés de aprendices tardíos nativos de español que han creado nuevas categorías de sonidos para L2.
- Existe una correlación entre los resultados de las pruebas acústicas, las pruebas conductuales de percepción y las pruebas fisiológicas de fijación visual asociados al proceso de adquisición de las distinciones fonológicas de los fonemas vocálicos de inglés como L2.

6.3 Consideraciones finales sobre la creación de nuevas categorías fonológicas en L2

Durante este capítulo, se exploran diferentes conceptos, investigaciones y teorías que establecen el nicho de esta investigación en el análisis de los procesos fisiológicos y mentales relacionados con la creación de categorías fonológicas para una nueva lengua por parte de aprendices tardíos. Se muestra evidencia sobre los hallazgos en este tema, los cuales dan cuenta de una disminución, aunque no una pérdida definitiva, en la capacidad de crear categorías fonológicas, a medida que un hablante se hace experto en su lengua, aspecto en el que coinciden los modelos NLM, SLM y PAM. Esta disminución corresponde a la maduración, especialización y consecuente aumento en la rigidez de las estructuras anatómicas y los procesos cognitivos implicados en las habilidades lingüísticas que pueden ser observadas mediante la técnica de Eye Tracking en correlación con análisis acústicos de las producciones de hablantes tardíos de inglés como L2 y los resultados en pruebas conductuales pueden dar luces sobre la creación de categorías fonológicas para una nueva lengua en la edad adulta.

En conclusión, existen antecedentes investigativos que hacen posible proponer la hipótesis principal de esta investigación y es precisamente que existe una correlación entre las características de las fijaciones visuales, las características acústicas de las producciones vocálicas y los resultados en pruebas conductuales que explica los procesos fisiológicos relacionados con la creación de categorías fonológicas para inglés como L2 por parte de aprendices tardíos nativos de español.

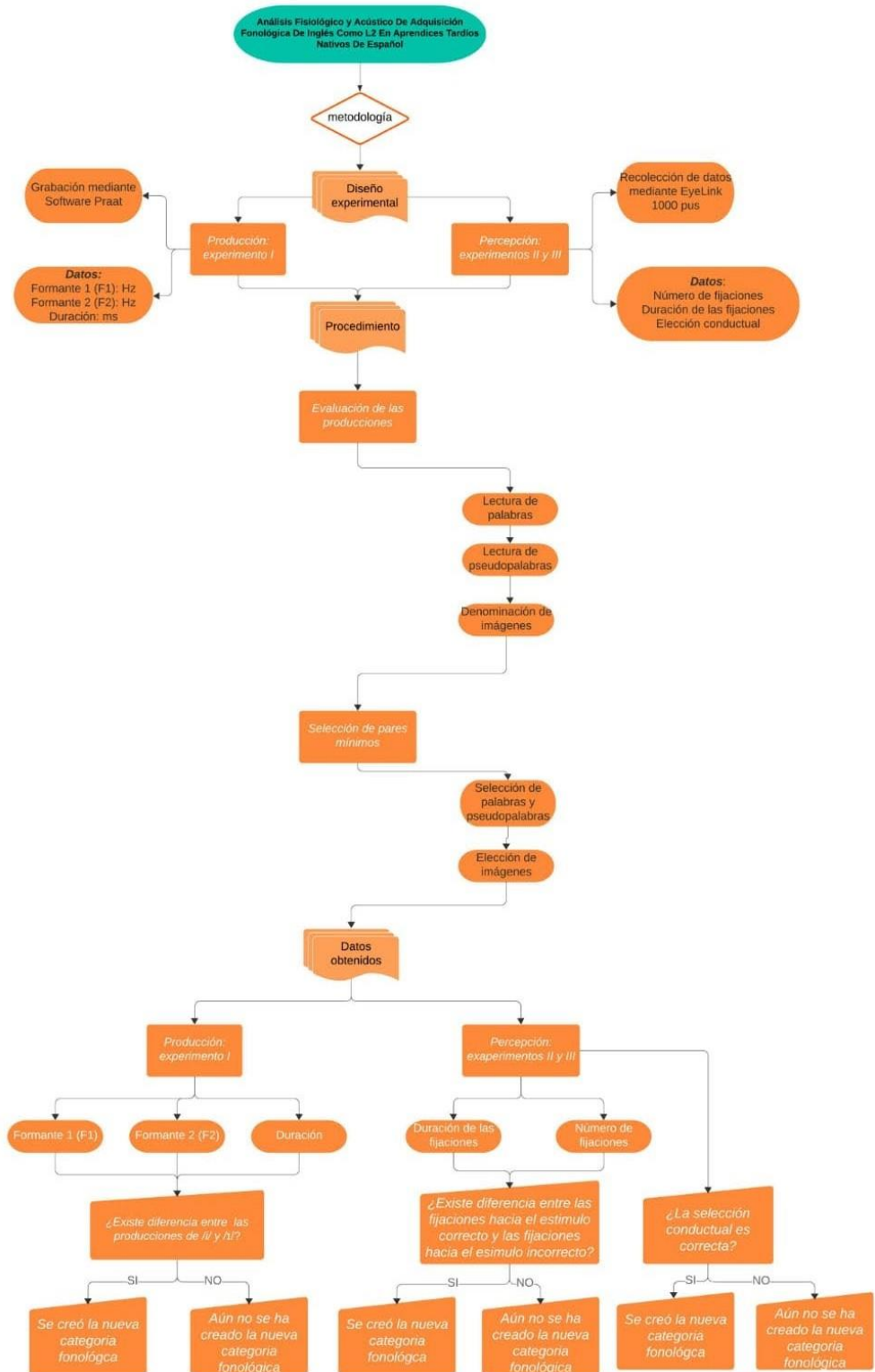
7. Metodología

El objetivo principal de la presente investigación es analizar los procesos fisiológicos relacionados con la creación de categorías fonológicas para inglés como L2 por parte de aprendices tardíos nativos de español, a través de la medición de los cambios acústicos de sus producciones, las fijaciones visuales en pruebas de discriminación auditiva con pares mínimos vocálicos de inglés como estímulos, y la correlación de estas pruebas con pruebas conductuales de percepción. Para abordarlo, la investigación se enmarca en el paradigma cuantitativo, con un diseño experimental que permite un análisis y comparación de los datos obtenidos a través de las distintas pruebas. Además, para el análisis de la percepción se sigue la lógica del paradigma del mundo visual, metodología que integra el procesamiento visual con diferentes sentidos y que ha mostrado ser efectiva en el estudio de diferentes aspectos del lenguaje.

Con este diseño se reducen las posibilidades de que factores externos influyan en los resultados y permite la integración de varios métodos para la recolección de datos, lo que posibilita una visión más completa del proceso de creación de categorías fonéticas para un sonido de L2 en la edad adulta. En la Figura 9, se presenta el procedimiento realizado para la recolección y el análisis de los datos tanto de las pruebas de percepción como de producción.

Figura 9

Procedimiento para la obtención y análisis de los datos



7.1. Población

Se evalúan diez personas con edades comprendidas entre los 18 y 30 años, seis mujeres y cuatro hombres, etapa del ciclo vital que corresponde con la adultez joven, en la cual se ha completado el desarrollo neuronal, hablantes de inglés L2, nativos de español, quienes aprendieron inglés después de los 12 años y reportan tener un nivel de B1 o superior. Ninguno de los participantes reportó tener desordenes del lenguaje, del aprendizaje o la audición. En el caso de los participantes que son usuarios de ayudas visuales, se permitió su participación siempre que el sistema de Eye Tracking permitiera el reconocimiento de la pupila.

7.2. Instrumentos de recolección

7.2.1. Software para el análisis acústico PRAAT

El software para el análisis acústico PRAAT, versión 5.3.43 (Boersma & Weenink, 2018) permite grabar, medir y graficar las características acústicas de los hablantes en un determinado punto o segmento en el tiempo de una producción. También es posible segmentar una producción por sílabas o por sonidos de acuerdo a la necesidad.

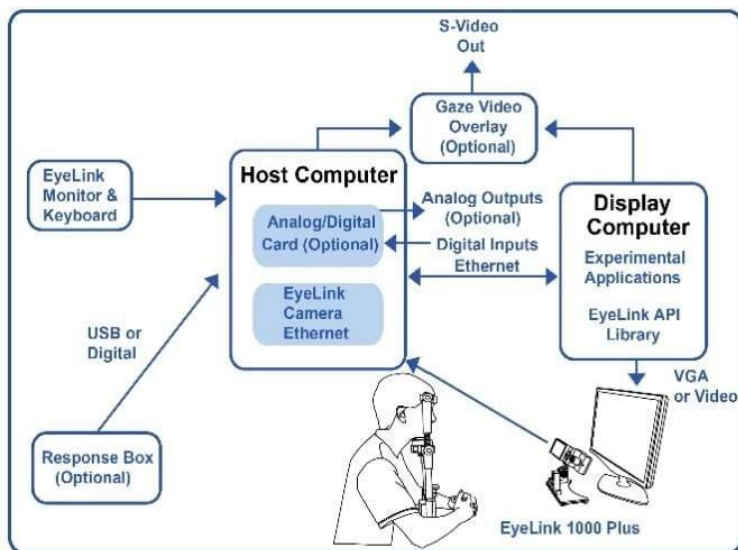
Durante el experimento I se realizaron las grabaciones con el software PRAAT utilizando el micrófono de la grabadora Zoom H5, ubicado de frente, a una distancia de 60 cm de la boca de cada participante. Además, este software permite realizar varios tipos de modificaciones a las grabaciones, de esta forma es posible crear los estímulos para los experimentos II y III. Estos estímulos fueron producidos por un hablante experto de inglés, de género femenino, quien posee entrenamiento en fonética.

7.2.2. EyeLink 1000 plus

Este cuenta con un software integrado a una cámara que registra los movimientos oculares, la fijación de la mirada y cantidad de fijaciones realizadas en un área previamente determinada, como se muestra en la Figura 10. El participante se ubicó a una distancia determinada de la pantalla de presentación de los estímulos, un metro para el caso de esta investigación; en la mitad de ambos se encontraba la cámara encargada de grabar los movimientos oculares y el participante tuvo acceso al teclado para responder a la instrucción. Por otra parte, el investigador realizó la recolección de las grabaciones oculares realizadas por la cámara y controló la presentación de los experimentos desde otro computador denominado Host PC.

Figura 10

Configuración típica de EyeLink 1000 plus con un soporte de escritorio, tomado de(SR Research Ltd, 2005)



7.3. Experimentos

Para la recolección de los datos, se diseñaron tres experimentos que permitieron un análisis

acústico, comportamental y fisiológico de pares mínimos con los segmentos vocálicos /i/ y /ɪ/ en inglés. Estos segmentos han sido estudiados anteriormente por Morrison (2006; 2008; 2009).

En el experimento uno se evaluó la producción para cumplir el objetivo de determinar las diferencias acústicas de las vocales producidas por los aprendices tardíos de inglés, nativos de español frente a las producidas por los hablantes nativos de inglés. En los experimentos dos y tres se evaluó la percepción. Con esto se dio cumplimiento a los objetivos de establecer la dirección de las fijaciones en respuesta a pruebas de discriminación auditiva de pares mínimos en inglés, de aprendices tardíos nativos de español, que han creado nuevas categorías de sonidos para L2 y de identificar los valores normales de la duración de las fijaciones en respuesta a pruebas de discriminación auditiva de pares mínimos en inglés, de aprendices tardíos nativos de español, que han creado nuevas categorías de sonidos para L2.

7.3.1. Experimento I: producción

Este experimento constó de tres pruebas que midieron las producciones de los hablantes ante diferentes tareas. Estas producciones fueron analizadas mediante el software para el análisis acústico PRAAT (Boersma & Weenink, 2018), tomando como referencia los formantes F1, F2 medidos en Hertz (Hz) y la duración, medida en milisegundos (ms), de las vocales objetivo /i/ y /ɪ/.

7.3.1.1. Prueba 1: lectura de pseudopalabras

Esta prueba es una adaptación de la prueba usada por Morrison (2006). En esta investigación se evaluaron cuatro pseudopalabras en inglés y tres en español, las cuales, a partir de su forma ortográfica incitaron a la producción de algunos fonemas específicos. Para el inglés las pseudopalabras seleccionadas fueron *BEEPA*, *BIPPA*, *BAYPA* y *BEPPA*, que pretendieron

incitar a las producciones /bɪpə/, /bɪpə/, /bɛpə/ y /bɛpə/ respectivamente. Para el español las palabras seleccionadas fueron *BIPA*, *BEIPA* y *BEPA* que pretendieron incitar /bipa/, /beipa/ y /bepa/ respectivamente. Es importante aclarar que, las diferencias ortográficas en la presentación de los estímulos para cada lengua obedecieron a la estructura alfabética más o menos transparente de cada lengua. Además, el segmento final de cada palabra varió en cada lengua tomando los segmentos con mayor frecuencia de aparición, /ə/ para los estímulos en inglés y /a/ para los estímulos en español debido a su similitud.

Cada estímulo tanto en inglés como en español se presentó en una oración para lograr una producción más natural, para el inglés la oración fue “*the next word is*”, mientras que, para el español la oración fue “*la siguiente palabra es*”, ambas poseen el mismo significado y su segmento final es el mismo para ambas lenguas, lo que evita cualquier tipo de modificaciones al estímulo fuera de las esperadas. En inglés, para incitar la producción esperada, los estímulos se presentaron en grupos de palabras reales que contienen similitudes tanto ortográficas como fonéticas con los estímulos, como se puede ver en la Tabla 1.

Tabla 1

Palabras estímulo Prueba 1 tomado de Morrison (2006)

Sleep	Keep	Meet	Beeper	BEEPA
Bit	Sit	Pick	Zipper	BIPA
Say	Play	Day	Paper	BAYPA
Pet	Neck	Get	Pepper	BEPPA

7.3.1.2. Prueba 2: lectura de pares mínimos

Esta prueba presentó una estructura similar a la de la prueba 1, los estímulos fueron presentados en orden aleatorio dentro de la misma oración, *the next word is*, con el fin de lograr una producción más natural. En este caso solo existieron estímulos en inglés, los cuales corresponden a pares mínimos de palabras con los segmentos /i/ y /ɪ/ como únicos rasgos acústicamente diferentes. Cada respuesta fue grabada y analizada mediante el software para el análisis acústico PRAAT(Boersma & Weenink, 2018). La Tabla 2 presenta los estímulos utilizados en la Prueba 2.

Tabla 2

Pares mínimos /i/ y /ɪ/ en inglés

/i/	Transcripción fonológica	/ɪ/	Transcripción fonológica
Sheep	/ʃi:p/	Ship	/ʃɪp/
Eat	//it/	It	/ɪt/
Heat	/hit/	Hit	/hɪt/
Bean	/bin/	Bin	/bɪn/
Leave	/liv/	Live	/lɪv/

7.3.1.3. Prueba 3: nominación de imágenes

Para esta prueba, se presentaron una serie de imágenes en una pantalla y se le solicitó a cada uno de los participantes decir en voz alta el nombre de cada una. Los estímulos fueron presentados de forma aleatoria individualmente, con un tiempo de presentación para cada estímulo de 30

segundos y un espacio entre cada estímulo de 30 segundos para que el evaluado proporcionara su respuesta. Una vez obtenida la respuesta, el participante podía oprimir un botón para pasar al siguiente estímulo. Cada respuesta fue grabada y analizada mediante el software para el análisis acústico PRAAT (Boersma & Weenink, 2018).

7.3.2. Experimento II: percepción (pruebas conductuales)

Para los experimentos de percepción, un modelo con entrenamiento fonético realizó grabaciones de las palabras y pseudopalabras objetivo mediante el software PRAAT (Boersma & Weenink, 2018), las cuales fueron presentadas a los evaluados. En estas grabaciones se buscaron diferencias en las vocales /i/ y /ɪ/, para esto se tomó como referencia su duración y sus formantes F1 y F2 para lograr diferencias acústicas que permitan establecer diferencias semánticas. Los protocolos para la evaluación conductual de la percepción fueron creados mediante el software PRAAT.

7.3.2.1. Prueba 4: identificación de pares mínimos

La Prueba 4, evaluó la identificación de pares mínimos en inglés eliminando la interferencia ortográfica. Para ello, se presentaron dos imágenes de pares mínimos en una pantalla y se solicitó hacer clic sobre la imagen que corresponde al estímulo auditivo, el cual fue pasado mediante transductores TDH 40, de forma binaural a una intensidad media de 50dB. Al igual que en la Prueba 3, luego de cada estímulo se dio un lapso de 30 segundos para dar una respuesta, el evaluado pudo reproducir una única vez el estímulo.

7.3.2.2. Prueba 5: identificación escrita de palabras y pseudopalabras

En la Prueba 5, se solicitó a los participantes que identificaran una serie de palabras y pseudopalabras en un espacio de la pantalla. Los estímulos se presentaron mediante

transductores TDH 40, de forma binaural a una intensidad media de 50 dB. Luego de cada estímulo se dio un lapso de 30 segundos para dar una respuesta, el evaluado pudo reproducir una única vez el estímulo.

7.3.3 Experimento III: percepción (Análisis fisiológico de fijaciones oculares con Eye Tracking)

El Experimento III consta de dos pruebas que midieron la dirección de las fijaciones y la duración de las fijaciones en cada estímulo con el uso del Eye Tracking. En cada prueba se presentó un estímulo auditivo acompañado de un par de estímulos visuales en una pantalla, el participante debía hacer clic sobre la imagen que consideró que correspondía a la palabra que escuchó.

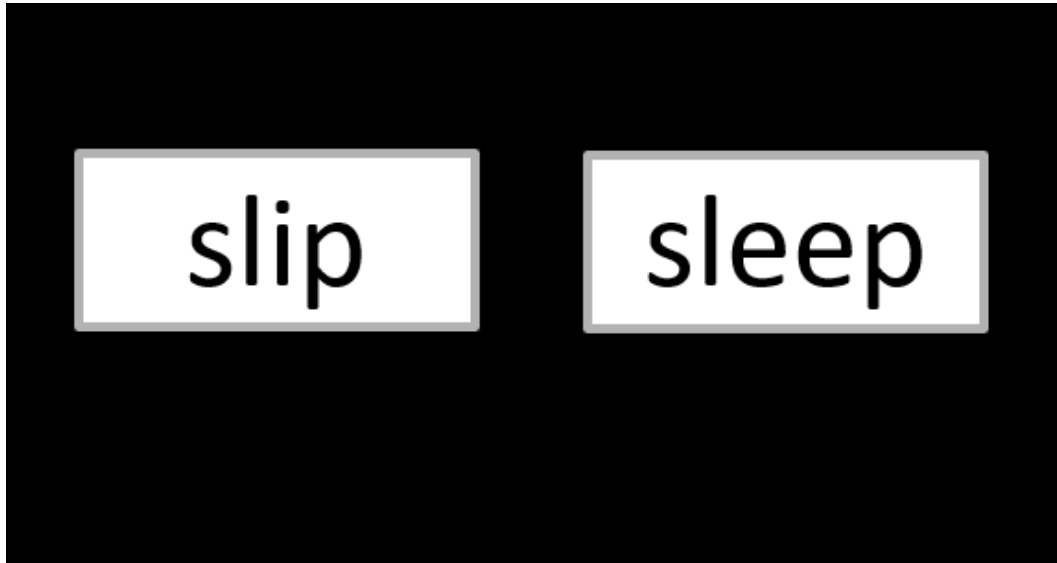
En ambas pruebas de este experimento la variable independiente es el acierto o fallo en la selección del estímulo visual y se miden como variables dependientes la dirección de la mayor cantidad de fijaciones y la duración total de las fijaciones.

7.3.3.1. Prueba 6: pares mínimos de palabras y pseudopalabras

Esta prueba tomó como estímulos pares mínimos de palabras y pseudopalabras, los estímulos visuales son la forma escrita de los estímulos auditivos, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Ejemplo de estímulos pseudopalabras presentadas de forma escrita /slip/ y /sleep/ respectivamente, auditivamente solo se presenta uno de los dos estímulos



7.3.3.2. Prueba 7: pares mínimos de palabras (imágenes)

Para la Prueba 7 se utilizaron estímulos auditivos inmersos en un contexto que es constante para todos y se presentó una pantalla con dos posibles significados a la palabra objetivo. En este caso son imágenes, esto con el fin de disminuir la interferencia gráfica de la forma escrita en el procesamiento de la señal acústica, como se muestra en la Figura 12.

Figura 12

Ejemplo de estímulos pares mínimos vocálicos /bin/ y /bin/ respectivamente, auditivamente solo se presenta uno de los dos estímulos.

**7.4. Procedimiento y datos obtenidos**

Durante este apartado se muestran los procedimientos realizados en conjunto con los datos obtenidos de las sesiones de recolección de datos para los tres experimentos explicados durante la sección anterior.

7.4.1. Datos de producción.

Se realizaron las grabaciones de las Pruebas 1, 2 y 3 mediante el software Praat, para esto, se utiliza el micrófono Zoom H5 ubicado a una distancia de 60 cm de la boca del participante. En las pruebas uno y dos, cada estímulo se presentó tres veces, mientras que, en la prueba tres, el estímulo fue presentado una única vez. Posteriormente, se realizó la segmentación de la grabación utilizando la herramienta Text Grid que permite segmentar las grabaciones en diferentes niveles y realizar anotaciones en cada segmento. Para cada vocal se tomó como punto

de inicio del primer paso por cero de la onda en el espectrograma y como punto de finalización el último paso por cero de la onda de la misma vocal. En el nivel de Text Grid se anotó el símbolo de cada vocal /i/o /i/ según la palabra que fue presentada en la pantalla y se excluyeron las palabras que no buscaron generar una producción de los sonidos objetivo. Finalmente, para obtener los datos de los formantes y la duración de cada segmento se utiliza un script. Los datos se presentan en el [Apéndice 1](#).

7.4.2. Análisis de Eye Tracking

Una vez realizadas las Pruebas 4, 5, 6 y 7, el software del EyeLink 1000 plus generó una carpeta con todos los resultados, los cuales se visualizan mediante el software Data Viewer SR Research Ltd. (2017). Este permite generar reportes según las características que sean necesarias para cada área de interés, para este caso se obtuvieron los resultados de la prueba conductual, de la cantidad de las fijaciones en cada área de interés y de la duración total en cada área de interés. Los resultados se pueden observar en el [Apéndice 2](#). En la Tabla 3, se presenta el total de datos obtenidos para cada prueba según el tipo de datos y experimento.

Tabla 3

Número de datos obtenidos en los experimentos

Experimento de producción				Total
	F1 (Hz)	F2 (Hz)	Duración (ms)	
Número de observaciones	876	876	876	2628
Experimento de percepción				
	Duración de las fijaciones (ms)		Número de fijaciones	
Número de observaciones	1240		1240	2480
Total				5108

7.4.1. Análisis estadístico

Con el fin de realizar un análisis que lleve a comprobar las hipótesis que maneja esta investigación, es necesario realizar pruebas de estadística inferencial, las cuales se seleccionan según el tipo de datos que se aspiran a obtener y los reportes de la literatura en estudios similares. Aunque, esta investigación no es, ni pretende ser una réplica de alguna otra, los análisis estadísticos reportados en las investigaciones anteriores son de gran utilidad para lograr conclusiones precisas que permitan el diálogo con las investigaciones en este campo. Además, es necesario realizar análisis cualitativos que permitan correlacionar los resultados obtenidos en las pruebas conductuales y las evaluaciones acústicas y fisiológicas.

Para el análisis de los datos acústicos, se inició con la aplicación de las pruebas de normalidad y asimetría para verificar la distribución de los datos con las pruebas de Shapiro-Wilk Test, la cual evalúa la normalidad en un conjunto de datos mediante una prueba de hipótesis que puede ser descrita de la siguiente manera:

H₀: La distribución es normal $H_0 : X \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$

H₁: La distribución no es normal $H_1 : X \not\sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$.

Igualmente, se realizó el diagnóstico de Pearson para medir la asimetría de los datos basada en el supuesto de que la distribución de los datos tiene una distribución de chi-cuadrado con dos grados de libertad de la siguiente manera: $z_k^2 + z_s^2 \sim \chi^2(2)$

Finalmente, para establecer las relaciones entre las variables se realizaron pruebas Scheirer RayHare Test, Sokal. y Rohlf (1995), que es un tipo de prueba ANOVA de dos factores, la cual permite comparar dos variables independientes, aunque la muestra no tenga una distribución normal (Sokal, 1995).

7.5. Variables del estudio

7.5.1. Variables producción

Como variable independiente en este caso se encuentran las producciones generadas ante estímulos que busquen producciones con la vocal /i/ versus los que buscan producciones con la vocal /i/.

Como variables dependientes se encuentran los valores del formante uno (F1), el formante dos (F2) y la duración.

7.5.2. Variables de percepción

Las variables independientes en el caso de la percepción son el lugar de la fijación (correcta versus incorrecta) y la decisión conductual (acierto versus desacierto). Las variables dependientes en este caso son la cantidad de fijaciones y la duración total de fijaciones.

7.6. Consideraciones éticas

De acuerdo con el artículo 11 de la de la Resolución 008430 de 1993, la presente investigación se cataloga como “investigación de riesgo bajo”, ya que los datos se recogen de forma documental y no se realiza modificación de las condiciones biológicas, fisiológicas o psicológicas de los participantes. De igual forma mediante el consentimiento informado, se garantizó brindar información necesaria acerca de este estudio, poniendo de manifiesto que la investigación no afectará la salud física o psicológica de los participantes, pues el estudio pretende la recolección de datos acústicos de producciones y datos fisiológicos de fijaciones visuales. Así mismo, se garantizó la posibilidad de retractarse de la participación en cualquier momento de la investigación, además de, aclarar que los datos recolectados exclusivamente fueron usados para fines del desarrollo de este estudio. Los datos personales como nombres y demás de los participantes no fueron incluidos en los resultados.

8. Resultados

En este apartado, se presentan los resultados de los análisis estadísticos de acuerdo con los experimentos propuestos para dar respuesta a las preguntas de investigación desarrolladas en el Capítulo dos. Para esto, el capítulo se dividirá en dos secciones, en la primera, se aborda el primer experimento, durante el cual se analiza las características acústicas, F1, F2 medidos en Hz y la duración de la producción medida en milisegundos de las producciones de los segmentos vocálicos /i/ y /ɪ/. En la segunda parte, se presenta el análisis del segundo y tercer experimento, en los cuales se observa la duración de las fijaciones en un estímulo y la cantidad de fijaciones en relación con la lateralidad de la presentación del estímulo correcto e incorrecto, así como, la respuesta conductual.

8.1. Experimento 1

8.1.1 Formante 1

A continuación, se presenta la Tabla 4 con las medidas de tendencia central, en la cual se hace unacomparación de los resultados obtenidos para el formante 1 (F1) de los segmentos /i/ y /ɪ/. Posteriormente, en la Tabla 5 se realiza el análisis de la distribución de los datos separada paracada vocal, mediante las pruebas de Shapiro Wilk y el diagnóstico de Pearson.

Tabla 4*Estadística descriptiva comparación /i/-/ɪ/*

	/i/	/ɪ/
Media	387,0	387,0
Error estándar	3,2	3,5
Mediana	392,0	388,0
Desviación estándar	80,3	72,1
Varianza media	6443,2	5202,8
Kurtosis	1,5	-0,2
Asimetría	0,7	0,2
Rango	548,0	405,0
Máximo	770,0	624,0
Mínimo	222,0	219,0
Sumatoria	183,1	169,1
Conteo	438,0	437,0

Tabla 5*Pruebas de normalidad FI comparación /i/-/ɪ/ Shapiro-Wilk Test*

	/i/	/ɪ/
W-stat	0,97346851	0,9933465
p-value	3,795E-07	0,0509734
Alpha	0,05	0,05
Normal	No	Yes

d'Agostino-Pearson

/i/ /ɪ/.

DA-stat	48,2625019	24,614754
p-value	3,3108E-11	4,5183E-06
Alpha	0,05	0,05
Normal	No	No

8.1.2. Formante 2

A continuación, se presenta la Tabla 6 con las medidas de tendencia central comparadas para el formante dos (F2) de los dos segmentos seleccionados. Posteriormente, en la Tabla 7 se realizó el análisis de la distribución de los datos separada para cada vocal, mediante las pruebas de Shapiro Wilk y el diagnóstico de Pearson.

Tabla 6

Estadística descriptiva F2 comparación /i/-/ɪ/ Estadística descriptiva

/i/ /ɪ/.

Media	2227,16909	2.303
Error estándar	20,2624638	19,4788391
Mediana	2211,81881	2.244
Desviación estándar	424,545765	407,196268
Varianza media	180239,106	165808,801

Kurtosis	1,38920012	1,99356919
Asimetría	-0,68562843	-0,65088001
Rango	2769,26227	3101,70999
Máximo	3236,457	3.594
Mínimo	467,194736	493
Sumatoria	977727,232	1.006.292
Count	439	437

Tabla 7

Pruebas de normalidad F2 comparando /i/-/i/ Shapiro-Wilk Test

/i/ /i/.

W-stat	0,95445786	0,9441070
gp-value	2,1574E-10	9,0613E-12
Alpha	0,05	0,05
Normal	No	No

d'Agostino-Pearson

/i/ /i/.

DA-stat	44,5688563	49,948843
p-value	2,0989E-10	1,4248E-11

Alpha	0,05	0,05
Normal	No	No

8.1.3. Duración

A continuación, se presenta la Tabla 8 con las medidas de tendencia central para la duración comparada de cada segmento. Posteriormente, en la Tabla 9 se realizó el análisis de la distribución de los datos separada para cada vocal, mediante las pruebas de Shapiro Wilk y el diagnóstico de Pearson.

Tabla 8

Estadística descriptiva duración de cada segmento comparando /i/-/i/

/i/

/i/.

Media	152,906208	143,357407
Error estándar	2,60705093	2,55175298
Mediana	146,016	135,655
Desviación Estándar	54,6237831	53,343235
Varianza media	2983,75768	2845,50072
Kurtosis	1,76040809	1,64410538
Asimetría	1,05870176	0,8749146
Rango	355,255	385,286
Máximo	397,192	412,628

Mínimo	41,937	27,342
Sumatoria	67125,8255	62647,187
Count	439	437

Tabla 9

Pruebas de normalidad duración comparando /i/-/i/ Shapiro-Wilk Test

/i/

/i/.

W-stat	0,94270136	0,9616445
p-value	5,5695E-12	2,9288E-09
Alpha	0,05	0,05
Normal	No	No

d'Agostino-Pearson

/i/

/i/.

DA-stat	79,0206615	62,250216
p-value	0	3,042E-14
Alpha	0,05	0,05
Normal	No	No

8.1.4. Análisis de la interacción entre las características acústicas y el sonido objetivo

Como ya se determinó en la sección anterior, los datos no tienen una distribución normal. Bajo los supuestos de la prueba ANOVA de dos factores o de dos vías también conocida como Scheirer Ray Hare Test (Sokal. y Rohlf. 1995) es posible analizar la relación entre las variables de las características acústicas de los dos segmentos vocálicos. La prueba de Scheirer Ray Hare Test contempla cuatro hipótesis en relación con las variables, la primera, establece la relación de las otras tres hipótesis, la dos y la tres, establecen diferencias de cada una de las variables, y, la cuarta, establece la relación entre las siguientes dos variables.

Hipótesis global.

H0: no hay efectos significativos de ninguno de los factores ni de su interacción

H1: hay efectos o interacción entre los factores

Hipótesis del primer factor (características acústicas)

H0: no hay efecto significativo en las características acústicas producidas por los hablantes

H1: hay efecto en las características acústicas producidas por los hablantes

Hipótesis del segundo factor (segmento vocálico)

H0: no hay efecto significativo en el segmento vocálico producido por los hablantes

H1: hay efecto en el segmento vocálico producido por los hablantes

Hipótesis de la interacción

H0: no hay interacción significativa entre las características acústicas y el segmento vocálico producido por los hablantes

H1: hay efecto en el factor entre las características acústicas y el segmento vocálico producido por los hablantes

Tabla 10*Estadística descriptiva de la producción comparando /i/-/I/*

CONTEO			
	i	I	
F1	439	435	874
F2	436	437	873
	875	872	1747
MEDIA			
	i	I	
F1	393,32574	482,77931	438,052525
F2	1337,98394	1283,38215	1310,68305
	865,654843	883,080731	874,367787
VARIANZA			
	i	I	
F1	62799,0421	61321,0756	63995,0914
F2	58857,4273	67637,3284	63926,0736
	284112,815	224836,782	254479,667

Tabla 11

Scheirer Ray Hare Test, de dos factores comparando las características acústicas con la producción de /i/-/ɪ/

Scheirer Ray Hare Test

ANOVA				Alpha	0,05	
	SS	Df	MS	H	p-value	sig
Rows	332768521	1		1307,64287	2,468E-286	yes
Columns	132851,939	1		0,52205326	0,46996713	no
Inter	1650810,81	1		6,48700477	0,01086659	yes
Within	109769315	1743				
Total	444321498	1746	254479,667			

En la Tabla 11, se evidencia una diferencia significativa entre las características acústicas, pero no entre los dos segmentos vocálicos analizados. De la misma forma, existe una interacción significativa entre las características acústicas y los segmentos vocálicos producidos por los hablantes. En el [Apéndice 3](#), se observan las pruebas estadísticas por cada participante, las cuales permiten obtener una comprensión más clara de la interacción entre la producción y la percepción de cada sonido.

8.2. Experimento 2 y 3

Para realizar el análisis de la percepción de los sonidos, se decidió comparar la duración de las fijaciones y la cantidad de fijaciones con la dirección de presentación del estímulo correcto y los aciertos de la prueba conductual.

8.2.1 Duración de la fijación

A continuación, se presenta la Tabla 12 con las medidas de tendencia central comparando la duración total de las fijaciones respecto a la dirección correcta o incorrecta de los estímulos visuales. Posteriormente, en la Tabla 13 se realizó el análisis de la distribución de los datos separada para la lateralidad del estímulo visual, mediante las pruebas de Shapiro Wilk y el diagnóstico de Pearson.

Tabla 12

Estadística descriptiva de la duración de las fijaciones

	<i>Correcta</i>	<i>Incorrecta</i>
Media	908,496774	884,998387
Error estándar	32,8417133	55,5842892
Mediana	684	609
Desviación estándar	817,752066	1384,03764
Varianza media	668718,441	1915560,19
Kurtosis	7,01660818	239,266295
Asimetría	2,27682959	12,7816217
Rango	5566	28000
Máximo	5566	28000
Mínimo	0	0
Sumatoria	563268	548699
Count	620	620

Tabla 13

Pruebas normalidad duración de las fijaciones Shapiro-Wilk Test

	<i>Correcta</i>	<i>Incorrecta</i>
W-stat	0,79117333	0,3994590
p-value	0	0
Alpha	0,05	0,05
Normal	No	No

d'Agostino-Pearson

	<i>Correcta</i>	<i>Incorrecta</i>
DA-stat	314,970851	1172,2482
p-value	0	0
Alpha	0,05	0,05
normal	No	No

8.2.2 Cantidad de las fijaciones

A continuación, se presenta la Tabla 14 con las medidas de tendencia central comparando la dirección de las fijaciones respecto a la dirección correcta o incorrecta de los estímulos visuales. Posteriormente, en la Tabla 15 se realizó el análisis de la distribución de los datos separada el número de fijaciones, mediante las pruebas de Shapiro Wilk y el diagnóstico de Pearson.

Tabla 14*Estadística descriptiva cantidad de las fijaciones*

	<i>Correcta</i>	<i>Incorrecta</i>
Media	3,62903226	3,51290323
Error estándar	0,11492279	0,12668065
Mediana	3	3
Desviación estándar	2,86155437	3,15432282
Varianza media	8,18849341	9,94975246
Kurtosis	7,49910791	9,32989795
Asimetría	2,28923266	2,50869575
Rango	20	24
Máximo	20	24
Mínimo	0	0
Sumatoria	2250	2178
Count	620	620

Tabla 15*Pruebas de normalidad cantidad de las fijaciones Shapiro-Wilk Test*

	<i>Correcta</i>	<i>Incorrecta</i>
W-stat	0,79020655	0,77363834
p-value	0	0
Alpha	0,05	0,05
Normal	No	No

d'Agostino-Pearson

Correcta *Incorrecta*

DA-stat	320,577862	357,605918
p-value	0	0
Alpha	0,05	0,05
Normal	No	No

Como se observa en las tablas anteriores, en ninguno de los dos casos se puede considerar que los datos tienen una distribución normal. Bajo los supuestos de la prueba Scheirer Ray Hare Test, es posible analizar la relación entre las variables de las características acústicas de los dos segmentos vocálicos. La prueba de Scheirer Ray Hare Test contempla cuatro hipótesis en relación con las variables, la primera, establece la relación de las otras tres hipótesis, la dos y la tres, establecen diferencias de cada una de las variables, y la cuarta, establece la relación entre las siguientes dos variables.

8.2.3. Análisis de la duración de las fijaciones

Hipótesis global.

H0: no hay efectos significativos de ninguno de los factores ni de su interacción.

H1: hay efectos o interacción entre los factores

Hipótesis del primer factor (estímulo correcto)

H0: no hay efecto significativo en la duración de las fijaciones en relación con el estímulo correspondiente al audio presentado.

H1: hay significativo en la duración de las fijaciones en relación con el estímulo correspondiente al audio presentado.

Hipótesis del segundo factor (elección conductual)

H0: no hay efecto significativo en la duración de las fijaciones en relación con la elección de la respuesta conductual

H1: hay efecto significativo en la duración de las fijaciones en relación con la elección de la respuesta conductual

Hipótesis de la interacción

H0: No hay interacción significativa entre la duración de las fijaciones en relación con la posición del estímulo correcto y la elección de la respuesta conductual

H1: hay interacción significativa entre la duración de las fijaciones en relación con la posición del estímulo correcto y la elección de la respuesta conductual

Tabla 16

Scheirer Ray Hare Test, para la duración de las fijaciones

CONTEO			
	Correcto	Incorrecta	
Acierto	477	477	954
Desacierto	143	143	286
	620	620	1240
MEDIA			
	Correcto	Incorrecta	
Acierto	629,196017	572,793501	600,994759
Desacierto	700,15035	670,975524	685,562937
	664,673183	621,884513	643,278848
VARIANZA			
	Correcto	Incorrecta	
Acierto	114974,32	126181,396	121247,479

Desacuerdo	137801,965	155698,455	146448,836
	120920,1	134462,139	128216,635

Tabla 17

Scheirer Ray Hare Test, para la duración de las fijaciones

Scheirer Ray Hare Test

ANOVA				Alpha	0,05	
	<i>SS</i>	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>H</i>	<i>p-value</i>	<i>Sig</i>
Rows	3411397,51	1		26,6065126	2,494E-07	Yes
Columns	567569,799	1		4,42664713	0,03538195	Yes
Inter	-99614877,7	1		-776,926316	No es posible	No es posible
Within	254496321	1236				
Total	158860411	1239	128216,635			

En la Tabla 17, se evidencia una diferencia significativa tanto entre las características acústicas y entre los dos segmentos vocálicos analizados, aunque no se puede determinar una interacción significativa entre las características acústicas y los segmentos vocálicos producidos por los hablantes.

8.2.3. Análisis de la duración de las fijaciones

Hipótesis global.

H0: No hay efectos significativos de ninguno de los factores ni de su interacción.

H1: hay efectos o interacción entre los factores

Hipótesis del primer factor (estímulo correcto)

H0: no hay efecto significativo en la cantidad de fijaciones en relación con el estímulo correspondiente al audio presentado

H1: hay efecto significativo en la cantidad de fijaciones en relación con el estímulo correspondiente al audio presentado

Hipótesis del segundo factor (elección conductual)

H0: no hay efecto significativo en la cantidad de las fijaciones en relación con la elección de la respuesta conductual

H1: hay efecto significativo en la cantidad de fijaciones en relación con la elección de la respuesta conductual

Hipótesis de la interacción

H0: no hay interacción significativa entre la cantidad de fijaciones en relación con la posición del estímulo correcto y la elección de la respuesta conductual

H1: hay interacción significativa entre la cantidad de fijaciones en relación con la posición del estímulo correcto y la elección de la respuesta conductual.

Tabla 18

Estadística descriptiva número de fijaciones

CONTEO			
	Correcto	Incorrecta	
Acierto	477	477	954
Desacierto	143	143	286
	620	620	1240
MEDIA			
	Correcto	Incorrecta	
Acierto	631,567086	584,04717	607,807128

Desacierto	665,041958	660,636364	662,839161
	648,304522	622,341767	635,323144
VARIANZA			
	Correcto	Incorrecta	
Acierto	112527,285	126512,871	119959,792
Desacierto	127041,283	151686,215	138879,623
	115874,204	133125,885	124752,831

Tabla 19

Scheirer Ray Hare Test, para la cantidad de las fijaciones

Scheirer Ray Hare Test

ANOVA	SS	Df	MS	Alpha	0,05	
				<i>H</i>	<i>p-value</i>	<i>Sig</i>
Rows	1444606,26	1		11,5797474	0,00066674	Yes
Columns	208960,045	1		1,67499242	0,19559117	No
Inter	-93542213,3	1		-749,820368	No es posible	No es posible
Within	246457404	1236				
Total	154568757	1239	124752,831			

En la Tabla 19, se evidencia una diferencia significativa entre la cantidad de fijaciones realizadas hacia los estímulos seleccionados comparada con los no seleccionados, pero no existe una diferencia significativa en la cantidad de fijaciones realizadas en los estímulos correctos comparados con los estímulos incorrectos, ni tampoco se puede determinar una interacción significativa entre la cantidad de fijaciones realizadas hacia el estímulo correcto comparada con el estímulo seleccionado.

En el Apéndice 3, se observan y comparan los resultados en las pruebas de percepción y de producción por cada participante. En la Tabla 20 se muestra el resultado conceptualizado por hablante. Los datos estadísticos también se pueden observar en el Apéndice 3.

Tabla 20

Conceptualización de los resultados por participante

	Percepción: duración de las fijaciones		Percepción: número de las fijaciones		Producción
	Lateralidad del estímulo (correcto vs estímulo incorrecto)	Lateralidad de la selección conductual (Acierto vs desacierto)	Lateralidad del estímulo correcto vs estímulo incorrecto	Lateralidad de la selección conductual (Acierto vs desacierto)	
Participante 1	Correcta	Acierto	Correcta	Acierto	No hay diferencias significativas
Participante 2	Incorrecta	Acierto	Correcta	Desacierto	No hay diferencias significativas
Participante 3	Correcta	Acierto	Correcta	Desacierto	No hay diferencias significativas
Participante 4	Incorrecta	Desacierto	Incorrecta	Acierto	No hay diferencias significativas
Participante 5	Correcta	Desacierto	Incorrecta	Acierto	No hay diferencias significativas
Participante 6	Correcta	Acierto	Incorrecta	Desacierto	No hay diferencias significativas
Participante 7	Correcta	Acierto	Correcta	Desacierto	No hay diferencias significativas
Participante 8	Incorrecta	Acierto	Incorrecta	Acierto	No hay diferencias significativas
Participante 9	Correcta	Desacierto	Correcta	Acierto	No hay diferencias significativas
Participante 10	Correcta	Desacierto	Correcta	Desacierto	No hay diferencias significativas

9. Discusión

Durante este apartado se contrastan los resultados obtenidos en los experimentos realizados con los estudios previos y las diferentes teorías de aprendizaje de L2. Para lograr esto, el capítulo se divide en dos apartados, en el primero se aborda el estudio de la percepción y en el segundo, la producción.

9.1. Análisis de la percepción de los dos segmentos vocálicos /i/ y /ɪ/

Como ya se abordó en el apartado 2.3.2 del marco teórico, el estudio de la percepción en segunda lengua puede tomar diferentes habilidades de análisis fonético, desde los aspectos prosódicos hasta la identificación, clasificación y repetición de palabras con sonidos o secuencias específicas de sonidos. En este sentido, aquellas pruebas que dependen de la reproducción de un sonido como los estudios de Flege (1984) u Orduz (2012), quienes estudian la percepción y la producción en una misma tarea de repetición, presentan complicaciones para establecer si el resultado de las producciones depende de la percepción de los mismos o únicamente del acto motor.

Por otra parte, Kivistö-de (2015) quien evaluó la percepción de reglas fonotácticas y prosódicas, o Vera (2014), quien evaluó la percepción de la vocal Schwa /ə/ del inglés, proponen diferentes tareas que permiten observar diferencias de la percepción entre los hablantes más o menos expertos. Finalmente, están los estudios de Escudero y Boersma (2004) o Morrison (2008) (2009), que estudiaron el contraste del par mínimo /i/ - /ɪ/, que genera diferencias significativas en inglés, pero no en español.

Todos estos estudios optan por modificar algunas de las características acústicas en la presentación de los estímulos para identificar cuáles de estas características generan una mejor

identificación por parte de los hablantes, sin embargo, en el caso de la presente investigación, solo se modifican las características espectrales de los formantes uno y dos, ya que la carga de la diferencia no recae en la elección conductual (escoger una de las dos opciones), sino en el seguimiento de la mirada, es decir, la cantidad y la duración de las fijaciones oculares, procesos que son un poco más inconscientes y que ocurren en un menor rango de tiempo.

En este sentido, las hipótesis que se pueden aceptar de las Pruebas 2 y 3 de este experimento, dan cuenta que efectivamente existe una relación entre la duración, cantidad de las fijaciones y la posición del estímulo visual que corresponde a la presentación del estímulo auditivo, aunque, en ninguno de los casos se puede establecer una correlación significativa entre la posición del estímulo correcto y la selección conductual, lo cual indica que existe una primera reacción menos consciente, la cual puede cambiar al momento de realizar la selección. Además, cuando la medida de referencia es la cantidad de fijaciones realizadas en un estímulo, no se encuentran diferencias significativas entre la posición del estímulo visual correcto e incorrecto, pero sí entre la posición del estímulo respecto a la selección conductual.

Por otro lado, es importante mencionar que el tipo de prueba usada en los experimentos de cada investigación es sumamente importante para cumplir con los objetivos de cualquier estudio. Es por esto que, Huettig y McQueen (2007), Trecca, Bleses, Madsen y Christiansn (2018) y Wiener, Ito y Speer (2021) dedican una parte de su investigación a explicar las metodologías específicas de Eye Tracking que utilizaron para evaluar diferentes aspectos de la percepción fonética. De modo idéntico se pretendió hacer en el desarrollo de esta investigación, pues, la selección y descripción de la prueba de pares mínimos utilizada en este estudio, la cual es una tarea sencilla que trae procesamiento cognitivo específico y elimina otras variables comportamentales, fue la indicada para esta investigación.

Ahora bien, en esta investigación no fue posible establecer etapas en las que el hablante tome de referencia un rasgo acústico como en los estudios realizados por Morrison (2008, 2009), ya que los segmentos de estímulo únicamente contrastan en los formantes uno y dos. A pesar de ello, se logró identificar y establecer el tiempo en que los participantes se detienen en los estímulos visuales que corresponden al audio presentado, sin embargo, no se pudo establecer si realizan una mayor cantidad de fijaciones en este mismo estímulo.

9.2. La producción fonológica

Como ya se estableció en el apartado 2.2.2 y 2.3.3 del marco teórico, la producción está estrechamente relacionada con la percepción de los sonidos. Inclusive, en los modelos de aprendizaje de L2 que se revisaron, especialmente en el modelo de aprendizaje de habla, Flege (1984) establece que, para que un sonido sea producido correctamente, es necesario que este sea percibido apropiadamente.

Así mismo, se establece que la relación entre los formantes uno y dos con la posición de la lengua durante la producción de una vocal /i/, debería tener un F1 menor y un F2 mayor que /ɪ/ al ubicarse en una posición más alta y anterior. Igualmente, Vera (2014), en su investigación encuentra que existen variaciones de la vocal schwa influenciadas de los sonidos del sistema fonológico de L1.

De modo similar, el modelo de imán de la lengua materna propuesto por Kuhl (1993), establece que los sonidos se categorizan estableciendo diferencias acústicas que generan diferencias de significado. Así, una pareja de sonidos que presente características acústicas similares será más difícil de establecer como dos categorías diferentes que una pareja con características acústicas diferentes.

Lo encontrado por estos autores en sus estudios respectivos se puede corroborar en la presente investigación. Como se puede observar en la Figura 2, los sonidos /i/ - /ɪ/ tienen una ubicación espacial cercana en el cuadro vocálico del inglés y ambos ubican la misma posición del sonido /i/ en el sistema fonológico del español, por esto, es esperable encontrar valores de los formantes uno y dos similares entre las dos producciones, como se observa en la Tabla 10.

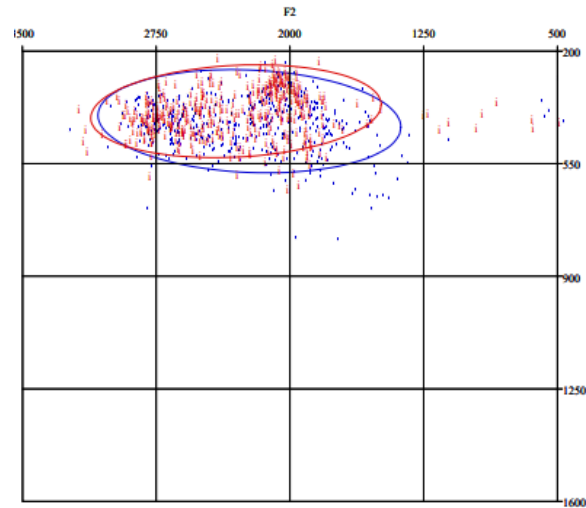
Simultáneamente, Olsen (2016) y Anabalón y Vivanco (2014), evidencian que las características más diferentes al sistema fonológico de la L1 se adquieren con mayor facilidad. Flege (1995) por su lado, había establecido diferencias significativas en pruebas de pares mínimos para segunda lengua, pero es Morrison (2009) quien insta que los hablantes nativos de español son capaces de producir diferencias acústicas significativas entre /i/ - /ɪ/.

A diferencia de lo encontrado por estos autores, al realizar el análisis general de las producciones de los participantes de esta investigación, no fue posible establecer diferencias estadísticamente significativas entre las características acústicas de los dos segmentos estudiados, aunque al revisar el promedio de los datos se evidencian algunas diferencias entre los segmentos vocálicos /i/ - /ɪ/.

Con respecto a los datos de F1 y F2 para cada producción en un diagrama, no existe diferencia entre los segmentos [ɪ]-[i] como se ve en la Figura 13, pero, al observar los datos de las producciones de cada hablante por separado se pueden establecer tres tipos de relaciones entre la producción de [ɪ]-[i]. En la primera, ilustrada en la Figura 14, no existe diferencia entre las producciones de [ɪ]-[i], en la segunda, [i] tiene un espacio claramente definido y aunque las producciones de [ɪ] también ocupan ese mismo espacio, lo superan alejándose de los límites de [i], como se observa en la Figura 15. En la tercera, ilustrada en la Figura 16, [ɪ]-[i] ocupan espacios diferentes, aunque se llegan a entrelazar.

Figura 13

Grafica con las producciones de los sonidos [ɪ]-[i] de todos los participantes, en el eje Y se ilustra F1 y en el eje X se ilustra F2, las producciones de [ɪ] aparecen marcadas de color azul, mientras que las producciones de [i] aparecen marcadas con rojo

**Figura 14**

Grafica que ilustran el primer tipo de relación de [ɪ]-[i] en uno de los participantes. En el eje Y se ilustra F1 y en el eje X se ilustra F2, las producciones de [ɪ] aparecen marcadas de color azul, mientras que las producciones de [i] aparecen marcadas con rojo.

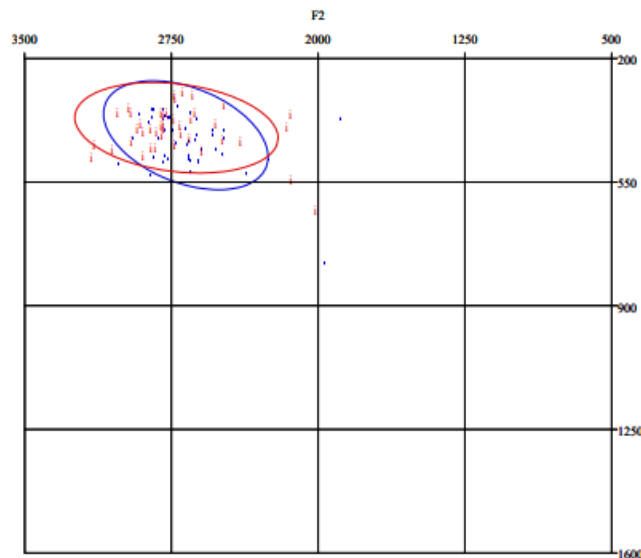
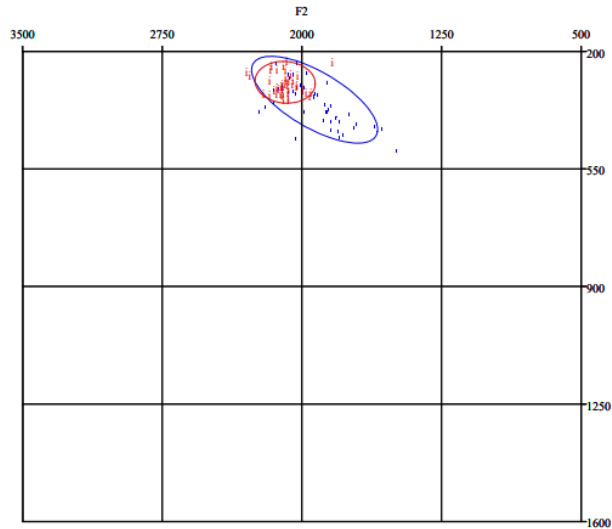
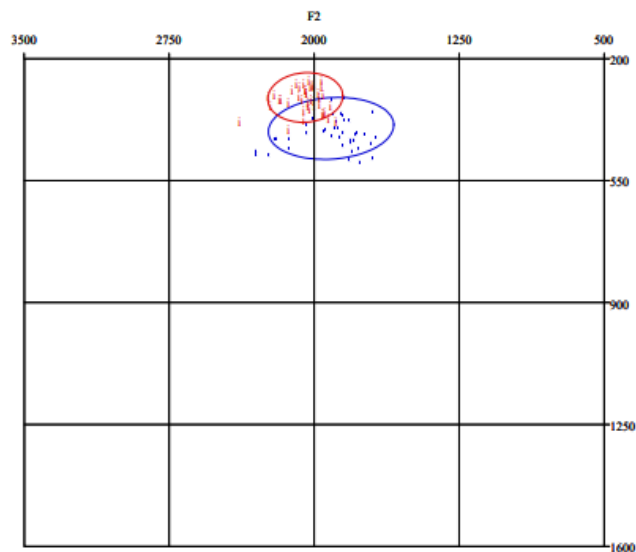


Figura 15

Grafica que ilustra el segundo tipo de relación entre [ɪ]-[i] en uno los participantes. En el eje Y se ilustra F1 y en el eje X se ilustra F2, las producciones de [ɪ] aparecen marcadas de color azul, mientras que las producciones de [i] aparecen marcadas con rojo.

**Figura 16**

Grafica que ilustra el tercer tipo de relación entre [ɪ]-[i] en uno los participantes. En el eje Y se ilustra F1 y en el eje X se ilustra F2, las producciones de [ɪ] aparecen marcadas de color azul, mientras que las producciones de [i] aparecen marcadas con rojo



10. Conclusiones

Durante el Experimento I se buscó probar la hipótesis secundaria que propone que no existen diferencias acústicas estadísticamente significativas entre las vocales /i/ y /ɪ/, producidas por los aprendices tardíos de inglés, nativos de español, utilizando la prueba Scheirer Rai Hare Test, que es un tipo de ANOVA de dos factores para datos no paramétricos.

Acorde con los resultados, no se pueden establecer diferencias significativas entre las características acústicas producidas por los participantes para este segmento, aunque cuando se comparan individualmente las producciones de cada hablante en el Apéndice 3, se observan diferencias en las producciones de [i] – [ɪ], incluso, cuando se observan las producciones individuales en gráficos con los valores de F1 y F2 se pueden establecer tres tipos de relación entre estos sonidos. En la primera no existen diferencias en la producción, en la segunda [ɪ], ocupa un espacio que incluye [i], pero está fuera de sus límites y, la tercera, en que los dos sonidos están diferenciados. Dado que para los hablantes nativos de español estos dos segmentos no tienen diferencias, es posible afirmar que, aunque no se han creado categorías para estos segmentos, existe un proceso de creación de estas, en diferentes niveles de avance para cada participante.

Ahora bien, durante los Experimentos II y III se evaluaron las hipótesis dos y tres. La segunda hipótesis propone que existe una mayor cantidad de fijaciones hacia el estímulo visual que coincide con el estímulo presentado por la vía auditiva en respuesta a tareas de identificación de pares mínimos en inglés por parte de los aprendices tardíos nativos de español que han creado nuevas categorías de sonidos para L2. Utilizando la prueba Scheirer Ray Hare Test, se establece que no hay una diferencia significativa entre la cantidad de fijaciones realizadas hacia el estímulo visual que corresponde al estímulo auditivo presentado previamente y las realizadas

hacia el estímulo que no corresponde. Al observar la comparación por hablantes, tampoco se pueden establecer diferencias en ninguno de los casos.

La tercera hipótesis propone que existe mayor duración de las fijaciones en el estímulo visual que coincide con el estímulo presentado por la vía auditiva en respuesta a tareas de identificación de pares mínimos en inglés de aprendices tardíos nativos de español que han creado nuevas categorías de sonidos para L2. Utilizando la prueba Scheirer Ray Hare Test, se establece que hay una diferencia significativa entre la duración de fijaciones realizadas hacia el estímulo visual que corresponde al estímulo auditivo presentado previamente y las realizadas hacia el estímulo que no corresponde. Cuando se realiza la comparación por participante, en varios de ellos si es posible determinar que existen diferencias significativas entre la duración de las fijaciones en los estímulos visuales que corresponden al estímulo auditivo y se puede considerar que están identificando correctamente el estímulo del par mínimo presentado.

La cuarta hipótesis establece que existe una correlación entre los resultados de las pruebas acústicas, las pruebas conductuales de percepción y las pruebas fisiológicas de fijación visual asociados al proceso de adquisición de las distinciones fonológicas de los fonemas vocálicos de inglés como L2. Mediante la prueba Scheirer Ray Hare Test, no se puede establecer una correlación entre la respuesta conductual y la dirección del estímulo visual correcta en las pruebas con Eye Tracking. Aunque, cuando se observa el promedio de los datos por cada participante, existe una mayor cantidad y duración de fijaciones hacia el estímulo correcto cuando hubo aciertos y hacia el estímulo incorrecto cuando hubo desaciertos.

En general, se puede concluir que existe un proceso de creación de categorías fonológicas, como describen la mayoría de los autores y durante este proceso ocurren algunos cambios fisiológicos tanto en la percepción como en la producción de los sonidos de la L2. Inicialmente, se perciben

las diferencias entre los sonidos, relacionando una mayor duración de las fijaciones con la selección del estímulo correcto en tareas de pares mínimos. Posteriormente, los hablantes pueden realizar producciones con características acústicas diferentes, las cuales, en este estudio no son estadísticamente significativas, no obstante, ya se pueden observar diferencias en los promedios de los formantes uno y dos y en la duración de cada segmento. Adicionalmente, la cantidad de fijaciones no parece ser un predictor efectivo para observar la creación de categorías fonológicas.

11. Limitaciones y recomendaciones

Para futuros trabajos de investigación se pueden buscar diferencias entre el tiempo de exposición o experiencia con el uso de inglés, también es posible usar otras metodologías que pueden aportar una mayor objetividad al observar la creación de categorías nuevas tanto en el aspecto de percepción como en la producción, por ejemplo, el uso de electroencefalografía.

Referencias:

- Aleksandrov, A. A., Memetova, K. S., Stankevich, L. N., & Uplisova, K. O. (2017). Effects of Russian-Language Word Frequency on Mismatch Negativity. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 47 (9), 1043-1050 doi:10.1007/s11055-017-0510-3.
- Anabalón, R., & Vivanco, C. (2014). Análisis de desviaciones en la pronunciación de segmentos consonánticos producidas por hablantes de español de Chile aprendientes de inglés. *Lenguas Modernas*, 43 (1), 11-25.
- Aoyama, K., Flege, J. E., Guion, S. G., Akahane-Yamada, R., & Yamada, T. (2004). Perceived phonetic dissimilarity and L2 speech learning: the case of Japanese /r/ and English /l/ and /r/. *Journal of Phonetics*, 32(2), 233–250. doi:10.1016/s0095-4470(03)00036-6
- Bassetti, B., & Atkinson, N. (2015). Effects of orthographic forms on pronunciation in experienced instructed second language learners. *Applied Psycholinguistics*, 36(1), 67-91. doi:http://dx.doi.org.ezproxy.unal.edu.co/10.1017/S0142716414000435
- Best, C.T. (1995). A direct realist view of cross-language speech perception. En W. Strange (Ed.), *Speech Perception and linguistic experience: Issues in crosslanguage speech research* (pp. 172-206). Timonium, MD: York Press
- Best, C. T., Bradlow, A. R., Guion-Anderson, S., & Polka, L. (2011). Using the lens of phonetic experience to resolve phonological forms. *Journal of Phonetics*, 39(4), 453–455. doi:10.1016/j.wocn.2011.08.006

- Best, C. T., & Hallé, P. A. (2010). Perception of initial obstruent voicing is influenced by gestural organization. *Journal of Phonetics*, 38(1), 109–126.
doi:10.1016/j.wocn.2009.09.001
- Best, C. T., & Tyler, M. (2007). Nonnative and second-language speech perception: Commonalities and complementarities. In O. S. Bohn & M. Munro (Eds.), *Second-language Speech Learning: The Role of Language Experience in Speech Perception and Production. A Festschrift in Honour of James E. Flege* (pp.13–34). Amsterdam: John Benjamins
- Boersma, P. & Weenink, D. (2018) Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.0.37, retrieved 14 March 2018 from <http://www.praat.org/>
- Bühler, J. C., Schmid, S., & Maurer, U. (2016). Influence of dialect use on speech perception: a mismatch negativity study. *Language, cognition and neuroscience*, doi: 10.1080/23273798.2016.1272704.
- BUNDGAARD-NIELSEN, R. L., BEST, C. T., & TYLER, M. D. (2010). Vocabulary size matters: The assimilation of second-language Australian English vowels to first-language Japanese vowel categories. *Applied Psycholinguistics*, 32(01), 51–67. doi:10.1017/s0142716410000287
- Catherine T. Best, Louis M. Goldstein, Hosung Nam & Michael D. Tyler (2016) Articulating What Infants Attune to in Native Speech, *Ecological Psychology*, 28:4, 216-261, DOI: 10.1080/10407413.2016.1230372

- Correa, M. (2011). La enseñanza de fonética y fonología a través de analogías y metáforas. *Hispana*, 94 (2), 110-121. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/23032176>.
- Desmeules-Trudel, F., & Brunelle, M. (2018). Phonotactic restrictions condition the realization of vowel nasality and nasal coarticulation: Duration and airflow measurements in Québécois French and Brazilian Portuguese. *Journal of Phonetics*, 69, 43-61.
- Díaz, B., Mitterer, H., Broersma, M., Escera, C., & Sebastián-Gallés, N. (2016). Variability in L2 phonemic learning originates from speech-specific capabilities: An MMN study on late bilinguals. *Bilingualism*, 19(5), 955-970.
- Domahs, U., Kehrein, W., Knaus, J., Wiese, R., & Schlesewsky, M. (2009). Event-related potentials reflecting the processing of phonological constraint violations. *Language and Speech*, 52, 415-35. Retrieved from <http://ezproxy.unal.edu.co/docview/89071351?accountid=150292>
- Escudero, P., & Boersma, P. (2004). Bridging the gap between L2 speech perception research and phonological theory. *Studies in Second Language Acquisition*, 26, 551–585.
- Faris, M. M., Best, C. T., & Tyler, M. D. (2018). Discrimination of uncategorised non-native vowel contrasts is modulated by perceived overlap with native phonological categories. *Journal of Phonetics*, 70, 1–19. doi:10.1016/j.wocn.2018.05.003
- Finch F. D. & Ortiz, H. (1982). A course in english phonetics for spanish speakers. London : Heinemann Educational Books Ltd.

- Flege, J. E. (1984). The detection of French accent by American listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 76(3), 692–707. doi:10.1121/1.391256
- Flege, J. E. (1991). The Interlingual Identification of Spanish and English Vowels: Orthographic Evidence. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 43(3), 701–731. doi:10.1080/14640749108400993
- Flege, J. E. (1995). Second-language speech learning: Theory, findings, and problems. En W. Strange (Ed.). *Speech perception and linguistic experience: Issues in cross-language research* (pp. 229-273), Timonium, MD: York Press
- Flege, J. E. (2003). Assessing constraints on second-language segmental production and perception. En A. MEyer, & N. Schiller (Eds.), *Phonetics and phonology in language comprehension and production: Differences and similarities* (pp. 319-355). Berlin: Mouton de Gruyter.
- Flege, J. E., MacKay, I. R. A., & Meador, D. (1999). Native Italian speakers' perception and production of English vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 106(5), 2973–2987. doi:10.1121/1.428116
- Mendousse, K. (2011). Towards a mental representation of vowel height in SSBE speakers. *International Journal of English Studies*, 12 (1), 1-16.
- Frenck-Mestre, C., Meunier, C., Espesser, R., Daffner, K., & Holcomb, P. (2005). Perceiving nonnative vowels: The effect of context on perception as evidenced by event-related brain potentials. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48(6), 1496-510. Retrieved from

<http://ezproxy.unal.edu.co/docview/232340964?accountid=150292>

Guion, S. G., Flege, J. E., Akahane-Yamada, R., & Pruitt, J. C. (2000). An investigation of current models of second language speech perception: The case of Japanese adults' perception of English consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107(5), 2711–2724. doi:10.1121/1.428657

Hodson, B. W., & Paden, E. P. (1981). Phonological Processes Which Characterize Unintelligible and Intelligible Speech in Early Childhood. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 46(4), 369. doi:10.1044/jshd.4604.369.

Inceoglu, S. (2016). Effects of perceptual training on second language vowel perception and production. *Applied Psycholinguistics*, 37(5), 1175-1199.
doi:<http://dx.doi.org.ezproxy.unal.edu.co/10.1017/S0142716415000533>

Iverson, P., & Kuhl, P. K. (2000). Perceptual magnet and phoneme boundary effects in speech perception: Do they arise from a common mechanism? *Perception & Psychophysics*, 62(4), 874–886. doi:10.3758/bf03206929

Iverson, P., Kuhl, P. K., Akahane-Yamada, R., Diesch, E., Tohkura, Y., Kettermann, A., & Siebert, C. (2003). A perceptual interference account of acquisition difficulties for non-native *phonemes*. *Cognition*, 87(1), B47–B57. doi:10.1016/s0010-0277(02)00198-1

Kissling, E. M. (2015). Phonetics instruction improves learners' perception of L2 sounds. *Language Teaching Research*, 19(3), 254–275. <https://doi-org.ezproxy.unal.edu.co/10.1177/1362168814541735>

- Kivistö-de, S. H. (2015). *Phonological Awareness and Pronunciation in a Second Language* (tesis doctoral). University of Barcelona, Barcelona España.
- Kuhl, P. K. (1993). Innate predispositions and the effects of experience in speech perception: The native language magnet theory. In B. deBoyssson-Bardies, S. de Schonen, P. Jusczyk, P. McNeilage, & J. Morton (Eds.), *Developmental neurocognition: Speech and face processing in the first year of life* (pp. 259-274). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers
- Kuhl, P. K. (2000a). Language, mind, and brain: Experience alters perception. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The new cognitive neurosciences* (2nd ed.) (pp. 99-115). Cambridge, MA: MIT Press.
- Kuhl, P.K. (2000b). A new view of language acquisition. *Proceedings of the National Academy of Science*, 97, 11850-11857
- Kuhl, P. K., Conboy, B. T., Coffey-Corina, S., Padden, D., Rivera-Gaxiola, M., & Nelson, T. (2008). Phonetic learning as a pathway to language: new data and native language magnet theory expanded (NLM-e). *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1493), 979–1000.
doi:10.1098/rstb.2007.2154
- Kuhl, P. k., & Meltzoff, A. (1996). Infant vocalizations in response to speech: Vocal imitation and developmental change. *Journal of the Acoustical Society of America* 100, 2425-2438

- Ladefoged, P. & Johnson, K. (2011). *A Course in Phonetics*, Sixth Edition . Boston: Wadsworth.
- Marklund, E., Lacerda, F., & Schwarz, I. C. (2018). Using rotated speech to approximate the acoustic mismatch negativity response to speech. *Brain and Language*, 176, 26-35 tomado de <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2017.10.006>.
- Ministerio de Salud Protección Social. (19 de marzo de 2024). Ciclo de vida. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/Paginas/cicloVida.aspx>
- Morrison, G. S. (2008). L1-spanish speakers' acquisition of the english /i /--/I/ contrast: Duration-based perception is not the initial developmental stage. *Language and Speech*, 51(4), 285-315.
doi:<http://dx.doi.org.ezproxy.unal.edu.co/10.1177/0023830908099067>
- Morrison, G. S. (2009). L1-spanish speakers' acquisition of the english /i /--/I/ contrast II: perception of vowel inherent spectral change. *Language and Speech*, 52(4), 437-462.
- Näätänen, R., Lehtokoski, A., Lennes, M., Cheour, M., Huotilainen, M., Iivonen, A., ... & Alho, K. (1997). “Language-specific phoneme representations revealed by electric and magnetic brainresponses,” *Nature*, 385, 432–434
- Olsen, M. K (2016). Limitations of the influence of english phonetics and phonology on 12 spanish rhotics. *Borealis: An International Journal of Hispanic Linguistics*, 5 (2), 313-331. <http://dx.doi.org/10.7557/1.5.2.3898>
- Orduz, N. Y. (2012). La transferencia de la fonología de la lengua materna en la

adquisición del inglés como lengua extranjera. *Entornos*, 25, 91-103.

Owens, R. E. (2003). *Desarrollo del Lenguaje*, Quinta edición. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.

Redondo, V. B. (2015). *Aproximación a la percepción de las consonantes inglesas por aprendices de L2: beneficios del entrenamiento auditivo intensivo* (tesis doctoral). Universidad de Sevilla, Sevilla España.

Rello, L. (2007). la relación entre fonética y fonología. Universidad complutense de Madrid. Madrid, España.

Rochet, B (1995). Perception and production of L2 speech sounds by adults. In: Winifred Strange (ed.) *Speech Perception and Linguistic Experience: Theoretical and Methodological Issues*, 379-410. Timonium, MD: York Press.

Salesa, B. E., Perelló, S. e., & Bonavida, E. A. (2013). *Tratado de audiología*, segunda edición. España: MASSON.

So, C.K. & Best, C.T. (2011). Cross-language perception of non-native tonal contrasts: Effects of native phonological and phonetic influences. *Language and Speech* 53(2): 273-293.

SR Research Ltd., (2005), *EyeLink 1000 User Manual*. <http://sr-research.jp/support/EyeLink%201000%20User%20Manual%201.5.0.pdf>

SR Research Ltd. (2017). *EyeLink Experiment Builder* (Versión 2.1.140). [Software]. SR Research Ltd. URL. <https://www.sr-research.com/experiment-builder/>

- SR Research Ltd. (2017). EyeLink Data Viewer (Versión 3.1). [Software]. SR Research Ltd. URL. <https://www.sr-research.com/data-viewer/>
- Stach, B. A. (2010). *Clinical audiology: an introduction*, Second edition. New York United States of America: Delmar.
- Sokal, R.R. and Rohlf. F.J. 1995. *Biometry*, 3rd ed. W.H. Freeman. New York.
- Susanibar F., Dioses A., &Huamaní O. (2013). Fundamentos para la evaluación de las alteraciones del habla de origen fonético – fonológico. . In. Susanibar F, Parra D, Dioses A. Motricidad Orofacial: *Fundamentos basados en evidencia*. drid. EOS.
- Tanenhaus, M. K., Spivey-Knowlton, M. J., Eberhard, K. M., & Sedivy, J. C. (1995). Integration of visual and linguistic information in spoken language comprehension. *Science*, 268(5217), 1632-1634.
- Tampas, J. W., Harkrider, A. W., & Hedrick, M. S. (2005). Neurophysiological indices of speech and nonspeech stimulus processing. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48(5), 1147-64. Retrieved from <http://ezproxy.unal.edu.co/docview/232341140?accountid=150292>
- Trecca, F., Bleses, D., Madsen, T. O., & Christiansen, M. H. (2018). Does sound structure affect word learning? An eye-tracking study of Danish learning toddlers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 167, 180-203.
- Vera, K. J. (2014). Fenómenos de reducción vocálica por hablantes colombianos de inglés como l2: un estudio acústico. *Forma y función*, 27, 11-43.
- Wiener, S., Ito, K., & Speer, S. R. (2021). Effects of multitalker input and instructional

method on the dimension-based statistical learning of syllable-tone combinations:

An eye-tracking study. *Studies in Second Language Acquisition*, 43(1), 155-180.

Zaiontz, C. (2023). Real Statistics (Versión 9.0). [Software]. Recuperado de

<https://www.real-statistics.com/>

Zhang, Y., Kuhl, P. K., Imada, T., Iverson, P., Pruitt, J., Stevens, E. B., ... Nemoto, I.

(2009). *Neural signatures of phonetic learning in adulthood: A magnetoencephalography study*. *NeuroImage*, 46(1), 226–240.

doi:10.1016/j.neuroimage.2009.01.028.