

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO**



**EL EFECTO DEL MODO DE ALIMENTACIÓN EN LA DISCRIMINACIÓN DE
FONEMAS EN LACTANTES DE 6 MESES DE EDAD**

PATRICIA MARISOL CORTÉS ORTEGA

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN NEUROCIENCIAS**

Directores de Tesis:
Prof. Marcela Peña Garay
Prof. Adrián Ocampo Garcés

2018

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO**

INFORME DE APROBACION TESIS DE MAGISTER

Se informa a la Comisión de Grados Académicos de la Facultad de Medicina, que la Tesis de Magister presentada por la candidata

PATRICIA MARISOL CORTÉS ORTEGA

ha sido aprobada por la Comisión Informante de Tesis como requisito para optar al Grado de Magister en Neurociencia en el Examen de Defensa de Tesis rendido el día 7 de Junio del 2018.

Prof. Dra. Marcela Peña Garay Prof. Dr. Adrián Ocampo Garcés

**Directores de Tesis
Universidad de Chile**

COMISION INFORMANTE DE TESIS

Prof. Dra. María Leonor Bustamante Calderón

Prof. Dr. Domingo Román Montes de Oca

Prof. Dra. Ximena Carrasco Chaparro

**Prof. Dr. Paul Délano Reyes
Presidente Comisión**

Dedicatoria

A Dios por ser mi guía en todo momento. Ha estado en todas mis decisiones y ha sido un pilar fundamental en mi vida.

A mi hermana, quién ha sido un sustento importante durante esta etapa. Gracias por brindarme esos abrazos que me dieron energía y fuerzas necesarias para superar los momentos más desafiantes.

A mis padres por su apoyo incondicional en todas las metas que me he propuesto. Por ser mi ejemplo de perfeccionamiento y superación académica. Gracias por confiar en mis habilidades y su eterno amor.

A mis familiares que estuvieron pendientes de mi proceso. Sobre todo a quienes aportaron en el desarrollo de mi tesis y/o estuvieron preocupados de mis avances. Agradezco ser parte de una familia unida y de los valores que me han compartido.

A mis amigos que se dieron el tiempo de interesarse en mi trabajo y me dieron esos momentos en que la distracción me daba nuevos respiros.

Y a mí misma, porque logré superar mis expectativas y conocí un mundo lleno de conocimientos y amor por los descubrimientos. Este proceso alimentó mi curiosidad y confirmó mi idea preconcebida de que hacer ciencia es un arte.

Agradecimientos

Primero que todo quería agradecer al programa de postgrado del Magister en Neurociencias de la Universidad de Chile. Gracias por aceptar mi solicitud y brindarme la oportunidad de aprender y desarrollarme en el área neurocientífica.

Agradezco también la tutoría y guía de la Profesora Marcela Peña, quién me abrió las puertas de su laboratorio y me integró en su equipo. Gracias a su enseñanza logré desenvolverme en el quehacer científico y compartí su interés por el neurodesarrollo cognitivo en etapas tempranas del ciclo vital.

Al profesor Adrián Ocampo, quién me recibió en mis inicios de magíster y me orientó en el desarrollo de éste. Adicionalmente le agradezco su apoyo en la elección del laboratorio y tema de interés a trabajar.

Al INTA que comenzó este interesante proyecto y me permitió realizar mi tesis. Gracias por su disposición, interés por los avances y consejos en el desarrollo de este trabajo.

A los profesores del magister y comisión revisora quienes me entregaron los conocimientos relevantes para desenvolverme en el área de la neurociencias y me dieron las herramientas para desarrollar y mejorar esta tesis.

Al equipo del laboratorio de Neurociencias Cognitivas de la escuela de Psicología de la Pontificia Universidad Católica de Chile, quienes me ayudaron en el proceso del trabajo. Gracias por compartir sus experiencias, sus consejos, sus enseñanzas y sobre todo por integrarme en la rutina del laboratorio.

Y por último a los padres y sus hijos e hijas participantes de este proyecto. Su interés en la ciencia me entregó la oportunidad de formar esta tesis y avanzar en el conocimiento sobre el desarrollo neurolingüístico en etapas tempranas. Gracias por la disposición y la confianza depositada en nosotras.

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Hipótesis	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos	18
Metodología	19
Resultados.....	34
Discusión.....	45
Conclusión	49
Bibliografía.....	50

Resumen

El desarrollo fonológico ha sido de gran interés en los estudios que exploran la adquisición de la lengua materna¹. Desde el nacimiento hasta los 6 meses los niños tienen una gran sensibilidad para distinguir todos los contrastes fonéticos conocidos¹, tanto nativos como extranjeros. Alrededor de los 6 meses los niños se especializarían en las vocales y luego de los 10 meses en las consonantes²⁻³ de su lengua materna, disminuyendo su capacidad para distinguir contrastes extranjeros. La buena especialización en la distinción de fonemas nativos hacia los 12 meses de edad sería un buen predictor de las competencias lingüísticas de los niños en su niñez tardía²⁻⁴⁻⁵⁻⁶⁻⁷. El modo de alimentación podría influir este aprendizaje lingüístico.

La lactancia materna es reconocida como la alimentación óptima para los niños en sus primeros 6 meses de vida⁸. Su composición nutricional y factores bioactivos promueven la sobrevivencia y el desarrollo saludable⁹. A pesar de eso las fórmulas lácteas se han desarrollado con el fin de reproducir los efectos funcionales de la leche materna¹⁰. Aun así existe incertidumbre con respecto a las necesidades, funciones y niveles reales de algunos componentes químicos que constituyen la leche materna¹¹. En consecuencia el debate sobre los efectos del modo de alimentación en los primeros meses de vida en el desarrollo cognitivo¹¹ y sus repercusiones a futuro, permanece sin respuestas claras.

Esta tesis tuvo por objetivo evaluar el impacto del modo de alimentación, leche materna versus fórmula, en la discriminación de fonemas nativos y no nativos en niños de 6 meses de edad, evaluada a través de la medición de la *Mismatch Response* (MMR), que es una respuesta electrofisiológica clásicamente utilizada para medir la distinción de fonemas en niños pequeños

El estudio contó con la participación de 109 niños de 6 meses de edad, pareados en variables demográficas, todos con desarrollo físico y cognitivo típico al momento de las evaluaciones y sin antecedentes mórbidos conocidos. Los resultados mostraron que la amplitud de la MMR para fonemas nativos fue mayor en el grupo alimentado con leche materna con respecto al alimentado con fórmula láctea.

Abstract

Phonological development has been of great interest in studies that explore the acquisition of the mother tongue¹. From birth to 6 months, children have a big sensitivity to distinguish all phonetic contrasts¹ (native and foreign). Around the 6 months of age children would specialize in the vowels and after 10 months of age in the consonants²⁻³ of their mother tongue, decreasing their ability to distinguish foreign contrasts. The good specialization in the distinction of native phonemes towards 12 months of age would be a good predictor of the children linguistic competences in their late childhood²⁻⁴⁻⁵⁻⁶⁻⁷. The feeding mode would influence this linguistic learning.

Breastfeeding is recognized as the optimal feeding for children in their first 6 months of life⁸. Its nutritional composition and bioactive factors promote survival and a healthy development⁹. Despite this, milk formulas have been developed in order to reproduce the functional effects of breast milk¹⁰. Even so, there is uncertainty regarding the needs, functions and actual levels of some chemical components that constitute breast milk¹¹. Consequently, the debate about the effects of the feeding mode in the first months of life on cognitive development¹¹ and its repercussions in the future remain without clear answers.

This thesis's objective was to evaluate the impact of the feeding mode, breast milk vs. formula, in the discrimination of native and non-native phonemes in 6 month old children, assessed through the measurement of the Mismatch Response (MMR), which is an electrophysiological response classically used to measure phoneme discrimination in young children.

The study counted with the participation of 109 children of 6 months of age, paired in demographic variables, all with normal physical and cognitive development at the time of the evaluations and without morbid antecedents.

The results showed that the amplitude of the MMR for native phonemes was higher in the group fed with breast milk compared to the group fed with milk formula.

Introducción

1. Adquisición del lenguaje

Desde el nacimiento los niños y niñas comienzan a desarrollar habilidades cognitivas que les permitirán aprender a desenvolverse en el entorno que los rodea.

Las habilidades cognitivas son procesos o facultades por el que el conocimiento es adquirido o manipulado¹². En la primera infancia, su desarrollo ha sido estudiado de distintas perspectivas¹³ ya que su entendimiento es fundamental para el desarrollo de programas de promoción, prevención, estimulación, diagnóstico y terapia¹⁴ en etapas tempranas del niño.

Este estudio se centra en la función cognitiva del lenguaje, como una herramienta comunicativa que expresa y comprende ideas y sentimientos¹⁵, la que utiliza un sistema de signos pertenecientes a una comunidad para comunicarse de manera oral o escrita¹⁵.

La organización neuroanatómica del lenguaje observada en el adulto, plantea que la función cognitiva se presenta en el cerebro humano desde las 24 semanas de gestación -incluso antes de la experiencia específica de escuchar la voz completa¹⁶- con proyecciones ventrales desde el área temporal y pre frontal; y conexiones dorsales desde la corteza auditiva hasta la corteza pre motora¹⁷. Insinuando que los niños presentarían habilidades lingüísticas antes de nacer¹⁸.

Dentro de las primeras etapas de adquisición del lenguaje se encuentra el aprendizaje de la fonología. Lo que implica que los lactantes aprendan los sonidos, distribución y combinación de los fonemas en estructuras melódicas como la prosodia¹⁸, y en unidades tales como las sílabas y el acento¹⁹.

1.1 Desarrollo fonológico

El desarrollo fonológico es un fenómeno complejo que ha sido abordado desde diferentes perspectivas²⁰. Independiente del paradigma utilizado, la mayoría de los modelos se han centrado en la unidad llamada "fonema"²⁰: Unidad mínima de descripción fonológica, abstracta con una función distintiva²¹, que se refiere a la

capacidad de distinguir la diferencia mínima entre dos palabras²¹. En todos los lenguajes se reconocen alrededor de 600 consonantes y 200 vocales¹, teniendo cada lenguaje sus fonemas específicos¹. Es así como uno de los principales desarrollos lingüísticos tempranos es la adquisición de la lengua materna²².

Desde el nacimiento hasta los 6 meses los lactantes tienen una amplia sensibilidad para contrastes fonéticos¹, tanto nativos como no nativos. Por ejemplo, pueden discriminar sonidos vocálicos similares (/i/ e /I/ como en las palabras “beat” y “bit” en inglés) y sonidos consonánticos similares (la /b/ versus /p/ distinguida en “bote” y “pote” en español). En otras palabras, los lactantes nacen como “ciudadanos del mundo”³, y están listos para aprender cualquier lenguaje. Cerca de los 6 y de los 8 meses los niños se especializarían respectivamente en las vocales¹⁻¹⁸ y más tarde en las consonantes²⁻³ de su lengua materna. Este proceso es resultado de la exposición y experiencia lingüística temprana, donde los lactantes ganan progresivamente sensibilidad a los contrastes fonéticos más frecuentes en su entorno (fonemas nativos), disminuyendo sensibilidad en los contrastes menos frecuentes (fonemas no nativos)³⁻¹⁹. Ésta pérdida evidenciaría una reorganización psicoacústica del espacio fonético del sistema auditivo, dando como resultado que los fonemas no nativos se asemejen a los fonemas nativos más próximo¹⁸. Similarmente Pajak y Levy (2014)²², definen este proceso como reorganización perceptual, el que se entiende como la adquisición de un inventario específico de las categorías fonéticas del lenguaje nativo.

Esta adquisición de fonemas nativos es ilustrado por Werker y Tees (1984)³, quienes mostraron que los lactantes de lengua inglesa de 6 a 8 meses pueden discriminar la /d/ de la /Dh/ retrofleja, dos fonemas distintivos en hindú, las que no son distintivas para adultos hablantes del idioma inglés. En cambio, entre los 10 y 12 meses de edad los niños ya no pueden hacer tal distinción, asimilándose a las habilidades de discriminación fonológica de un adulto angloparlante³. Cabe mencionar que los adultos y los menores de lengua hindú a los 12 meses siguen distinguiendo ambos fonemas³.

En conclusión los cambios en la percepción de fonemas son una de las primeras habilidades que los niños deben desarrollar para adquirir su lengua nativa²³.

1.2 Importancia del desarrollo fonológico

La especialización del repertorio fonológico en el primer año de vida es relevante para la detección de patrones fonotácticos (patrones de combinaciones de fonemas de la lengua materna), detección de distribuciones de los sonidos (aprendizaje estadístico), detección de segmentos y sílabas para fragmentar palabras en el habla continua y asociación de un patrón de sonido con un elemento léxico⁵. Por consiguiente, la adquisición de la fonología de la lengua materna sería un predictor de las competencias lingüísticas de los lactantes en su niñez tardía (Molfese & Molfese, 1985)². Ejemplo, Tsao y colegas (2004)⁷ muestran una correlación positiva entre la percepción de los fonemas nativos a los 7 meses y el vocabulario a los 18-24 meses, de lo contrario, existe una correlación negativa entre vocabulario y sensibilidad a los contrastes fonéticos no nativos. Kuhl y colegas (2005)⁵, en un estudio mediante el uso de la técnica conductual *Head turn preference*, encontraron resultados similares correlacionando la discriminación para fonemas nativos y no nativos a los 7 meses con las habilidades lingüísticas a los 14, 18, 24 y 30 meses de edad. Adicionalmente, Jansson-Verkasalo y colaboradores (2010)⁴, en un estudio longitudinal con niños nacidos prematuros y de término, usando la *Mismatch response* (MMR), evidenciaron que los niños nacidos prematuros, a los 12 meses de edad mantienen la habilidad de distinguir los fonemas no nativos (contrario al grupo de término) y al medir a los 2 años sus habilidades lingüísticas -a través del Inventario de desarrollo comunicativo de MacArthur (CDI)- el grupo prematuro presentó un retraso significativo en su vocabulario. En este estudio una mayor amplitud del MMR reflejó una mayor respuesta de discriminación fonológica.

Es así como se relaciona la mayor respuesta de discriminación de fonemas nativo a un mejor desarrollo lingüístico; a la vez que una mayor amplitud en la respuesta de discriminación MMR a fonemas no nativo hacia a los 12 meses se

interpreta como un signo de inmadurez o riesgo de retraso del lenguaje²⁴ que repercutirá en su desempeño de vocabulario posterior⁵⁻⁷.

Debido a estos y otros estudios, las habilidades fonológicas de los niños podría vincularse con el diagnóstico precoz de trastornos de lecto-escritura, aprendizaje o trastornos específicos del lenguaje (TEL)⁵.

Con la evidencia científica presentada previamente, en esta tesis se evaluó la discriminación de fonemas nativos y no nativos en niños de 6 meses de edad ya que es una habilidad que refleja procesos activos de especialización perceptual relevantes en etapas lingüísticas posteriores¹⁸ y presenta un valor predictivo⁶. Para esto, se midió la habilidad de discriminación en infantes mediante el potencial evocado *Mismatch response* (MMR), en particular el análisis de su amplitud, el que es una variable neurofisiológica sensible a las habilidades lingüísticas de los lactantes.

2. Métodos para evaluar discriminación fonológica

Las investigaciones sobre la adquisición del lenguaje en niños menores de un año representan un desafío metodológico²⁵ por las dificultades propias del rango etario. Comúnmente los métodos usados en la recolección de datos en lactantes son:

1) Respuesta conductuales: Son las técnicas más utilizadas aunque presenten problemas sobre el tipo y cantidad de datos recolectables en niños pre verbales que presentan periodos de atención breve y respuestas motrices inmaduras²⁵. Por ejemplo, Werker y Lalonde (1988)², para evaluar la prueba de discriminación de fonemas nativos y no nativos, usaron el procedimiento *Head turn preference* (respuesta orientación auditiva a través de giro de cabeza), donde se evaluó la capacidad de los niños de voltearse hacia el lado cada vez que detectaban un cambio de fonemas, entregando además un refuerzo positivo solo cuando el niño volteaba correctamente.

2) Técnicas de imágenes (Resonancia Magnética funcional y Magnetoencefalografía)²⁵: Requieren que el sujeto este muy quieto durante el

estudio, motivo por el que es posible aplicar estas técnicas solo en niños dormidos (Anderson *et al.* 2001)²⁵.

3) Potenciales relacionados a eventos auditivos (ERPs) derivados de registros de la electroencefalografía (EEG): Son la opción más popular para estudiar el desarrollo cortical funcional en los lactantes (Steinschneider & Dunn, 2002)²⁵. El EEG ofrece la posibilidad de medir la actividad eléctrica de los cúmulos (clústers) de células neuronales en una escala temporal²⁶ ante una tarea²⁷. Esta técnica no es invasiva, presenta buena resolución temporal (en milisegundos)²⁸ y es relativamente de menor costo²⁹. A través del EEG se identifican los ERPs, los que son inducidos por cambios de voltaje de acuerdo a la respuesta cerebral de varios procesos sensoriales, cognitivos y motores³⁰. A pesar de que estas señales son pequeñas (1-30 millonésimas de voltios) pueden ser registradas mediante una técnica de promediación de señales³⁰. Es así que mientras más ensayos se incluyen en el promedio, mayor será la reducción de la actividad EEG no relacionada con el estímulo (es decir, el ruido)³⁰. Por ejemplo, Peña y colegas (2010)¹⁸, para comparar la adquisición fonológica en niños nacidos prematuros y de término, usaron el registro de la actividad electroencefalográfica (EEG) midiendo la respuesta de disparidad a estímulos sonoros, la *Mismatch Response* (MMR).

2.1 Mismatch response (MMR)

La *Mismatch Response* (MMR) fue identificada por primera vez en 1978 por Naatanen y colaboradores³¹. Se produce comúnmente usando un paradigma del tipo *oddball* consistente en la repetición frecuente de un estímulo estándar que es remplazado por otro estímulo infrecuente que difiere del estímulo estándar en algunos aspectos (como duración, intensidad y frecuencia)³¹. Para la obtención de MMR el sistema auditivo central debe ser capaz de formar una representación de los aspectos repetitivos de la estimulación auditiva entregada, es decir, el sistema debe habituarse de acuerdo a los estímulos repetidos entregados³². En este contexto, la habituación de la respuesta auditiva/cognitiva se refleja como una disminución en la amplitud de la respuesta resultante de una pérdida de novedad

asociada con la construcción de un modelo neuronal, después de la repetición de un estímulo auditivo³³. Näätänen (1985)³⁴ propone que las características físicas de los estímulos estándar están almacenados en el cerebro en un tipo de traza de memoria neuronal con la que se compara cada entrada auditiva. Si un estímulo desviado es presentado durante la duración de ese trazo, un proceso de desajuste neuronal genera el MMR³⁴, lo que sucede independiente del sujeto, la atención y su comportamiento³⁵. Los potenciales evocados que se producen antes del MMR son el P1, N1 y N2, los que son identificados como ERPs estándar³². Por lo tanto, al registrar la MMR a estímulos desviados, uno parece explorar la representación neural del estímulo estándar y la respuesta MMR refleja la detección de una diferencia entre los eventos auditivos estándar y desviado, por lo tanto, proporciona un índice objetivo para la precisión de la discriminación auditiva³².

Al sustraer la respuesta de ERP del estímulo desviado desde el ERP del estímulo estándar³¹, el MMR aparece con una típica latencia con *peak* a los 150-200 ms³⁶ entregado el estímulo. En adultos el MMR es típicamente negativo, mientras que en lactantes se presenta con polaridad positiva (Morr *et al.* 2002)³⁷, esta evidencia sugiere que esta polaridad se relaciona con un rasgos inmaduros del sistema³⁷.

2.2 Mismatch response (MMR) en la tarea de discriminación fonológica

A pesar de que el MMR se ha estudiado en estímulos auditivos básicos como frecuencia, duración e intensidad³¹, también se ha utilizado en tareas de discriminación de lenguaje. Naatanen y colegas (1997)³² encontraron -en adultos- que un cambio vocálico presentado en una secuencia de sílabas de lenguaje nativo provoca una mayor amplitud de MMR. Dehane-Lambertz y Baillet (1998)³² mostraron una respuesta de discriminación para un cambio de sílaba con un MMR de mayor amplitud en las categorías fonológicas que acústicas. El cambio acústico y fonético contribuyen a la aparición de MMR, sin embargo, el primero se genera bilateralmente mientras que el segundo, en su mayoría, en el hemisferio izquierdo. Claramente el componente de MMR fonético del hemisferio izquierdo depende de la presencia de rastros de memoria a largo plazo para los fonemas de su lengua

materna, que son capaces de identificar el código invariante de identidad fonológica entre una amplia variación acústica³². Adicionalmente, Peña y colaboradores (2012)³⁸ en su estudio de infantes nacidos prematuros realizan un estudio longitudinal evidenciando una disminución de amplitud de respuesta de MMR en los fonemas no nativos desde los 9 meses a los 12 meses, siendo un hallazgo neurofisiológico de la maduración cerebral hacia el desarrollo de la lengua materna.

Expuesto lo anterior, se podría concluir que el MMR es un sustrato cortical que refleja la estrecha relación entre el aprendizaje y los cambios plásticos³², por lo que en esta tesis se evaluó la discriminación de fonemas nativos y no nativos a través de la medición de la amplitud de la MMR en lactantes de 6 meses que difieren en el modo de alimentación.

3. Modo de alimentación

Una adecuada nutrición es esencial para un desarrollo cerebral óptimo³⁹, sobre todo durante el embarazo y en la infancia. Particularmente desde la gestación a los dos años de vida del niño el cerebro presenta un rápido crecimiento y desarrollo que es sensible a daño, donde la deficiencia nutricional es un factor de riesgo de alto impacto⁴⁰. Una inadecuada nutrición en los lactantes afecta la cognición, comportamiento y productividad durante los años escolares y edad adulta³⁹. Se sugiere que la mala nutrición puede afectar la macroestructura del cerebro (ejemplo: desarrollo de ciertas estructuras como el hipocampo), microestructura (mielinización de neuronas) y el nivel y funcionamiento de neurotransmisores (ejemplo: niveles de dopamina y el número de sus receptores), lo que conlleva ineludiblemente a un daño cognitivo⁴⁰. Es por este motivo que prevenir deficiencias en la nutrición trae beneficios a largo plazo a nivel individual y social³⁹.

3.1 Leche materna

Para los mamíferos el ciclo de reproducción comprende el embarazo y la lactancia materna: en ausencia de algunos de ellos, ninguna de estas especies,

incluido el humano, podrían haber sobrevivido (Pediatra Bo Vahlquist, 1981)⁴¹. La lactancia materna esta universalmente reconocida como la alimentación óptima para los niños y niñas en sus primeros 6 meses de vida⁸. Su composición nutricional y factores bioactivos promueven la sobrevivencia y el desarrollo saludable⁹, puesto a que contiene todos los requerimientos nutricionales, inmunológicos, del crecimiento y emocionales del recién nacido⁴¹⁻⁴².

A nivel internacional, de acuerdo a la prevalencia de alimentación exclusiva por leche materna, Chile se ubica en el sexto lugar con un 43% durante los primeros 6 meses⁴³ motivo por el que el estudio se focalizó en esta edad.

La leche materna contiene carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas, minerales, enzimas digestivas y hormonas. Adicionalmente está enriquecida por células inmune, incluyendo macrófagos, células madres, y numerosas moléculas bioactivas⁴⁴. Sus principales macronutrientes son: proteínas, lactosa y grasa. Este último es el nutriente más variable, particularmente los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (LCPUFAs), que incluyen omega-3 (ácido docosahexaenoico o DHA y ácido eicosapentaenoic o EPA) y omega-6 (ácido araquidónico o AA)⁹. Se destaca la participación de los LCPUFA en ciertos procesos cognitivos, por ejemplo: incrementan la velocidad de adquisición de información, la aceleración de la agudeza visual y el desarrollo de la retina⁴⁵. La privación de dicho macronutriente, ya sea en el periodo prenatal o postnatal, tendría efectos adversos en las habilidades de aprendizaje, memoria y agudeza visual en lactantes⁴⁵.

3.2 Fórmulas lácteas

A pesar de las evidencias de los beneficios a corto y largo plazo de la lactancia materna, existe una gran diferencia entre las practicas actuales de las recomendaciones aceptadas⁴⁶. Durante los últimos 100 años, el uso de leche materna ha disminuido debido a la inserción laboral de las mujeres y el desarrollo de compañías lácteas⁴⁷. Además, existen ciertas situaciones en que la leche materna no es posible, ni sustentable ni adecuada para el bebé por lo que es interrumpida⁴⁴.

Los productos que sustituyen la leche materna se han desarrollado a partir de leches de otros mamíferos (vaca o cabra, por ejemplo) y como tercera opción formulas derivadas de la soya⁴⁷. A partir de ellas, se han aplicado varias modificaciones de acuerdo a los conocimientos actuales de la composición química y nutricional de la leche humana y mamíferos en general⁴⁸. El fin es aproximarse lo mejor posible a la composición de leche materna e incluso añadir beneficios extras (agregar fierro, vitamina D y K, nucleótidos y mezcla de grasas)⁴⁴. Por ejemplo, según Crawford y colegas (2015)⁴⁹ las fórmulas lácteas debería igualar los ácidos grasos esenciales de la leche materna, especialmente el DHA, que tal como se analizó está asociado a disfunciones visuales, aprendizaje y comportamiento.

A pesar del interés de las compañías de continuar mejorando las fórmulas lácteas para asimilar a la leche materna⁴⁴, ninguna fórmula infantil actual es capaz de reproducir la composición completa¹¹ y la variabilidad diaria de la leche humana, por lo que el desarrollo de las recientes leches se han dirigido a reproducir los efectos funcionales -más que la composición cuantitativa- de la leche materna¹⁰. Es quizá por ese motivo que en la práctica existen muchos estudios que demuestran que los resultados en el desarrollo cognitivo, para los infantes alimentados por estas, son inferiores comparados con los lactantes amamantados⁴³⁻⁵⁰.

3.3 Modo de alimentación y cognición

En este marco, el desarrollo cognitivo del infante ha sido de gran interés para las investigaciones que comparan los diferentes modos de alimentación.

Según World Health Organization (2011)⁴⁶, numerosos estudios han demostrado que la leche materna se asocia a mayor coeficiente intelectual (IQ) en aproximadamente 6 puntos con respecto a las fórmulas lácteas. Asimismo, Victora y colegas (2016)⁴¹ consistentemente asocian un desempeño alto en el test de inteligencia en niños y adolescentes, con un incremento de 3 a 4 puntos de IQ basados en 16 estudios observacionales, controlando variados factores de confusión como la estimulación temprana. Además, un estudio de Belfort y

colaboradores (2013)⁵¹ muestra una asociación positiva entre la mayor duración y exclusividad de leche materna y un mejor desempeño de lenguaje receptivo a los 3 años y un mayor IQ verbal y no verbal a los 7 años. Estos hallazgos fomentan la idea de recomendar la alimentación de leche materna exclusiva durante los primeros 6 meses y su prolongación hasta el año. No obstante la explicación para estas observaciones son altamente controversiales. Posiblemente los componentes de la leche materna mejoran el desarrollo cognitivo y/u otros factores pueden ser responsables; como el acto de lactancia propiamente tal, la educación materna, y clase social⁵². Esta tesis buscó contribuir a este tema de investigación evaluando si niños de 6 meses alimentados con leche materna exclusiva o formula láctea difieren en la amplitud de la MMR asociada a la discriminación fonológica de fonemas nativos y no nativos.

Para el marco de esta tesis, la importancia del desarrollo fonológico en los niños (específicamente el proceso de adquisición de lengua materna), fue el pilar central para estudiar la discriminación de fonemas nativos y no nativos en los lactantes de 6 meses que presentan diferentes modos de alimentación (leche materna versus formula láctea). Lo que se logró evaluar a través del potencial evocado MMR, como método neurofisiológico objetivo -comúnmente utilizado en tareas lingüísticas- siendo la medición de su amplitud un correlato con el desempeño en la discriminación fonológica en lactantes.

Esta investigación fue parte del proyecto “Efecto del modo de alimentación en el crecimiento y la función cognitiva infantil” realizada por el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) de la Universidad de Chile cuyo objetivo fue comparar el crecimiento, estado de nutrición y desarrollo cerebral a los 4, 6, 9 12 y 24 meses de vida de niños sanos que se alimentaban de leche materna exclusiva y dos fórmulas lácteas entregadas y analizadas por el INTA.

Hipótesis

Los niños y niñas de 6 meses que se alimentan en forma exclusiva de leche materna presentaran mayor respuesta de discriminación fonológica -medida por el MMR- tanto en fonemas nativos y no nativos, que el grupo alimentado de formula láctea.

Objetivo General

1. Describir y comparar la respuesta de discriminación de fonemas nativos y no nativos a través de la amplitud y latencia de los potenciales evocados desencadenados por el paradigma de MMR en menores de 6 meses con alimentación exclusiva de leche materna y formula láctea.

Objetivo Especifico

- 1.1 Demostrar igualdad de procesamiento auditivo estándar, medidos en las primeras sílabas, presentes en la prueba de discriminación de fonemas nativos y no nativos en menores de 6 meses con alimentación exclusiva de leche materna y formula láctea.
- 1.2 Describir y comparar la amplitud y latencia del potencial evocado MMR medido en la prueba de discriminación de fonemas nativos y no nativos en menores de 6 meses con alimentación exclusiva de leche materna y formula láctea.

Metodología

1. Participantes

Tamaño muestral

En el estudio participaron 109 niños sanos de 5,6 meses de edad promedio (d.e. +/- 0,54), todos criados en un ambiente monolingüe español. De ellos, 38 integraron el grupo de leche materna exclusiva (G0) (22 niñas y 16 niños) y 71 el grupo de formula láctea (G1) (41 niñas y 30 niños). Este último grupo estaba constituido por dos tipos de fórmulas que se mantuvieron en ciego al término de esta tesis. El tamaño muestral fue considerado de acuerdo a estudio anteriores³⁸⁻⁵³ y los niños fueron reclutados por el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) dentro del proyecto “efecto el modo de alimentación en el crecimiento y a función cognitiva infantil”.

En el análisis de EEG de los 109 niños participantes en el estudio, seis no terminaron el protocolo de experimentación especialmente por rechazo a la instalación del gorro de registro u obteniendo menos del 15% de ensayos por condición experimental. Adicionalmente, en el proceso de análisis de EEG se evaluaron los registros con al menos el 30 % de electrodos libres de ruido. Como resultados se analizaron 34 lactantes en el grupo de leche materna (18 niñas y 16 niños) y 52 en el grupo formula láctea (28 niñas y 24 niños).

Reclutamiento

Se reclutaron lactantes menores de 4 meses que estuvieran consumiendo leche materna o formula láctea y tuvieran previsto continuar su consumo hasta los 6 meses. Además debían presentar antecedentes de nacimiento único, pesar entre 2500 y 4500 gramos al nacer e historia de crecimiento normal. Los criterios de exclusión fueron: ser prematuro, haber estado hospitalizado al nacer, presentar alteraciones nutricionales, alteraciones en peso y talla, presentar trastornos auditivos o visuales, y/u otros trastornos del desarrollo. La familia debió comprometerse a no inscribir al bebé en otro estudio clínico de intervención

mientras participaba en el estudio. Su participación incluyó exámenes clínicos de rutina y otros adicionales, movilización a las citas y el suministro gratuito de fórmula láctea. El proyecto y sus etapas fueron aceptados por el comité de ética del INTA de la Universidad de Chile y el Servicio de Salud Metropolitano Sur Oriente.

Grupos

Los grupos fueron pareados de acuerdo a variables demográficas, las que incluyeron:

- a) Variables pediátricas: Edad al momento de realizar la tarea, edad gestacional, peso al nacer, talla al nacer, número de miembros en la familia, número de hijos y apgar al 1 y a los 5 minutos. Al realizar la prueba estadística de comparación de medias no hubo diferencias significativas entre grupos (tabla 1 y 2).

Tabla 1. Prueba de U de Mann-Whitney para comparación de variables no paramétricas pediátricas entre grupo de leche materna y fórmula láctea.

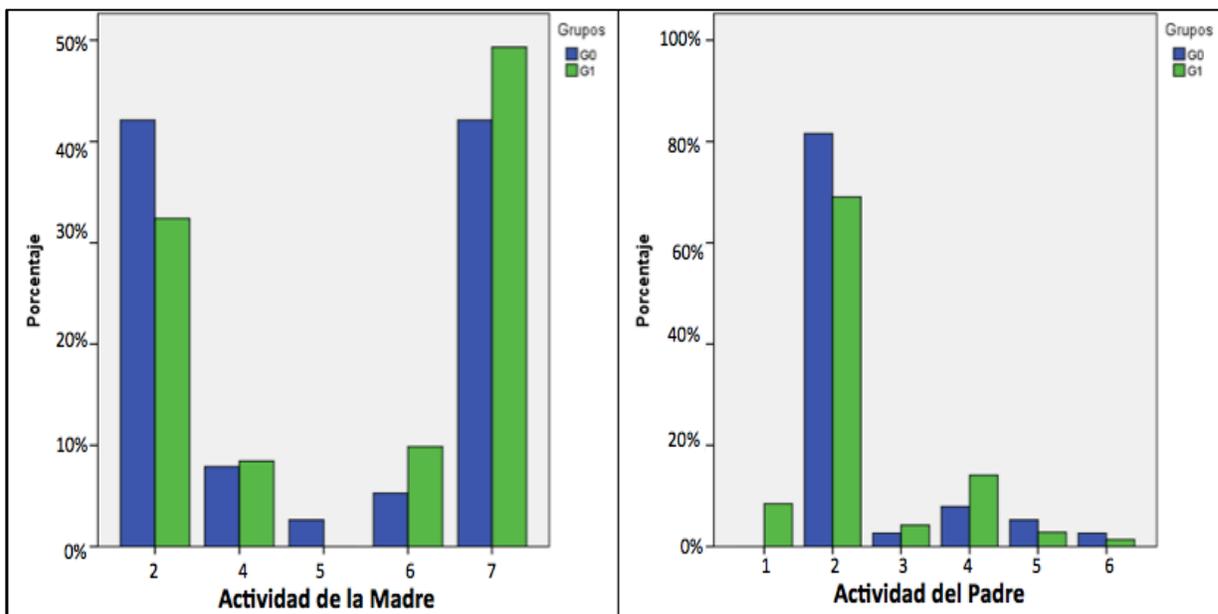
Variable pediátrica		N	Rango promedio	Suma de rangos	U de Mann-Whitney	z	P valor
Edad (meses)	Leche materna	38	48.92	1859.00	1118.000	-1.470	.141
	Fórmula láctea	71	58.25	4136.00			
Edad gestacional (meses)	Leche materna	38	58.83	2235.50	1203.500	-.963	.336
	Fórmula láctea	71	52.95	3759.50			
Talla al nacer (centímetros)	Leche materna	38	62.12	2360.50	1078.500	-1.730	.084
	Fórmula láctea	71	51.19	3634.50			
Número de miembros de la familia	Leche materna	38	52.83	2007.50	1266.500	-.535	.593
	Fórmula láctea	71	56.16	3987.50			

Número de hijos	Leche materna	38	52.82	2007.00	1266.000	-581	.561
	Formula láctea	71	56.17	3988.00			
Apgar 1min	Leche materna	38	49.63	1886.00	1145.000	-1.740	.082
	Formula láctea	71	57.87	4109.00			
Apgar 5min	Leche materna	38	52.24	1985.00	1244.000	-798	.425
	Formula láctea	71	56.48	4010.00			

Tabla 2. Prueba de t Student para comparación de variable paramétrica pediátricas peso al nacer entre grupo leche materna y formula láctea.

Variable pediátrica		N	Media	Desviación típica	t	P valor
Peso al nacer (gramos)	Leche materna	38	3448.24	399.710	1.186	.238
	Formula láctea	71	3354.28	391.278		

b) Variables socio-económicas: Compuesta de escolaridad de la madre y padre, actividad de la madre y padre, ingreso familiar y estado civil (figura 1).



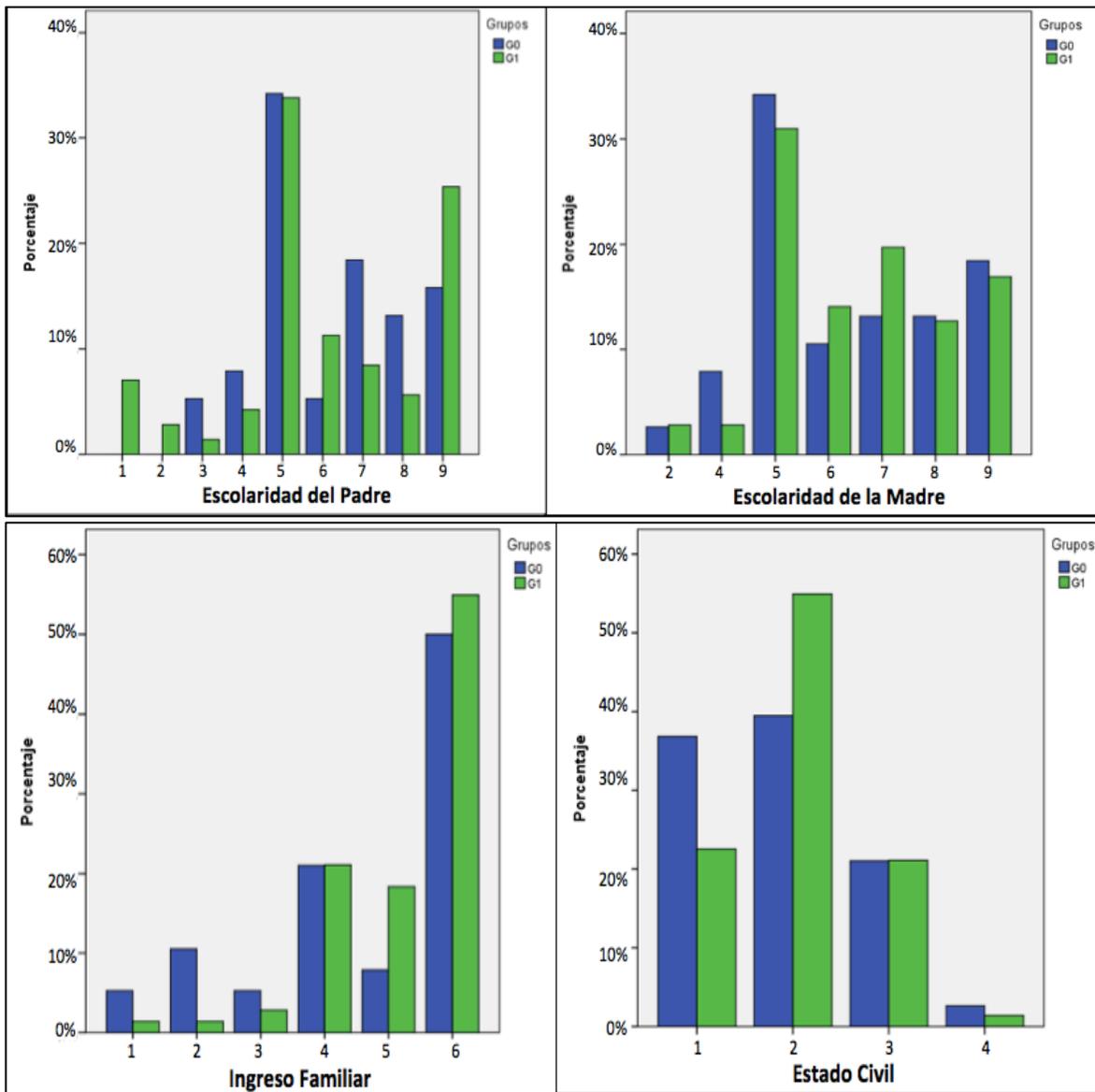


Figura 1. **Datos socio-económicos comparados por grupo.** Grupo leche materna (G0) en azul, grupo fórmula láctea (G1) en verde. Porcentaje en las categorías: Escolaridad de la madre y el padre 1)No se sabe, 2)Básica incompleta, 3)Básica completa, 4)Media incompleta, 5)Media completa, 6)Técnico incompleta, 7)Técnico completa, 8)Universidad incompleta, 9)Universidad completa. Actividad de la Madre y Padre 1)No se sabe, 2)Trabajador con puesto permanente, 3)Trabajador puesto temporal, 4)Trabajador independiente, 5)Cesante, 6)Estudiante, 7)Quehaceres del hogar. Estado civil 1)Casada, 2)Conviviente, 3)Soltera, 4)Separada. E ingreso familiar 1) \$224.999 o menos, 2)\$225.000 a \$249.999, 3)\$250.000 a \$349.999, 4)\$350.000 a \$499.999, 5) \$500.000 a \$649.999, 6) \$650.000 a más.

Al aplicar la prueba estadística de chi cuadrado no se evidenciaron diferencias significativas en las categorías entre grupos (tabla 3).

Tabla 3. Prueba Chi-cuadrado para comparación de variable categoriales socio-económicas entre grupo de leche materna y formula láctea.

Variables	N de casos válidos	Chi-cuadrado de Pearson	Grados de libertad	Sig. asintótica (bilateral)
Escolaridad de la madre	109	2,367	6	.883
Escolaridad del padre	109	11,450	8	.177
Actividad del padre	109	5,316	5	.379
Actividad de la madre	109	3,437	4	.488
Estado civil	109	3,236	3	.357
Ingreso familiar	109	8,168	5	.147

2. Tareas experimentales

2.1. Discriminación fonológica

Como se mencionó en la introducción la discriminación fonológica busca medir la capacidad de los niños para distinguir fonemas. En este tesis se midió a través de la respuesta de *Mismatch Response* (MMR) usando electroencefalografía.

2.1.1. Diseño experimental MMR

Para la exploración neurofisiológica se usó el potencial evocado MMR, el que fue identificado por primera vez en 1978 por Naatanen y colaboradores³¹. Se produce comúnmente usando un paradigma de *oddball* consistente en la habituación de un estímulo estándar presentado repetidamente hasta ser reemplazado infrecuentemente por un estímulo desviado (deshabituación) que difiere del estímulo estándar en algunos aspectos como duración, intensidad y frecuencia³¹. Este paradigma se ha usado para analizar la habilidad de discriminación fonológica en niños. Por ejemplo, Peña y colegas (2010)⁵³, para comparar la adquisición fonológica en niños prematuros y de término, usaron el registro de la actividad

electroencefalográfica (EEG) midiendo la respuesta de disparidad a estímulos sonoros, es decir, el *Mismatch response* (MMR). Las autoras ubicaron el MMR a los 170 y 310 ms posterior a la cuarta sílaba con polaridad positiva en el área frontocentral.

Los componentes de las ondas ERP analizados en el estudio fueron: 1) Amplitud: provee un índice de intensidad de la activación cerebral; y 2) Latencia de los peaks de amplitud: indica el tiempo requerido para alcanzar los máximos de amplitud.

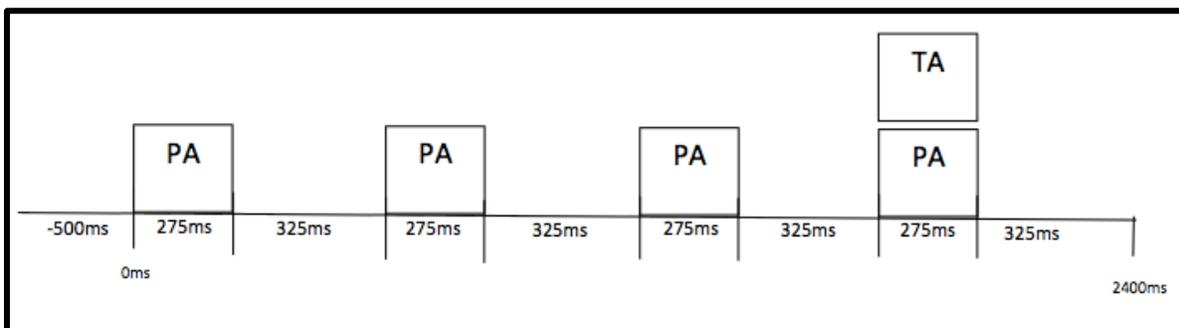
Para esta tesis se utilizó la reiteración de tres sílabas, donde se observó neurofisiológicamente el proceso de habituación, es decir, se observó una disminución del peak de amplitud a través de las repeticiones. Cabe mencionar que el peak de amplitud de la primera sílaba fue la mayor respuesta en cada ensayo y fue localizada entre los primeros 90 y 190 ms³⁸. En la cuarta sílaba se podrían presentar tres ensayos en forma pseudo-azarosa: 1) Estándar: la cuarta sílaba fue la misma que las primeras tres, por lo que continuó el proceso de habituación. 2) Acústico: la cuarta sílaba representó el mismo fonema pero con diferente rasgo acústico. En estudios anteriores³⁸⁻⁵³ la respuesta EEG de esta condición se asimiló a la condición estándar. 3) Fonológico: la cuarta sílaba representó otro fonema por lo que se observó un proceso de deshabituación al estímulo repetido. En el EEG se evidenció un peak de mayor amplitud de la cuarta sílaba comparado a la tercera y mayor peak de amplitud de la cuarta sílaba en la condición fonológica comparada con la cuarta sílaba en la condición estándar³⁸⁻⁵³. Este último tipo de ensayo provocó la MMR y su análisis representó la habilidad de discriminación fonológica explicada anteriormente.

Además por cada condición se evaluaron dos lenguajes (nativo y no nativo) y de acuerdo a los estudios de las autoras Werker y Tees (1984)³, Kuhl (2004)¹ y Peña y colaboradores (2012)³⁸ los niños de 6 meses debieron discriminar contrastes fonéticos independientes del lenguaje.

En resumen el estudio cuenta con seis condiciones que se describen según el lenguaje (nativo [na] y no nativo [nn]) y según el tipo de ensayo (Estándar [NoSt], acústico [AcDv] y desviación fonológica [PhDv]).

2.1.2. Estructura de los ensayos

Cada ensayo consistió en la presentación de cuatro sílabas consecutivas con intervalos de 600 ms (275 ms por una sílaba y 325 ms de silencio). Las primeras tres sílabas fueron siempre idénticas mientras que la cuarta pudo ser idéntica en el **ensayo estándar** (S2 S2 S2 **S2**); o diferente desde otra categoría fonética en el **ensayo fonético** (S2 S2 S2 **S5**); o desde la misma categoría fonética en el **ensayo acústico** (S2 S2 S2 **S3**) (esquema 1). Estas condiciones se replicaron para los dos tipos de contraste de fonemas nativo y no nativo. Cada condición fue presentada 30 veces, por lo que la tarea se compuso de 180 ensayos. Los intervalos inter-ensayo variaban al azar entre 3000 y 3500 ms. Finalmente, el estímulo auditivo fue entregado a 60 dB SPL.



Esquema 1. Diagrama de la tarea de discriminación fonológica. Ejemplo de un ensayo estándar con sílaba /pa/ y ensayo desviado fonológico con la cuarta sílaba /da/, en el lenguaje nativo (idioma español).

2.1.3. Materiales

Se usaron estímulos sintéticos con un punto de articulación continuo, usado en el estudio de Werker y Lalonde (1988)⁵⁴, con propiedades acústicas y fonológicas específicas.

Propiedades acústicas

De acuerdo a trabajos anteriores de las autoras⁷ se empleó consonantes retroflejas y dentales en posición inicial, producidas naturalmente, sin voz y sin aspiraciones, junto con su respectivo análisis acústico. A nivel articulatorio las consonantes retroflejas se producen curvando la lengua hacia atrás y colocándola posterior a la cresta alveolar⁵⁵. En contraste, los dentales se producen colocando la punta de la lengua contra la parte posterior de los dientes delanteros superiores⁵⁵. La vocal /a/ fue elegida para formar las sílabas, puesto a que su distribución es extensa después de bilabiales, dentales, alveolares y retroflejas⁵⁴. Cinco formantes se diseñaron usando un sintetizador Mattingly en el VAX 11/780 en los laboratorios de Haskins, New Haven, Connecticut, Estados Unidos⁵⁴. Se construyó un continuo de ocho pasos variando la frecuencia de inicio del segundo y tercer formante (F2 y F3)⁵⁴. Cada sílaba tuvo una duración de 275 ms. La frecuencia fundamental fue estable a 100 Hz en los primeros 100 milisegundos (ms), y luego gradualmente se elevó a 120 Hz durante los ms restantes⁵⁴. El primer formante (F1) aumentó desde los 250 a los 500 Hz en una transición de 50 ms, y el cuarto y quinto formante (F4 y F5) se mantuvieron constantes en todo el continuo con 3500 y 4000 Hz, respectivamente⁵⁴. El inicio de la frecuencia del F2 varió equitativamente en los ocho pasos en 100 Hz desde 900 a 1600 Hz y el F3 varió en pasos de 96 Hz desde 2240 a 2912 Hz⁵⁴. La transición desde el F2 a F3 fue de 50 ms⁵⁴. El estado estable de frecuencia fue de 1090 Hz para el F2 y 2440 Hz para el F3 (ver figura 2, Original de Werker & Lalonde, 1988)⁵⁴.

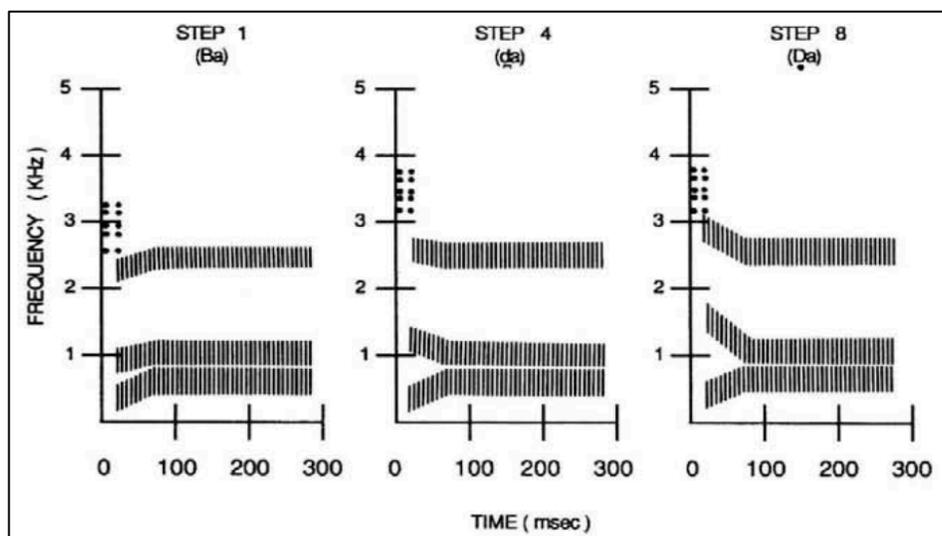


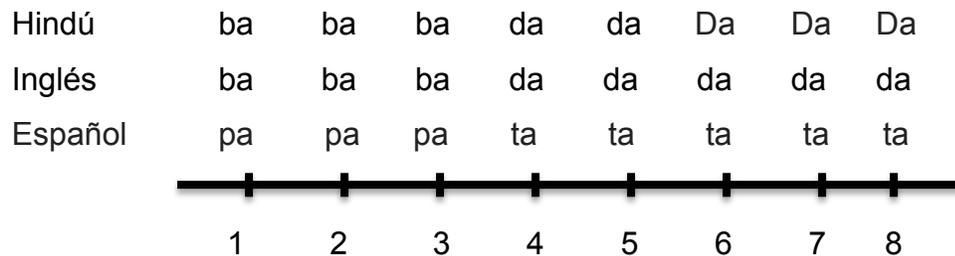
Figura 2. Muestra de pseudoespectrograma de los parámetros de entrada del sintetizador (Original de Werker & Lalonde, 1988)⁵⁴.

Propiedades fonológicas

A nivel fonológico, se testeó la identificación de fonemas de los sonidos creados en hablantes adultos de habla inglesa e hindú⁵⁴. Los primeros tipificaron dos categorías, las que fueron consistentes y confiables, /ba/ (bilabial) y /da/ (dental)⁵⁴. En cambio, los hablantes del hindú dividieron el continuo en tres categorías: /ba/, /da/ (dental) y /Da/ (retrofleja)⁵⁴. Esta categorización demostró que los participantes identificaron dos o tres fonemas dependiendo de su lenguaje nativo (figura 3, basada en el trabajo de Werker y Lalonde, 1988)⁵⁴.

El amplio trabajo de Werker y sus colaboradores³⁻⁵⁴⁻⁵⁵ confirmaron que los estímulos seleccionados cumplen con los requisitos y forman parte del repertorio fonológico de las lenguas, es decir, son fonemas (dos en el inglés y tres en el hindú). Su cambio continuo no logra disminuir la confiabilidad y consistencia de la categorización que les atribuye cada grupo. Así se deja en claro que los estímulos son fonemas y no representan una clase de alófono en ninguno de los lenguajes utilizados. Cabe destacar que los adultos hablantes del español de Chile percibieron³⁸, en esta prueba, las categorías agrupadas como /pa/ (estímulos del 1 al 3) y /ta/ (estímulos del 4

al 6) debido a un menor tiempo del inicio de la voz para estas sílabas en el español, y apreciaron el final del continuo como una sílaba /ta/ pero menos natural (estímulos 7 y 8)³⁸ (esquema 2).



Esquema 2. División ocho pasos del continuo sintético (basado en el trabajo de Werker y Lalonde, 1988)⁵⁴. Categorías fonémicas percibidas por los hablantes en inglés, hindú (Werker y Lalonde, 1988)⁵⁴ y español de acuerdo a Peña *et al* (2012)³⁸.

Para los contrastes fonológicos nativo y no nativo, de acuerdo a que la población a la que se aplica la prueba es hispanohablante, la división de contrastes fonéticos nativos estuvo en el paso 3 y 4, por lo que del paso 1 a 3 pertenecieron al fonema /p/ nativo (fonema del lenguaje español) y en el paso 4 y 5 pertenecieron al fonema /t/ nativo (fonema del lenguaje español). Luego en los pasos 6 al 8 el fonema entregado perteneció al repertorio fonológico del lenguaje hindú por lo que fue la condición no nativa de la prueba.

2.2. Otras mediciones

Se midieron variables conductuales para descartar el rol de la relación niño-cuidador en la tarea de discriminación fonológica. Para ello se midió la interacción de los cuidadores con los lactantes y de estos con su ambiente. Se aplicaron dos encuestas dirigidas a menores de 6 meses traducidas al español y que logran ser ejecutadas en un corto periodo posterior a la prueba de discriminación fonológica. En esta tesis se usaron la encuesta de estrés parental y el cuestionario conductual infantil forma abreviada (3 – 12 meses) que fueron empleadas como variables intervinientes.

Encuesta parental stress index – versión corta

La angustia psicológica que surge de las exigencias parentales contribuye al desarrollo de relaciones disfuncionales entre padres e hijos⁵⁶. Asimismo, constituye un factor de riesgo tanto para la psicopatología del niño como el adulto. Adicionalmente, el estado mental de la madre representa un factor determinante en el desarrollo de diferentes procesos cognitivos⁵⁶, como por ejemplo el lenguaje. Es por este motivo que se evaluó el estrés parental de acuerdo a la encuesta parental stress index – versión corta. Este cuestionario fue desarrollado por Abidin (1995)⁵⁷ y puede ser aplicado a partir del primer mes de vida. Consta de 36 preguntas con tres sub escalas: Angustia Parental, Interacción Disfuncional padre-hijo y niño difícil⁵⁶. Cada sub escala tiene 12 ítems clasificados de 1 (muy de acuerdo) a 5 (muy en desacuerdo). Los puntajes de la escala oscilan entre 12 y 60, mientras que el puntaje total varía entre 36 a 180. Los puntajes altos en las sub escalas y la puntuación total indican mayores niveles de estrés. La sub escala Angustia Parental refleja la percepción de los padres de sus competencias de crianza, el conflicto con su cónyuge o pareja, el apoyo social y las tensiones asociadas con las restricciones impuesta hacia otros roles de la vida. La sub escala de Interacción Disfuncional entre padres e hijos evalúa la percepción de los padres de que el niño no cumple sus expectativas y que sus interacciones no son intensas. Y la última sub escala, niño difícil, examina la opinión de los padres sobre el temperamento, deficiencia, falta de cumplimiento y exigencias del niño⁵⁶. Su aplicación puede durar entre 10 a 15 minutos⁵⁷. Este cuestionario nos entregó un estimativo del estado mental del cuidador y, como fue descrito anteriormente, es fundamental en las características de la relación madre-hijo. Esta encuesta ha sido de gran utilidad con muestras agloamericanas en el área de la salud como herramienta de detección y diagnóstico para medir la magnitud del estrés en el sistema paterno-infantil⁵⁸. Se traduce al español el año 1990 por Solis⁵⁸ y fue validado en 223 madres latinas de la ciudad de New York⁵⁸ debido a la creciente población hispana en la zona, y en consecuencia, en el sistema de salud.

Cuestionario Conductual Infantil forma abreviada (3 – 12 meses)

Se aplicó, además, un cuestionario para conocer el temperamento de los lactantes. El tipo de temperamento del niño está relacionado con la forma de interactuar con el mundo que lo rodea⁵⁹, por eso fue necesario identificar alguna relación del desarrollo de lenguaje perceptivo con la conducta propia del niño.

El Cuestionario Conductual Infantil forma abreviada (3 – 12 meses) consta de 37 preguntas, en las cuales, se les pide a los padres informar sobre la frecuencia de comportamientos específicos de su hijo en contextos frecuentes⁶⁰. Las 37 preguntas se clasifican en tres dimensiones de personalidad⁶¹ seleccionados desde la teoría de la personalidad de los cinco grandes. Primero, extraversión, se caracteriza por elevadas cargas positivas en las escalas de impulsividad, placer y nivel de actividad; y fuertes cargas negativas en la escala de timidez. Segundo, afectividad negativa, que se define por altas cargas positivas para la tristeza, miedo, ira / frustración y malestar; y cargas negativas para la disminución de la reactividad. Y tercero, control intencional, el cual se ha comparado con conciencia / restricción y contiene altas cargas positivas para el control inhibitorio, control atencional, placer de baja intensidad y sensibilidad perceptiva. Este cuestionario se desarrolló a partir de un esfuerzo por complementar el cuestionario de evaluación del comportamiento de los niños pequeños (TBAQ) formado por el Dr. Hill Goldsmith de la Universidad de Wisconsin (Goldsmith, 1996)⁶². Este nuevo instrumento incluyó escalas desarrolladas por el Dr. Rothbart y sus estudiantes, que midieron varios aspectos del temperamento no incluido en el TBAQ⁶⁰⁻⁶¹. La versión chilena en español del cuestionario de forma abreviada fue traducida por Chamarrita Farkas de la Escuela de Psicología de la Pontificia Universidad Católica de Chile⁶² y solo es usado en investigaciones.

3. Procedimiento experimental

Al inicio de la sesión se entregó el consentimiento informado a la madre/padre informándole sobre los procedimientos y temas administrativos. Si no presentaba dudas se continuaba con la evaluación electrofisiológica.

El lactante fue evaluado dentro de una cabina Faraday insonorizada. El bebé se sentó en las piernas de su madre o padre, él/la cual estuvo escuchando música a través de audífonos, esto con el fin de enmascarar los estímulos auditivos durante la prueba. Se evitó movimientos corporales y hablar. El menor estuvo sentado mirando una pantalla que contenía imágenes que capturaban su atención (caras de colores sonriendo y caras de bebés). Además fue permitido jugar con juguetes entregados por los investigadores (sin sonidos y desinfectados). Se colocó el gorro de 64 electrodos geodesic sensor net (EGI) humedecido en solución salina, para el registro de EEG. Posteriormente se inició la tarea de discriminación fonológica entregando los 180 ensayos a través de un parlante frente al niño a 60 dB SPL. La prueba duró aproximadamente 16 minutos y fue posible realizar pausas intermedias de acuerdo al cansancio que mostraba el/la menor.

Al finalizar la prueba se aplicó las encuestas de parental stress index – versión corta y Cuestionario Conductual Infantil forma abreviada (3 – 12 meses).

Los datos demográficos fueron facilitados por el INTA recolectados anterior a la visita al laboratorio.

4. Adquisición y análisis de datos

4.1 Variables demográficas y conductuales

Los datos demográficos y conductuales fueron analizados a través de pruebas estadísticas de comparación de medias. Cuando los datos presentaron una distribución normal, las medias fueron comparados usando la prueba t de Student para muestras independientes (alfa 0.05, 2 colas). Alternativamente, cada vez que presentaron una distribución no normal, se compararon las medianas y rangos usando la prueba U de Mann Whitney, considerando $p < 0.05$ para establecer diferencias significativas. Además se utilizaron gráficos de frecuencia porcentual para ilustrar las variables categoriales presentes en el estudio y fueron analizadas con la prueba estadística chi cuadrado ($p < 0,05$).

Se utilizó la prueba estadística de correlación de Pearson para correlacionar las variables conductuales, que fueron significativamente diferentes entre los grupos, con las variables electrofisiológicas.

4.2 Variables electrofisiológicas

Los datos electrofisiológicos fueron registrados usando el sistema de EGI de 64 electrodos, referenciado al vértice, a una frecuencia de muestreo de 500 Hz. La impedancia máxima fue de 40 kohms. El registro continuo fue filtrado (bandpass 0.5 – 20 Hz) y luego segmentado en épocas de 3000 ms incluyendo 500 ms antes del inicio de la primera sílaba de los ensayos. Los ensayos que tuvieron artefactos, i.e. variación de voltaje mayor a 100 μ V con más del 10% de canales malos fueron excluidos de los análisis. Los ensayos libres de artefactos fueron promediados y corregidos a la referencia promedio.

Clústers espaciotemporales

Usamos la técnica de clúster –basado en permutación⁶³ para identificar las ventanas de tiempo y espacio (i.e. electrodos) donde se testeó la hipótesis. Los clústers generados con esta técnica indicaron dónde (en que electrodos) y cuándo la actividad electrofisiológica del cerebro difirió significativamente entre grupos y condiciones, sin tener ningún a-priori, evitando la posibilidad de *double dipping*.

Primero se buscaron los efectos de grupo. Se sometió el promedio de EEG de cada niño de cada grupo (leche materna versus fórmula láctea), independiente del tipo de lenguaje (nativo y no nativo) y del tipo de ensayo (estándar, acústico y fonológico), a un análisis de clúster con permutación, con 1000 iteraciones: umbral de $p= 0.05$, en el intervalo de tiempo -200 ms a 3000 ms. Luego se procedió de manera similar para explorar el efecto principal del lenguaje, usando análisis de permutación para los promedios de cada niño por tipo de lenguaje, independiente del grupo (leche materna y fórmula láctea) y/o el tipo de ensayo (estándar, acústico y fonológico). Y finalmente se hizo el mismo procedimiento para explorar el efecto principal del tipo de ensayo.

Visto que no se encontraron clústers significativos se realizó comparaciones entre los grupos para cada condición experimental buscando efectos más débilmente significativos, que pudieron no haber emergido cuando se colapsó los grupos, los lenguajes y/o los tipos de ensayo

Una vez identificados los clústers espaciotemporales significativos, en cada niño de cada grupo (grupo de leche materna y formula láctea), para cada tipo de lenguaje (nativo y no nativo) y en cada tipo de ensayo (estándar, acústico y fonológico), se calculó el promedio de la amplitud y latencia del primer peak de la MMR, en la ventana de tiempo y en los electrodos indicados por el clúster.

Finalmente, estos promedios se sometieron a los análisis estadísticos correspondientes. Se usó la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples y se indicó el tamaño del efecto η^2 parcial (η^2_p) para todos los efectos e interacciones significativas.

Resultados

1. Variables electrofisiológicas

Clúster espaciotemporales

Se realizó una corrección de la señal de acuerdo a la línea base (*baseline*), información registrada en los 200 milisegundos antes de la entrega de la primera sílaba de cada ensayo.

Primero se buscó efectos de grupo, por medio del análisis de clúster con permutación en la totalidad del registro y en los 64 electrodos. Se comparó los dos grupos (leche materna y formula láctea) independiente del lenguaje (nativo y no nativo) y el tipo de ensayo (estándar, acústico y fonológico). Luego se comparó los lenguajes (nativo y no nativo) independientes de los grupos (leche materna y formula láctea) y el tipo de ensayo (estándar, acústico y fonológico). Y seguidamente se comparó cada tipo de ensayo (estándar, acústico y fonológico) independientes de los grupos (leche materna y formula láctea) y el lenguaje (nativo y no nativo). No se identificó ningún grupo espaciotemporal significativamente diferente entre dichas variables. Esto se puede explicar debido a que los grupos presentan variables demográficas pareadas y solo diferían en el modo de alimentación, por lo que su neurodesarrollo estuvo dentro de los rangos normales.

Posteriormente se realizaron comparaciones entre los grupos para cada condición experimental (nativo estándar, nativo fonético, nativo acústico, no nativo estándar, no nativo fonético y no nativo acústico) buscando efectos más débilmente significativos. El análisis de clúster con permutación permitió identificar solo un grupo espaciotemporal, cuando la amplitud media de la respuesta neural al estímulo nativo fonológico se diferenció significativamente entre el grupo de leche materna y formula láctea ($p=0.008$, $\alpha=0.05$) (figura 3). La ventana de tiempo de la diferencias significativas encontradas se ubicó entre 1906 y 2300 ms luego de la presentación de la primera sílaba o en 106 a 500 ms luego de la presentación de la cuarta sílaba. Al analizar la latencia de los peak de amplitud en

la señal en las diferentes condiciones, no se evidenció discrepancias significativas entre los grupos.

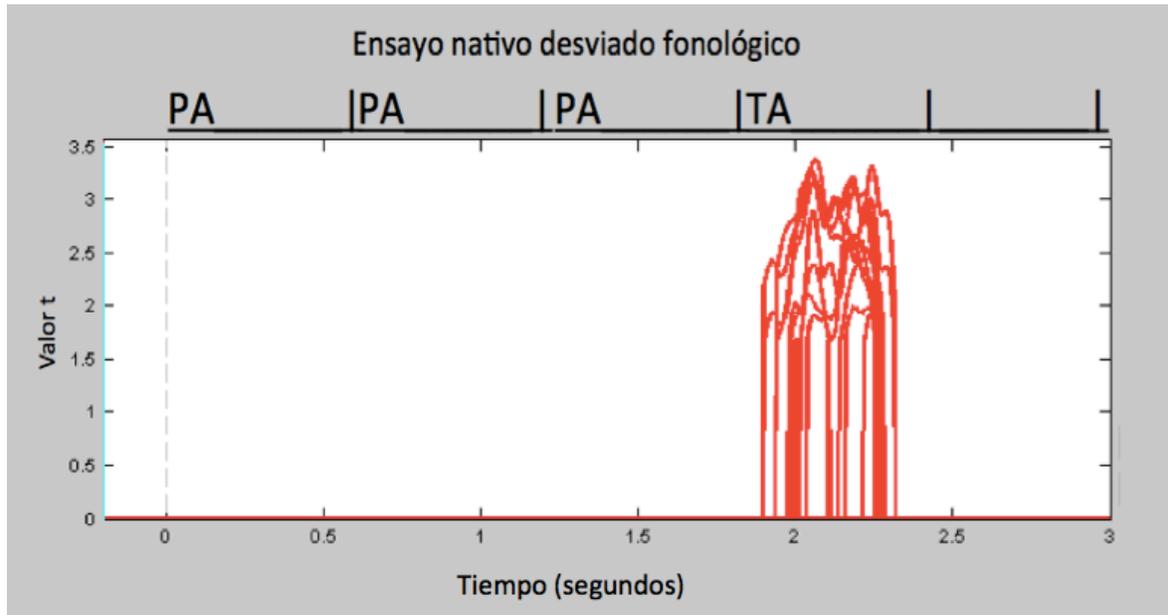


Figura 3. **Comparación de promedio de amplitud en la condición nativo fonológico entre leche materna y formula láctea.** Análisis de señal desde -200 ms hasta 3000 ms. Cada 600 ms se entrega una sílaba y un silencio en los últimos 600 ms. Se grafica el valor estadístico t y se evidencia una diferencia significativa entre grupos en la ventana de tiempo de 1906 a 2300ms (p valor = 0.008).

Cabe mencionar que en ninguna de las tres primeras sílabas (especialmente la primera sílaba), presentes en las seis condiciones, los grupos se diferenciaron estadísticamente. Por lo que se corrobora la hipótesis de que los lactantes de ambos grupos presentaban potenciales evocados estándar similares. Esto significaría que en ambos grupos los niños presentaron iguales habilidades del procesamiento general del sonido³⁸.

Posteriormente se seleccionó la ventana de tiempo de 1906 a 2300 ms para observar más en detalle la diferencia estadística basada en la prueba t Student. Además se graficó topográficamente este valor estadístico, ubicado espacialmente en 10 electrodos en la zona centrorfrontal con lateralización a izquierda (figura 4).

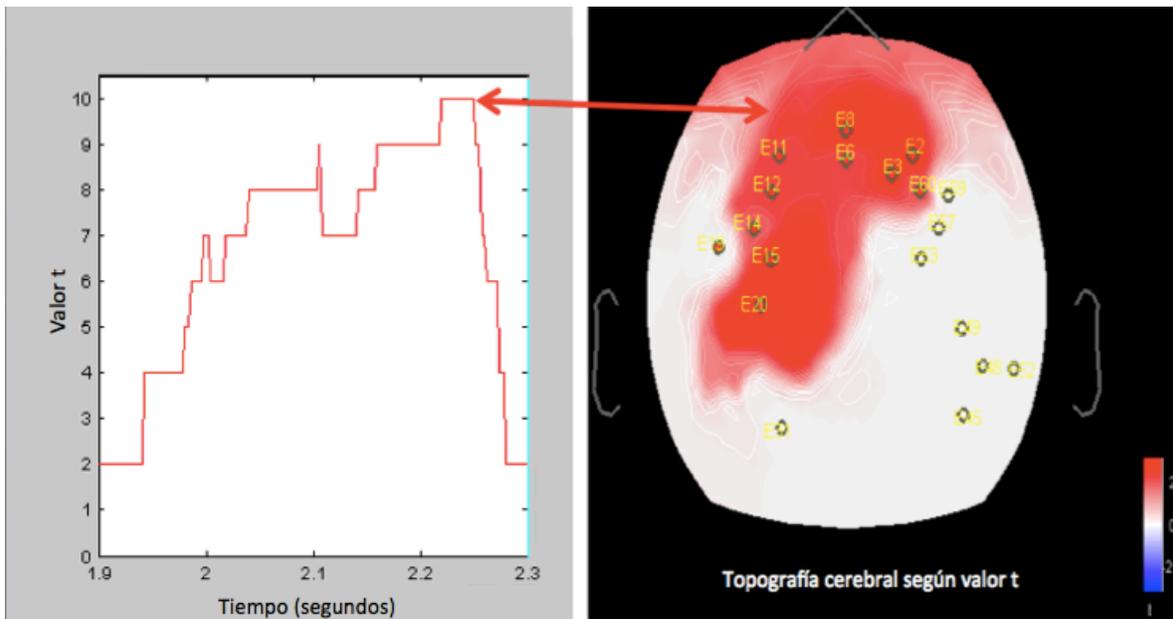


Figura 4. Comparación de promedio de amplitud en la condición nativo fonológico entre grupo leche materna y formula láctea en la ventana de tiempo 1906 a 2300 ms y espacio. a) Gráfico t valor en la ventana de tiempo 1906 a 2300 ms. Se obtiene comparando las medias de amplitud entre condiciones nativo fonológico del grupo leche materna y formula láctea. b) Topografía del cuero cabelludo de acuerdo al valor t de Student en el punto máximo de valor t, área en rojo (*p* valor 0.008, dos colas).

En resumen, dados los resultados anteriores se identificó el grupo espaciotemporal (ver figura 5) en la ventana de tiempo (1906 a 2300 ms) y espacio (electrodos 2,3,6,8,6,11,12,14,15 y 20) que es estadísticamente diferente entre los grupos en la condición nativo fonológico.

Debido a estudios anteriores³⁸⁻⁵³⁻⁵⁴ que usaron la tarea de discriminación fonológica, al encontrar diferencias significativas en la amplitud espaciotemporal entre grupos en la condición fonológica en el lenguaje nativo también se hubiera esperado encontrar diferencias en la condición fonológica en el lenguaje no nativo. A los 6 meses de edad los niños lograrían discriminar los contrastes fonéticos independiente del lenguaje, por lo que encontrar diferencias significativas solo en el lenguaje nativo fue un hallazgo inesperado. Es así que la diferencia significativa en la amplitud espaciotemporal encontrada en la condición fonológica nativa

significa que el grupo de leche materna presenta una mayor discriminación de fonemas nativos en comparación al grupo de la formula láctea (figura 5).

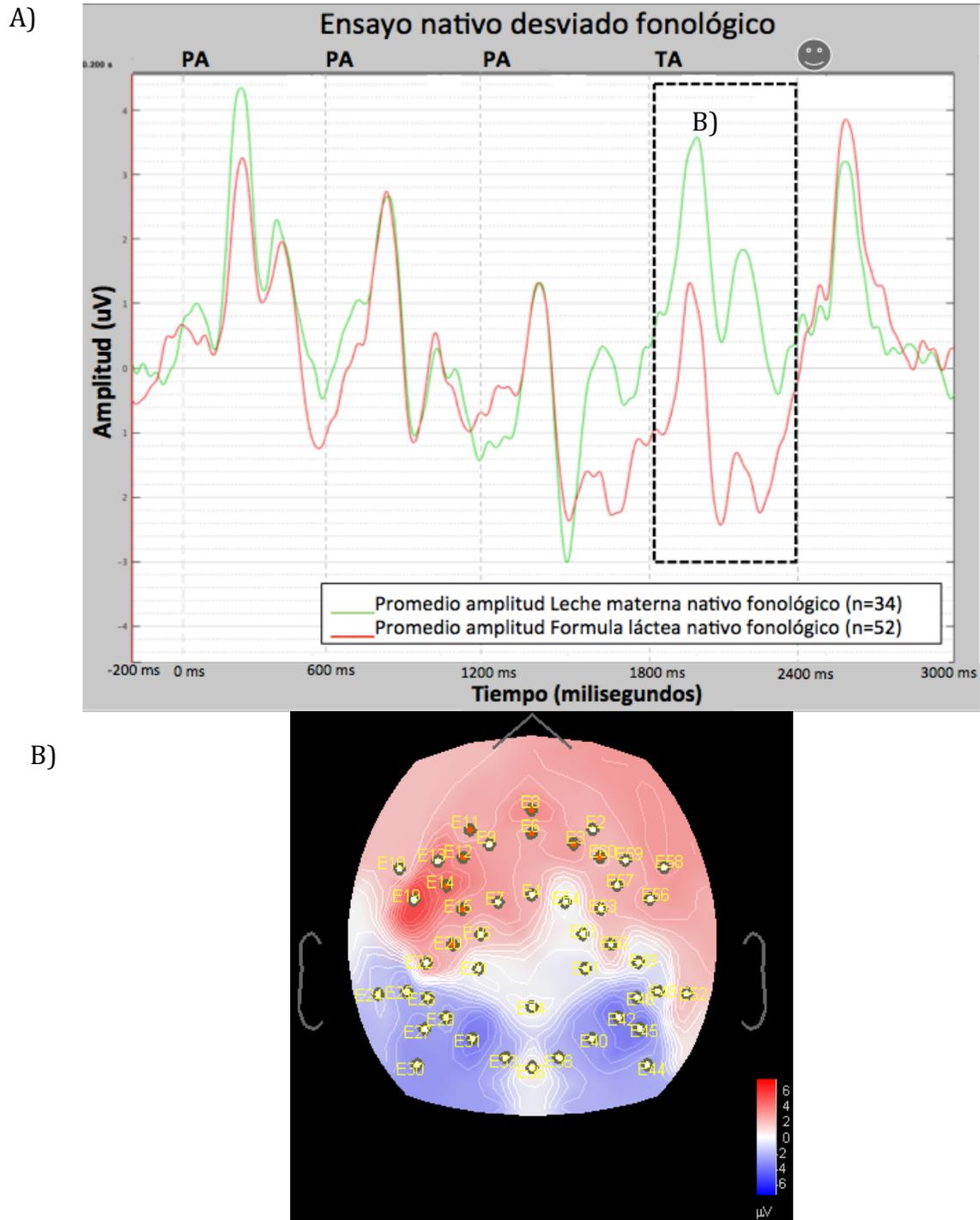


Figura 5. **Promedio de amplitud del grupo leche materna y formula láctea en la condición nativo desviado fonológico.** A) Se gráfica el promedio de amplitud del grupo de leche materna (línea verde) con el grupo de formula láctea (línea roja) de acuerdo a la presentación de

sílabas en la condición nativo desviado fonológico. Se destaca el grupo espaciotemporal significativamente diferente (rectángulo negro) entre grupo de leche materna y formula láctea.

B) Topografía del cuero cabelludo en el peak de respuesta del MMR en el grupo de leche materna.

Comparaciones estadísticas

Usando el programa estadístico SPSS (Paquete estadístico para ciencias sociales) se compararon las medias de amplitud de cada niño de cada grupo en cada condición en las ventanas de tiempo y electrodos del clúster identificado (tabla 4).

Tabla 4. Comparación de amplitud entre 1906 y 2300 ms y 10 electrodos.

Grupo		Media de amplitud	Desviación típica	N	t	p valor
Nativo Estándar	Leche materna	6.10409E-07	4.11972E-06	34	-.366	.715
	Formula láctea	9.28695E-07	3.82909E-06	52		
	Total	8.02861E-07	3.92566E-06	86		
Nativo fonológico	Leche materna	1.8492E-06	4.35821E-06	34	3.194	.002*
	Formula láctea	-1.04178E-06	3.93003E-06	52		
	Total	1.01167E-07	4.32002E-06	86		
No nativo estándar	Leche materna	-7.19299E-07	3.64911E-06	34	-.297	.767
	Formula láctea	-4.73839E-07	3.81028E-06	52		
	Total	-5.70881E-07	3.72763E-06	86		
No nativo fonológico	Leche materna	-3.22602E-08	4.3283E-06	34	.633	.529
	Formula láctea	-5.84438E-07	3.69846E-06	52		
	Total	-3.66135E-07	3.94388E-06	86		

* Diferencias de medias es significativa al nivel .05

Al aplicar la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) se observó que los datos se distribuyen de manera normal, por lo que se aplicó ANOVA (Análisis de varianza) de medidas repetidas diseño mixto con lenguaje (nativo y no nativo) y tipo (estándar, desviado y fonológico) como factores intra sujetos y grupo (leche materna y formula láctea) como inter grupo.

Tabla 5. ANOVA diseño mixto. Pruebas de efectos
intra-sujetos

Origen	F	p valor	Eta al cuadrado parcial
leng	7.352	.008	.080
leng * Grupo	3.557	.063	.041
tipo	.009	.923	.000
tipo * Grupo	3.248	.075	.037
leng * tipo	.632	.429	.007
leng * tipo * Grupo	3.086	.083	.035

a. Calculado con alfa = ,05

Se encontró un efecto principal para la condición lenguaje (tabla 5) donde la media de amplitud fue significativamente mayor en el lenguaje nativo que en el no nativos ($F(1,84) = 7.352$, $p = .008$, $\eta^2_p = .080$), independiente del grupo y el tipo de ensayo. Esto explicaría que el lenguaje nativo presenta mayor amplitud de respuesta que el lenguaje no nativo, efecto que ocurre en todos los niños independiente del grupo. Estos resultados fueron similares al reportado por Peña y colegas el 2010⁵³.

Si se restringe el análisis solo a los fonemas nativos se observa que hay diferencias significativas entre grupos en la condición fonológica ($t(84) = 3.194$, $p = .002$) (tabla 4). En cambio en los fonemas no nativos no se aprecian diferencias significativas entre grupos ni condiciones.

Se observa una tendencia de interacción grupo X lenguaje ($F(1,84) = 3.557$, $p = .063$, $\eta^2_p = .041$), lo que implicaría una diferencia de respuesta de amplitud en la cuarta sílaba en el grupo de leche materna en el lenguaje nativo que el grupo de formula láctea. Además se observa una tendencia de efecto de grupo X tipo de ensayo ($F(1,84) = 3.248$, $p = .075$, $\eta^2_p = .037$), lo que podría significar que existe una diferencia de amplitud en el tipo de contraste fonológico en el grupo de leche materna comparado con el grupo de formula láctea. Finalmente, se observó una tendencia de efecto entre grupo X lenguaje X tipo ($F(1,84) = 3.086$, $p = .083$, $\eta^2_p = .035$) lo que reflejaría una diferencia de respuesta de amplitud en el grupo de

leche materna en el lenguaje nativo y en la condición fonológica que el grupo de formula láctea (tabla 5).

Para aclarar estas tendencias se realizaron pruebas post hoc de comparaciones por pares. Se evidenció solo una diferencia estadísticamente significativa al comparar los dos tipos de lenguaje de acuerdo al tipo de ensayo y al grupo ($p < 0.05$) (tabla 6).

Tabla 6. Comparaciones por pares entre grupo, tipo y lenguaje.

Grupo	Tipo	Lenguaje	Diferencia de medias lenguaje	p valor ^b
Leche materna	Estándar	Nativo vs no nativo	1.330E-06	.133
	Fonológico	Nativo vs no nativo	1,881E-006	.034
Formula láctea	Estándar	Nativo vs no nativo	1.403E-06	.051
	Fonológico	Nativo vs no nativo	-4.573E-07	.518

Basadas en las medias marginales estimadas.

*. La diferencia de medias es significativa al nivel ,05.

b. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

En adición se comparó la diferencia entre la condición fonológica y estándar en el lenguaje nativo y no nativo intra sujetos (tabla 7). Se evidenció que efectivamente existe diferencia significativa en la interacción fonológica-estándar, pero solo en el lenguaje nativo (tabla 7), lo que confirma la hipótesis de que el grupo de leche materna presenta mayor amplitud en la prueba de discriminación fonológica al utilizar fonemas del lenguaje nativo en comparación con el grupo de formula láctea (figura 6).

Tabla 7. Comparación de amplitud de la diferencia entre condición Fonológica y Estándar en entre el tiempo 1906 y 2300 ms y 10 electrodos.

	Leche materna			Formula láctea			p valor
	N	Media de amplitud	Desviación estándar	N	Media de amplitud	Desviación estándar	
Diferencia nativo fonológico y estándar	34	1.24E-06	4.68E-06	52	-1.97E-06	5.45E-06	0.006*
Diferencia no nativo fonológico y estándar	34	6.87E-07	5.36E-06	52	-1.11E-07	5.19E-06	0.493

*. La diferencia de medias es significativa al nivel ,05.

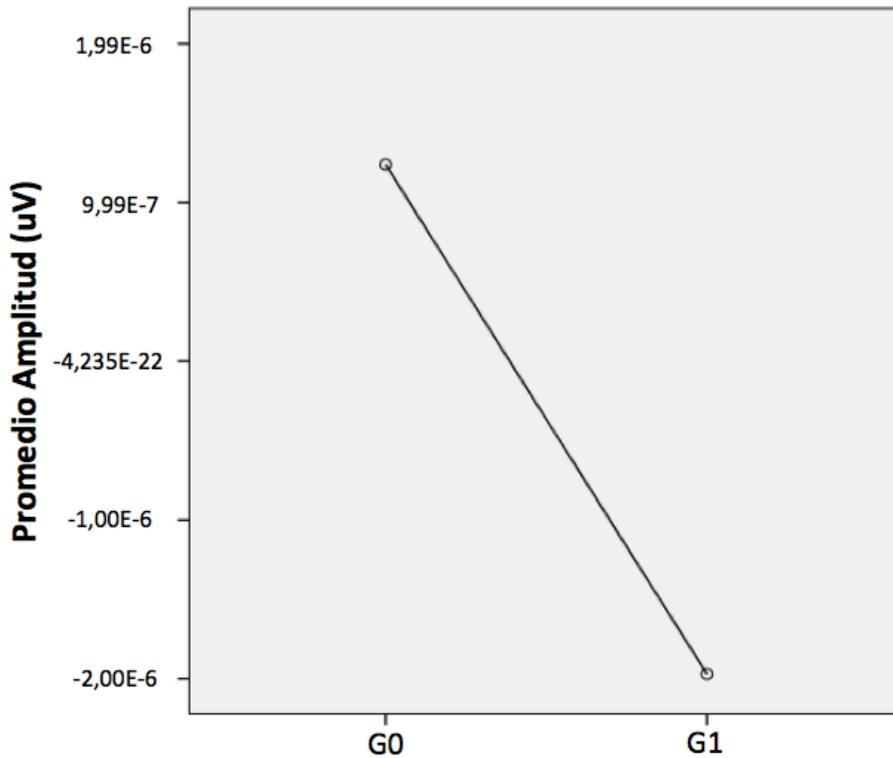


Figura 6. Promedio de amplitud de acuerdo a la diferencia entre condición fonológica y estándar de la MMR en lenguaje nativo. Grupo de leche materna (G0) muestra mayor diferencia entre condición fonológica y estándar en lenguaje nativo comparado con el grupo de formula láctea (G1).

En resumen los resultados muestran que existe una diferencia significativa en la condición nativo fonológica entre los grupos, demostrando que el grupo de leche materna presenta una mayor respuesta de amplitud de la *Mismatch Reponse* (MMR) en los fonemas nativos. Debido a esto se confirma la hipótesis de que el grupo de leche materna presenta una mayor respuesta de discriminación de fonemas nativos que los niños que consumen fórmula láctea.

2. Variables conductuales

Se analizaron las variables conductuales reportadas por los padres a través de la encuesta parental stress index – versión corta⁵⁷ y cuestionario conductual infantil forma abreviada (3 – 12 meses)⁶⁰.

2.1 Cuestionario conductual infantil forma abreviada (3 – 12 meses).

Consta de 37 preguntas las cuales se clasifican en⁶⁰: 1) Extroversión, escala que mide impulsividad, placer y nivel de actividad. 2) Afectividad negativa, escala que mide tristeza, miedo, ira/ frustración y malestar. Y 3) Control intencional, escala que mide conciencia/ restricción, control inhibitorio, placer de baja intensidad y sensibilidad perceptiva.

Se encontró diferencias significativas en la sub escala de afectividad negativa ($t(84) = 2.097, p = 0.039$) y control intencional del Cuestionario Conductual Infantil ($t(84) = 2.341, p = 0.021$) (tabla 8). Esto sugiere que el grupo de leche materna presenta mayores conductas de tristeza, miedo, ira / frustración y malestar que el grupo consumidor de fórmula láctea. Además de presentar mayor intención voluntaria, control inhibitorio y control atencional que el grupo consumidor de fórmula láctea.

Tabla 8. Comparación de puntajes en cuestionario conductual infantil por grupo. Se considera p valor <0.05.

Cuestionario conductual infantil		N	Media de puntajes	Desviación típica	t	p valor
Extroversión promedio	Leche materna	33	5.42	.534	.439	.662
	Formula láctea	52	5.35	.734		
Afectividad negativa promedio	Leche materna	33	4.11	.932	2.097	.039*
	Formula láctea	52	3.62	1.096		
Control intencional promedio	Leche materna	33	5.43	.773	2.238	.028*
	Formula láctea	52	5.08	.674		

2.2 Encuesta parental stress index – versión corta

Consta de 36 preguntas con tres sub escalas: Angustia Parental, Interacción Disfuncional madre-hijo y niño difícil⁵⁶. Los puntajes de la escala oscilan entre 12 y 60, mientras que el puntaje total varía entre 36 a 180. Los puntajes altos en las sub escalas y la puntuación total indican mayores niveles de estrés. Al comparar dichos puntajes entre los grupos, no se evidencia diferencia significativa (tabla 9).

Tabla 9. Comparación de puntajes encuesta de estrés parental. Se considera p valor <0.05.

Encuesta estrés parental		N	Rango promedio	Suma de rangos	U de Mann-Whitney	Z	p valor
Angustia parental	Leche materna	33	36.82	1215.00	1215.000	-1.843	.065
	Formula láctea	52	46.92	2440.00			
Interacción disfuncional madre-hijo	Leche materna	33	41.09	1356.00	1356.000	-.571	.568
	Formula láctea	52	44.21	2299.00			
Niños difícil	Leche materna	33	40.64	1341.00	1341.000	-.705	.481
	Formula láctea	52	44.50	2314.00			
Total	Leche materna	33	38.35	1265.50	1265.500	-1.386	.166
	Formula láctea	52	45.95	2389.50			

Se usó la prueba estadística de correlaciones de Pearson y no se encontró correlación entre la subescala afectividad negativa y control intencional del cuestionario conductual infantil (subescalas donde se encontró diferencia significativa entre grupos) y el promedio de amplitudes del grupo espaciotemporal encontrado en la cuarta sílaba. Por lo que se sugiere que esta subescala no interviene en la respuesta de MMR.

Discusión

Los resultados demuestran que existe una diferencia significativa en la respuesta de amplitud en la tarea de discriminación fonológica en el lenguaje nativo entre el grupo de leche materna y fórmula láctea. En otras palabras, los niños alimentados de leche materna presentan mayor discriminación de fonemas nativos comparado con los lactantes consumidores de fórmula láctea. Esto reflejaría una ventaja en la respuesta neural para la adquisición de la fonología en los niños alimentados con leche materna. Por consecuencia los niños que consumen leche materna a los 6 meses de edad estarían mejor preparados para aprender las palabras, regularidades fonotácticas y finalmente el desarrollo semántico-sintáctico de su lengua materna, que los alimentados con fórmula.

Diferentes estudios han usado el potencial evocado MMR para realizar tareas de discriminación fonológica³². Un aumento de la amplitud de la cuarta sílaba frente a la entrega de un estímulo auditivo desviado se correlaciona conductualmente a la distinción de esos sonidos por parte de los sujetos³². Por ejemplo, el entrenamiento de discriminación sobre estímulos fonológicos en adultos evidencia un aumento de la respuesta de amplitud post intervención de un fonema extranjero³². Con los antecedentes de esta tesis se reconoce que el MMR es una herramienta óptima para la evaluación de tareas de discriminación fonológica y que permite evaluar a menores de 6 meses de edad independiente de su atención.

Cabe mencionar que según estudios anteriores³ a los 6 meses de edad los niños tienen la habilidad de discriminar tanto fonemas nativos como no nativos, es decir, son ciudadanos del mundo. En esta tesis, en cambio, se observó solo una diferencia de respuesta de amplitud en los fonemas nativos. Es así que cuando el lenguaje era no nativo los menores que consumían leche materna presentaron igual respuesta en la tarea de discriminación fonológica que los lactantes de fórmula láctea. Esto podría reflejar que, contrario a lo referido en la literatura, los niños se especializan antes del año en las consonantes de su lengua materna, y que las diferencias entre grupos no se evidenciaron ya que las diferencias en

discriminación de fonemas no nativos fueron débilmente afectadas por el consumo de leche materna.

Modo de alimentación y cognición.

El modo de alimentación de los infantes ha sido un tema controversial en las diferentes investigaciones, sobre todo en los posibles efectos que puedan tener en las funciones cognitivas⁴⁶. En general los estudios se han basado en comparar desempeños en el test de coeficiente intelectual⁴¹⁻⁴⁶⁻⁶⁴ en la etapa escolar. Y los estudios centrados en el desempeño lingüístico han usado pruebas diseñadas para mayores de 3 años⁵¹. Este trabajo ha indagado en los efectos de la leche materna y formula láctea a los 6 meses de edad, donde los niños son alimentados en forma exclusiva de estas sustancias.

El modo de alimentación podría tener efectos en el neurodesarrollo de los niños, y por ende, en sus habilidades cognitivas. Por ejemplo, en un estudio con prematuros⁶⁵ (menos de 30 semanas de gestación o menos de 1250 gramos,) se observó que una mayor alimentación con leche materna en los primeros 28 días de vida fue asociada con mayor materia gris profunda y volumen hipocampal⁶⁵ de los lactantes. Además, otro estudio que investigó el efecto de la alimentación en las habilidades cognitivas fue el de Innis y colegas (2001)⁶⁶, quienes correlacionaron el efecto del DHA con el desempeño de discriminación fonológica, a través de la evaluación conductual. Encontraron una correlación positiva entre los niveles de fosfolípido DHA plasmático y sanguíneo en los niños de 2 meses de edad y su habilidad de discriminación de fonemas nativo y no nativos a los 7 meses. El DHA es un ácido graso poliinsaturado de cadena larga y se ha demostrado su participación en procesos cognitivos como la velocidad de la adquisición de la información, aceleración de la agudeza visual y el desarrollo de la retina⁴⁵. Los procesos del neurodesarrollo donde están involucrados los lípidos, en específico el DHA son⁴⁵: 1) Migración celular cerebral 2) Crecimiento neuronal y elongación axonal 3) Sinaptogénesis y 4) Mielinización.

Este trabajo contribuye a los estudios cognitivos relacionados con el modo de alimentación, y una de las grandes ventajas fue el uso del MMR. La medida de

su amplitud entrega evidencia de un aumento en la activación cerebral³⁰. Esto podría suponer una mayor maduración cerebral³⁸, es decir, desarrollo de áreas y vías neuronales que presentan una activación a ciertos estímulos sensoriales, motores y cognitivos³⁰.

Otras Variables

Los grupos fueron pareados de acuerdo a variables demográficas (pediátricas y socio-económicas) y luego de realizar las encuestas para estimar la relación madre-hijo y su entorno, se evidenció diferencias significativas entre los grupos en dos subescalas del cuestionario conductual infantil. Primero en la subescala de afectividad negativa, donde los niños consumidores de leche materna presentaron mayores conductas de tristeza, miedo, frustración y malestar que el grupo consumidor de fórmula láctea. Y segundo en la subescala de conducta intencional, evidenciando que los niños del grupo de leche materna presentan un mayor control inhibitorio, conciencia y restricción de ciertas conductas para la necesidad de adaptarse. Además mayor control voluntario de la atención. Esta habilidad emerge de la auto-regulación, un hito importante en el desarrollo de los niños⁶¹. Sin embargo, no se observó correlaciones entre la subescala afectividad negativa y conducta intencional con el promedio de amplitudes de la MMR en ningún grupo, por lo que se puede deducir que la diferencia de temperamento no se asocia a la amplitud de la MMR y por ende, no se relaciona a la discriminación de fonemas en los niños de 6 meses.

Desafíos a futuro.

Sería de gran relevancia realizar un estudio longitudinal, es decir, aplicar la tarea de discriminación fonológica a los niños al cumplir 12 meses de edad. El objetivo de ello sería observar la especialización de los menores a favor de su habla nativa, por lo tanto, la maduración y especificidad del sistema lingüístico. Además se podría aplicar algún cuestionario sobre el desarrollo lingüístico de los niños, como el inventario de desarrollo comunicativo de MacArthur (CDI), para correlacionar la respuesta neurofisiológica con una prueba conductual y corroborar

si efectivamente la respuesta de amplitud predice el desarrollo del lenguaje del niño después del año. Encontrar similares resultados podría sustentar la idea de que la leche materna debe ser por excelencia la alimentación óptima del lactante.

Cabe mencionar que en este estudio se utilizaron estímulos silábicos a partir de una voz sintética angloparlante, por lo que los formantes F1 y F2 presentaron valores frecuenciales menores a los usados en el idioma español. Según Soto (2007)⁶⁷ los formantes F1 y F2 en el español de Chile presentan valores aproximados de 600 Hz y 1400 Hz, respectivamente. En cambio, en este estudio se utilizó F1 entre 250 a 500 Hz y F2 entre 900 a 1600 Hz. Dado que F1 y F2 entregan información para identificar las vocales presentes en los idiomas⁶⁸, la diferencia de estos formantes en los estímulos usados en este estudio podrían no representar fonemas nativos propiamente tal. Es así que a pesar de que Peña y colaboradores (2012)³⁸ describieron la percepción fonológica de los hablantes adultos del español para los estímulos usados por Weker y Lalonde (1988)⁵⁴, sería ideal construir las sílabas a partir de hablantes de la población a la que se le aplicó la prueba -en este caso español de Chile- para que la condición nativa tenga mayor validez fonética.

Conclusión

Existió un efecto del modo de alimentación en los niños de 6 meses de edad en la tarea de discriminación de fonemas nativos, donde el grupo de leche materna presento mayor respuesta de amplitud ante fonemas nativos comparado con el grupo consumidor de formula láctea.

Estos resultados contribuyen al debate sobre los beneficios en el desarrollo cognitivo que entrega la leche materna exclusiva a los lactantes, ya que una mayor respuesta de discriminación fonológica en fonemas nativos podría predecir el desempeño lingüístico de los niños en etapas avanzadas.

Continuar este estudio longitudinalmente, evaluando la tarea de discriminación fonológica en los niños a los 12 meses, entregaría bases fuertes del desarrollo de la lengua materna y el proceso de maduración cerebral lingüística. Además complementar el método neurofisiológico con variables conductuales que evalúen el desempeño del lenguaje (como el CDI) podría entregar mayor información sobre el efecto del modo de alimentación en el desarrollo de lenguaje en etapas tempranas.

Bibliografia

- 1 Kuhl, P. (2004). Early language acquisition: cracking the speech code. *Nature reviews Neuroscience*, 5, 831-843.
- 2 Werker, J., & Hensch, T. (2015). Critical periods in speech perception: new directions. *Annual review of psychology*, 66, 173-196
- 3 Werker, J., & Tees, R. (1984). Cross-language speech perception: evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant behavior and development*, 7, 49-63.
- 4 Jansson-Verkasalo, E., Ruusuvirta, T., Huutilainen, M., Alku, P., Kushnerenko, E., Souminen, K., Rytty, S., Luotonen, M., Kaukola, T., Tolonen, U., & Hallman, M. (2010). Atypical perceptual narrowing in prematurely born infants is associated with compromised language acquisition at 2 years of age. *BMC neuroscience*, 11(88).
- 5 Kuhl, P., Conboy, B., Padden, D., Nelson, T., & Pruitt, J. (2005). Early speech perception and later language development: implications for the “critical period”. *Language learning and development*, 1, 237-264.
- 6 Rivera-Gaxiola, M., Klarman, L., Garcia-Sierra, A., & Kuhl, P. (2004). Neural patterns to speech and vocabulary growth in American infants. *Development neuroscience*, 16(5), 495-498.
- 7 Tsao, F., Liu, H., & Kuhl, P. (2004). Speech perception in infancy predicts language development in the second years of life: a longitudinal study. *Child development*, 75(4), 1067-1084.
- 8 Antonakou, A., Skenderi, K., Chiou, A., Anastasiou, C., Bakoula, C., & Matalas, A. (2013). Breast milk fat concentration and fatty acid pattern during the first six months in exclusively breastfeeding Greek women. *European journal of nutrition*, 52, 963-973.
- 9 Ballard, O., & Morrow, A. (2013). Human milk composition nutrients and bioactive factors. *Pediatric clinics of North America*, 60, 49-74.
- 10 Zagato, E., Miletì, E., Massimiliano, Z., Fasano, F., Budelli, A., Penna, G., & Rescigno, M. (2014). *Lactobacillus paracasei* CBA L74 metabolic products and fermented milk for infant formula have anti-inflammatory activity on dendritic cells

In Vitro and protective effects against colitis and an enteric pathogen In Vivo. PLoS ONE, 9(2).

11 Friel, J., Andrews, W., Jackson, S., Longerich, H., Merced, C., McDonald, A., Dawson, B., & Sutradhar, B. (1999). Elemental composition of human milk from mothers of premature and full-term infants during the first 3 months of lactation. *Biological trace element research*, 67, 225.

12 Bjorklund, D., & Causey, K. (2018) *Children's thinking cognitive development and individual differences*. Sixth Edition. SAGE, USA.

13 Lewis, C., & Mitchell, P. (Ed.). (2014). *Children's early understanding of mind. Origins and development*. Psychology press, London and New York, UK and USA.

14 Spittle, A., Orton, J., Anderson, P., Boyd, R., & Doyle, L. (2015). Early developmental intervention programmes provided post hospital discharge to prevent motor and cognitive impairment in preterm infants. *Cochrane database of systematic reviews*, 11.

15 Lenneberg, E., & Lenneberg, E. (1975) *Foundations of language development, a multidisciplinary approach, volumen 1*. Academic press, NY, USA.

16 Gidrewicz, D., & Fenton, T. (2014). A systematic review and meta-analysis of the nutrient content of preterm and term breast milk. *BMC Pediatrics*, 14, 216.

17 Werker, J., & Gervain, J. (2012). Speech perception in infancy: a foundation for language acquisition. Zelazo, D. (Ed), *The Oxford handbook of developmental psychology, vol 1: body and mind* (pp. 909-925). Oxford University Press.

18 Peña-Garay, M. (2005). Habilidades lingüísticas de los niños menores de un año. *Revista de neurología*, 41 (5): 291-298.

19 Curtin, S., & Zamuner, T. (2014). Understanding the developing sound system: interactions between sounds and words. *WIREs cognitive science*, 5, 589-602.

20 Pavez, M.; Maggiolo, M.; Peñaloza, C.; & Coloma, C. Desarrollo fonológico en niños de 3 a 6 años: Incidencia de la edad, el género y el nivel socioeconómico. *Revista de lingüística teórica y aplicada*. 47 (2): 89-109, 2009.

- 21 Nuñez, R., Colina, S., & Bradley, T. (Ed.). (2014). *Fonología generativa contemporánea de la lengua española*. Segunda edición. USA: Georgetown University Press.
- 22 Pajak, B., & Levy, R. (2014). The role of abstraction in non-native speech perception. *Journal of phonetics*, 46, 147-160.
- 23 Maye, J., Werker, J., & Gerken, L. (2002). Infant sensitivity to distributional information can affect phonetic discrimination. *Cognition*, 82, B101-B111.
- 24 Cristia, A., Seid, A., Junge, C., Soderstrom, M., & Hagoort, P. (2014). Predicting individual variation in language from infant speech perception measures. *Child development*, 85(4), 1330-1345.
- 25 Trainor, L. (2007). Event-related potential (ERP) measures in auditory development research. *Research Gate*, 69-102.
- 26 García, G., & De la Torre-Gea, G. (2014). Análisis de la relación amplitud-frecuencia en las señales EEG mediante leyes Bayesianas. *Research in computing science*. 76, 123-131.
- 27 Bressler, S. & Ding, M. (2006). Event-related potentials. *Wiley encyclopedia of biomedical engineering*. John Wiley & Sons, Inc.
- 28 Liao, K., McCandliss, D., Carlson, S., Colombo, J., Shaddy, J., Kerling, E., Cepping, R., Sihirapaporn, W., Cleatham, C., & Gustafson, K. (2016). Event-related potential differences in children supplemented with long-chain polyunsaturated fatty acids during infancy. *Developmental science*, 20 (5), 1-16.
- 29 Lopez-Calderon, J., & Luck, S. (2014). ERLAB: an open-source toolbox for the analysis of event-related potentials. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 213. doi: <http://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00213>
- 30 Friedman, D., & Johnson, R. (2000). Event-related potential (ERP) studies of memory encoding and retrieval: a selective review. *Microscopy research and technique*, 51, 6-28.
- 31 Cooper, R., Atkinson, R., Clark, R., & Michie, P. (2013). Event-related potentials reveal modeling of auditory repetition in the brain. *International journal of psychophysiology*, 88, 74-81.

- 32 Naatanen, R., Paavilainen, P., Rinne, T., & Alho, K. (2007). The mismatch negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: a review. *Clinical neurophysiology*, 118, 2544-2590.
- 33 Budd, T., Barry, R., Gordon, E., Rennie, C., & Micchie, P. (1998). Decrement of the N1 auditory event-related potential with stimulus repetition: habituation vs. refractoriness. *International journal of psychophysiology*, 31, 51-68.
- 34 Paavilainen, P., Karlsson, M., Reinikainen, K., & Naatanen, R. (1989). Mismatch negativity to change in spatial location of an auditory stimulus. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 73, 129-141.
- 35 Naatanen, R., Pakaninen, S., Rinne, T., & Takegata, R. (2004). The mismatch negativity (MMN): towards the optimal paradigm. *Clinical neurophysiology*, 115, 140-144.
- 36 Paavilainen, P. (2013). The mismatch-negativity (MMN) component of the auditory event-related potential to violations of abstract regularities: a review. *International journal of psychophysiology*, 88, 109-123.
- 37 Hovel, H., Portanen, E., Huotilainen, M., Lindgren, M., Rosén, I., & Fellman, V. (2014). Auditory event-related potentials at preschool age children born very preterm. *Clinical neurophysiology*, 125, 449-456.
- 38 Peña, M., Werker, J., & Dehaene-Lambertz, G. (2012). Earlier speech exposure does not accelerate speech acquisition. *The journal of neuroscience*, 32(33), 11159-11163.
- 39 Prado, E., & Dewey, K. (2014). Nutrition and brain development in early life. *Nutrition reviews*, 72(4), 267-284.
- 40 Bryan, J., Osendarp, S., Hughes, D., Calvaresi, E., Baghurst, K., & Van Klinken, J. (2004). Nutrients for cognitive development in school-aged children. *Nutrition reviews*, 62(8), 295-306.
- 41 Victora, C., Bahl, R., Barros, A., Franca, G., Horton, S., Krasevec, J., Murch, S., Jeeva, M., Walker, N., & Rollins, N. (2016). Breastfeeding in the 21st century: epidemiology, mechanisms, and lifelong effect. *Lancet*, 387, 475-490

- 42 Rosso, F., Skarmeta, N., & Sade, A. (2013). Informe técnico encuesta nacional de lactancia materna en la atención primaria – (ENALMA). Ministerio de Salud.
- 43 Rollins, N., Bhandari, N., Hajeebhoy, N., Horton, S., Lutter, C., Martines, J., Piwoz, E., Richter, L., & Victora, C. (2016) Why invest, and what it will take to improve breastfeeding practices?. *Lancet*, 387, 491-504.
- 44 Martin, C., Ling, P., & Blackburn, G. (2016). Review of infant feeding: key features of breast milk and infant formula. *Nutrients*, 8(5), 279. doi:10.3390/nu8050279
- 45 Chmielecuska, A., Dziechciarz, P., Gieruszczak-Bialek, D., Horuath, A., Piescik- Lech, M., Ruszczynski, M., Skorka, A., & Szajewska, H. (2016). Effects of prenatal and/or postnatal supplementation with iron, PUFA or folic acid on neurodevelopment: update. *British journal of nutrition*, 1-6. doi:10.1017/S0007114514004243
- 46 World Health Organization. (2013). Country implementation of the international code of marketing of breast-milk substitutes: status report 2011. Geneva.
- 47 Andres, A., Cleves, M., Bellando, J., Casey, P., & Badger, T. (2012). Developmental status of 1-year-old infants fed breast milk, cow's milk formula, or soy formula. *Pediatrics*, 129, 1141-1166.
- 48 Agget, P., Agostini, C., Goulet, O., Hernell, O., Koletzko, B., Lafeber, H., Michaelsen, K., Rigo, J., & Weaver, L. (2001). The nutritional and safety assessment of breast milk substitutes and other dietary products for infants: a commentary by the ESPGHAN committee on nutrition. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 32, 256-258.
- 49 Crawford, M., Wang, Y., Forsyth, S., & Brenna, T. (2015). The European food safety authority recommendation for polyunsaturated fatty acid composition of infant formula overrules breast milk, puts infants at risk, and should be revised. *Journal nutrition and health*, 22(2), 81-87.
- 50 Kent, G., & Castillo, C. (2016). Government distribution of infant formula in Chile. *Social medicine*, 10(3), 76-82.

- 51 Belfort, M., Rifas-Shiman, S., Kleinman, K., Guthrie, L., Bellinger, D., Tayeras, E., Gillman, M., & Oken, E. (2013). Infant feeding and childhood cognition at ages 3 and 7 years, effects of breastfeeding duration and exclusivity. *JAMA pediatrics*, 167(9), 836-844.
- 52 Friel, J. K., & Qasem, W. A. (2016). Human milk and infant formula: nutritional content and health benefits. Wilson, T., & Temple, N. (Ed.), *Beverage impacts on health and nutrition*. Second edition (pp. 151-162). Switzerland: Human Press.
- 53 Peña, M., Pittaluga, E., & Farkas, C. (2010). Adquisición fonológica en niños prematuros. *Revista Neurología*, 50(1), 12-18.
- 54 Werker, J., & Lalonde, C. (1988). Cross-language speech perception: initial capabilities and developmental change. *Developmental psychology*, 24(5), 672-683.
- 55 Werker, J., Gilbert, J., Humphrey, K., & Tees, R. (1981). Developmental aspects of cross-language speech perception. *Child developmental*, 52, 349-355.
- 56 Reitman, D., Currier, R., & Stickle, T. (2002). A critical evaluation of the parenting stress index – short form (PSI-SF) in a head start population. *Journal of clinical child & adolescent psychology*, 31(3), 384-392
- 57 Farkas, C., & Valdés, N. (2010). Maternal stress and perceptions of self-efficacy in socioeconomically disadvantaged mothers: an explicative model. *Infant behavior and development*, 33, 654-662.
- 58 Solis, M., & Abidin, R. (1991). The Spanish version parenting stress index: a psychometric study. *Journal of clinical child psychology*, 20(4), 372-378.
- 59 LaBounty, J., Bosse, L., Savicki, S., King, J., & Eisentat, S. (2016). Relationship between social cognition and temperament in preschool-aged children. *Infant and child development*. doi:10.1002/icd.1998
- 60 Putnam, S., Gartstein, M., & Rothbart, M. (2006). Measurement of fine-grained aspects of toddler temperament: the early childhood behavior questionnaire. *Infant behavior & development*, 29, 386-401

- 61 Putnam, S., & Rothbart, M. (2006). Development of short and very short forms of the children's behavior questionnaire. *Journal of personality assessment*, 87(1), 102-112.
- 62 The early childhood behavior questionnaire (ECBQ) Mary Rothbart's temperament questionnaires. Recuperado de <https://research.bowdoin.edu/rothbart-temperament-questionnaires/instrument-descriptions/the-early-childhood-behavior-questionnaire/>
- 63 Maris, E. & Ootenveld, R. (2007). Nonparametric statistical testing of EEG- and MEG – data. *Journal of neuroscience methods*: 164(1), 177-190.
- 64 Walfisch, A., Sermer, C., Cressman, A., & Koren, G. (2013). Breast milk and cognitive development – the role of confounders: a systematic review. *BMJ Open*, 3.
- 65 Belfort, M., Anderson, P., Nowak, V., Lee, K., Molesworth, C., Thompson, D., Doyle, L., & Inder, T. (2016). Breast milk feeding, brain development, and neurocognitive outcomes: a 7-years longitudinal study in infants born at less than 30 week's gestation. *The journal of pediatrics*, 177, 133-139.
- 66 Innis, S. Gilley, J. & Werker, J. (2001). Are human milk long-chain polyunsaturated fatty acids related to visual and neural development in breast-fed term infants?. *Journal pediatrics*, 139 (4), 532-538.
- 67 Soto, J. (2007). Variación el F1 y F2 en las vocales el español urbano y rural de la provincia de nuble. *Revista de lingüística teórica y aplicada*, 45 (2), 143-165.
- 68 Hualde, J. (2014). *Los sonidos del español: Spanish language edition*. Cambridge University press, UK.