

# Métodos Experimentales de Estudio de la Percepción Temprana del Habla\*

*Experimental Study Techniques for the Early Speech Perception*

*Métodos Experimentais de Estudo da Percepção Precoce da Fala*

LEONARDO FRANCISCO BARÓN BIRCHENALL

Fundación Universitaria Los Libertadores, Bogotá, Colombia

OLIVER MÜLLER

Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia

ÓSCAR GALINDO

Corporación Universitaria Iberoamericana, Bogotá, Colombia

## Resumen

El estudio de la percepción temprana del habla surgió a comienzos de la década de los setenta, pero solo se desarrolló plenamente diez años después, debido a la aparición y adaptación de nuevos métodos empíricos y herramientas tecnológicas. En este artículo se presenta una revisión de los métodos experimentales que pueden ser utilizados para el estudio de la percepción del habla en niños menores de un año. También se refieren algunas de las conclusiones teóricas más relevantes que se han alcanzado gracias a su aplicación. Se pretende brindar un panorama del estado metodológico y teórico del estudio de la percepción del lenguaje hablado durante el primer año de vida.

**Palabras clave:** percepción del habla, adquisición del lenguaje, infantes, investigación empírica, psicolingüística.

## Abstract

The early speech perception began to be studied at the beginning of the 1970s, but only developed fully ten years later due to the appearance and adaptation of new empirical methods and technological tools. The article reviews the experimental methods that can be used to study early speech perception in children under the age of one, and discusses some of the most relevant theoretical conclusions reached thanks to their application. The objective is to provide an overview of the methodological and theoretical situation of the study of speech perception during the first year of life.

**Keywords:** speech perception, language acquisition, infants, empirical research, psycholinguistics.

## Resumo

O estudo da percepção precoce da fala surgiu no começo da década de 1970, mas só se desenvolveu plenamente dez anos depois, devido ao aparecimento e adaptação de novos métodos empíricos e ferramentas tecnológicas. Neste artigo, apresenta-se uma revisão dos métodos experimentais que podem ser utilizados para o estudo da percepção da fala em crianças menores de um ano. Também se referem algumas das conclusões teóricas mais relevantes que se alcançaram graças à sua aplicação. Pretende-se oferecer um panorama do estado metodológico e teórico do estudo da percepção da linguagem falada durante o primeiro ano de vida.

**Palavras-chave:** percepção da fala, aquisição da linguagem, infantes, pesquisa empírica, psicolingüística.

**Cómo citar este artículo:** Barón Birchenall, L. F., Müller, O., & Galindo, O. (2014). Métodos experimentales de estudio de la percepción temprana del habla. *Revista Colombiana de Psicología*, 23(1), 73-94.

La correspondencia relacionada con este artículo debe dirigirse a Leonardo Francisco Barón Birchenall, e-mail: laescaladesol@gmail.com. Diagonal 61c n.º 22A-17, Bogotá, Colombia.

ARTÍCULO DE REVISIÓN

RECIBIDO: 10 DE ABRIL DE 2013 - ACEPTADO: 12 DE MARZO DE 2014

\* Este artículo es el resultado de la investigación titulada "Discriminación de los contornos de entonación declarativo e interrogativo en ratas", financiada por la Fundación Universitaria Los Libertadores y apoyada por el grupo de investigación EC Estudios en Ciencias del Comportamiento, clasificado por Colciencias en la categoría B.

### **El Estudio de la Percepción Temprana del Habla**

La percepción del habla puede ser descrita como un modo de escucha específicamente lingüístico: la transformación de una señal acústica, producida por una persona, en un mensaje comunicativo, recibido por otra. Este modo particular de escucha implica una “sintonización” del aparato auditivo humano con las características acústicas particulares de la señal del habla, que permite la extracción y comprensión de información a partir del procesamiento de la señal. En consecuencia, el estudio de la percepción temprana del habla se interesa en el desarrollo de esa sintonización durante los primeros años de vida (Gierut & Pisoni, 1988; Houston, 2011).

Este tipo particular de estudio, que surgió a comienzos de la década de 1970, pretende encontrar respuestas a preguntas relacionadas con el desarrollo perceptual y cognitivo de la facultad del lenguaje en los primeros años de vida, tales como, cuál es rol de la experiencia lingüística en la percepción del habla, cuál es la relación entre el desarrollo de la producción y la percepción del lenguaje, y cómo se relaciona el habla con otras habilidades cognitivas (Gerken & Aslin, 2005).

No obstante, el desarrollo temprano de la percepción del habla ha sido menos accesible a la investigación científica que el desarrollo de la producción, y ha sido notablemente más difícil. Esto se debe, por una parte, a los cambios constantes de atención de los bebés, y por otra, a sus limitadas habilidades comunicativas y motoras: habilidades fundamentales al momento de estudiar niños mayores y adultos (Fernald, Zangl, Portillo, & Marchman, 2008; Houston-Price & Nakai, 2004).

Debido a este tipo de dificultades, hasta finales de los 80 el estudio de la adquisición del lenguaje dependía en su mayoría de estudios descriptivos de la producción lingüística en niños pequeños. Las teorías de la adquisición se enfocaron entonces en la producción y pasaron por alto las capacidades sensitivas que no eran

evidentes pero que influían decididamente en el desarrollo. La producción del habla reflejaba la mitad observable de la facultad del lenguaje en su etapa de desarrollo, la comprensión era la otra mitad, la oculta. Para estudiarla, los científicos se valían en ese entonces de las respuestas verbales, muchas veces irrelevantes, de niños de alrededor de 2 años de edad. También utilizaban procedimientos en los que se pedía a los niños que llevaran a cabo diversas acciones, como señalar imágenes, juzgar enunciados o producir determinadas estructuras sintácticas; lo cual solía generar resistencia y producir respuestas también irrelevantes (Fernald, et al., 2008; Gollinoff, Ma, Song, & Hirsh-Pasek, 2013).

Asimismo, el estudio de la percepción del habla antes del nacimiento, es decir, la manera en que los fetos perciben la voz materna y la de las demás personas, ha sido todavía más difícil. Para llevarlo a cabo, en los años 70 se recurría a grabaciones intra-abdominales que se realizaban usando micrófonos cubiertos de membranas de caucho. Con el propósito de grabar las voces humanas para su posterior análisis, estos micrófonos se insertaban por la vagina y se colocaban cerca al útero en mujeres embarazadas y no embarazadas, o se ubicaban dentro de la cavidad amniótica después de la ruptura de las membranas, durante o después del alumbramiento (Lecanuet & Schaal, 2002).

La aparición y adaptación de nuevos métodos empíricos y herramientas tecnológicas a finales de los 80 permitió la recolección de abundantes datos y generó teorías novedosas sobre la adquisición y el desarrollo del lenguaje, que revelaron la riqueza de la capacidad perceptiva presente en los humanos desde edades muy tempranas. En este artículo se realiza una presentación de esos métodos, centrada específicamente en aquellos que son experimentales y que pueden ser usados para evaluar la percepción del habla durante el primer año de vida.

Para facilitar la lectura del artículo, la presentación se realiza de acuerdo con la siguiente

propuesta de clasificación: métodos basados en el paradigma de habituación, métodos basados en la medición de respuestas conductuales y métodos basados en la medición de la actividad cerebral.

En este artículo se presentan también algunas de las conclusiones teóricas más relevantes que se han alcanzado en los últimos años gracias a la aplicación de los métodos mencionados (una revisión completa en Barón, Galindo, & Müller, en prensa). Con respecto a lo anterior, el lector debe advertir que los avances en el campo de estudio de la percepción temprana del habla durante los últimos 30 años han sido fuertemente influenciados por la obra de Noam Chomsky. Por consiguiente, el abordaje ha sido sobre todo de corte cognitivo y las conclusiones se suelen generar en términos de estados y procesos mentales, poniendo particular cuidado en identificar las habilidades perceptivas que se sospechan innatas y universales (Houston, 2011; Levelt, 2013; Weitzman, 2007).

Desde luego, la aproximación teórica innatista y universalista no es actualmente el único marco de estudio de la adquisición y percepción del habla. Diversos autores, de varias orientaciones, defienden explicaciones alternativas sobre la manera en que se desarrolla tempranamente la facultad del lenguaje y sobre la relación que esta guarda con otros procesos cognitivos y comportamentales (véase por ejemplo: Bates & Carnevale, 1993; MacWhinney, 1998; Pérez-Almonacid & Quiroga, 2010; Pinker, 1995; Quartz & Sejnowski, 1997; Rispoli, 1999; Seidenberg & MacDonald, 1999; Weitzman, 2007). Asimismo, aun aceptando la existencia de capacidades perceptivas específicamente lingüísticas a muy temprana edad, no necesariamente debe aceptarse que estas estén en la mente de manera innata y que lo estén de forma equivalente en todas las personas (Karmiloff-Smith, 1994).

### **Métodos Basados en el Paradigma de Habituación**

Una serie de técnicas muy comunes hoy en día para evaluar la percepción temprana del

habla son las que se enmarcan en el paradigma de habituación. Este paradigma incluye, típicamente, una fase de familiarización con un cierto estímulo (o tipo de estímulos), seguida de una fase de prueba en la que se presenta un estímulo (o tipo de estímulos) novedoso. La respuesta diferenciada ante el estímulo novedoso, respecto al estímulo presentado en la fase de familiarización, se entiende como evidencia de la capacidad para discriminarlos o de la preferencia por uno de ellos (Doupe & Kuhl, 1999). El procedimiento de succión de amplitud elevada, ciertas mediciones del ritmo cardiaco, el procedimiento de preferencia de giro de cabeza y el procedimiento de habituación de la fijación visual pueden clasificarse como aplicaciones del paradigma de habituación.

Se debe tener en cuenta que estos métodos exigen, en general, una carga alta de memoria, debido al tiempo que transcurre desde el comienzo de la presentación de los estímulos en la primera fase, pasando por el periodo que requiere alcanzar la familiarización, hasta la presentación de los estímulos de prueba (Gierut & Pisoni, 1988). Asimismo, la interpretación de los datos que arrojan puede resultar problemática y requerir de técnicas de análisis sofisticadas (véase Houston-Price & Nakai, 2004).

### **Procedimiento de Succión de Amplitud Elevada**

El procedimiento de succión de amplitud elevada (*high-amplitude sucking procedure/paradigm* o HASP) se realiza con bebés desde el nacimiento hasta los 4 meses de edad, y permite analizar la capacidad para discriminar pequeños fragmentos de material auditivo (aunque ocasionalmente ha sido usado con frases completas). Para llevarlo a cabo, los bebés son puestos en una cuna, en una posición un poco inclinada, y se les da a succionar un chupete que se encuentra conectado a un computador por medio de un transductor de presión. Dicho computador registra la frecuencia de succión a la vez que controla

un altoparlante mediante el cual se pueden presentar estímulos auditivos. Se procede entonces a realizar una línea de base de la frecuencia de succión en un momento en que no se presenta estímulo alguno. A continuación empieza la fase de familiarización, en la cual se expone al bebé a cierto estímulo repetido (o a una serie de estímulos repetidos). Cuando se ha presentado el estímulo reiteradamente, el bebé se habitúa a él y la frecuencia de succión comienza a disminuir. Al llegar a un punto específico de disminución de la frecuencia de succión (usualmente un decrecimiento de la tercera parte), comienza la fase de prueba. En esta fase se presenta al grupo experimental un estímulo novedoso mientras que al grupo control se le vuelve a presentar el estímulo de la fase de familiarización (o alguno que comparta con él características clave). Al comparar las frecuencias de succión de los dos grupos se interpreta su aumento en el grupo experimental como señal de que el bebé ha discriminado los estímulos presentados (Guasti, 2002; Shi & Werker, 2001).

Según la interpretación de Floccia, Christophe y Bertoncini (1997), el HASP se fundamenta en un proceso de condicionamiento operante, en el que los estímulos auditivos (generalmente del habla) funcionan como refuerzo para los participantes. Así, debido a que la presentación del estímulo auditivo depende de la frecuencia de succión, esta aumenta en la medida en que el estímulo conserva sus propiedades reforzantes. Tales propiedades reforzantes desaparecen a medida que se presenta repetidamente el estímulo: un fenómeno conocido como saciedad. En términos de la conducta del bebé, la saciedad lleva a un decremento en las tasas de la respuesta reforzada (la succión). Al reemplazar el estímulo conocido por uno novedoso, se renuevan las propiedades de reforzamiento y se produce un nuevo incremento en las tasas de succión.

Por otra parte, aunque el HASP ha sido uno de los procedimientos más usados en el estudio de la percepción temprana del habla, llevarlo a

cabo es demorado, pues se tarda de 15 a 20 min en completarlo, por lo cual usualmente se presentan dificultades en el mantenimiento de la atención de los participantes (Gierut & Pisoni, 1988).

Gracias al HASP se sabe que entre el primer y el tercer día de edad los recién nacidos están en capacidad de distinguir entre palabras gramaticales y palabras léxicas (Shi, Werker, & Morgan, 1999; sobre la distinción entre palabras léxicas y gramaticales véase Shi & Werker, 2001); hacia las 68 horas de vida pueden discriminar entre distintos contornos tonales de palabras que no pertenecen a su lengua materna (Nazzi, Floccia, & Bertoncini, 1998; sobre el concepto de tono, o *pitch* véase Vaissière, 2005); a los 3 días están en capacidad de distinguir grupos bisilábicos de fonemas idénticos que contienen o no un límite de palabra (Christophe, Dupoux, Bertoncini, & Mehler, 1994); a los 5 días pueden distinguir entre frases de dos idiomas desconocidos distintos al materno, siempre y cuando pertenezcan a categorías rítmicas distintas, de lo contrario no lo pueden hacer (Nazzi, Bertoncini, & Mehler, 1998; sobre el concepto de categorías rítmicas de las lenguas —isocronía—, véase Gervain y Mehler, 2010); hacia el primer mes de vida pueden discriminar la señal acústica subyacente a la distinción fonémica que hacen los adultos angloparlantes de las consonantes /b/ y /p/ en inglés (Eimas, Siqueland, Jusczyk, & Vigorito, 1971); y finalmente, se sabe gracias al HASP que a los 2 meses de edad los bebés ya no pueden distinguir entre frases de dos idiomas distintos al materno y de categorías rítmicas distintas entre sí (Mehler et al., 1988).

Adviértase que algunas de estas conclusiones implican la existencia de una categorización rítmica universal de los idiomas, la isocronía, la cual en sí misma ha sido criticada, y respecto a la cual se han propuesto teorías alternativas (véase Arvaniti, 2009). Además, diversos resultados obtenidos mediante el uso del HASP en estudios de percepción temprana del habla apoyan una teoría común hoy en día en los círculos

académicos, según la cual prácticamente desde el nacimiento se posee la habilidad para distinguir entre todos los componentes sonoros de los idiomas del mundo; tal habilidad se perdería hacia el final del primer año de vida, a medida que se afianza el conocimiento del idioma materno (Aslin, Werker & Morgan, 2002; Doupe & Kuhl, 1999). Sin embargo, de acuerdo con Nittrouer (2001, 2002) esta concepción es incorrecta y debe reconsiderarse, pues los experimentos que la sustentan han tenido errores de implementación y se ha encontrado información contradictoria en otros estudios experimentales.

### Mediciones del Ritmo Cardíaco

En cuanto a la medición del ritmo cardíaco, se considera que la frecuencia de latidos del corazón disminuye por habituación y aumenta ante la novedad (así como ocurre en el HASP con la frecuencia de succión del chupete). De esta manera se puede poner a prueba la capacidad para discriminar entre dos estímulos en particular o entre dos tipos de estímulos, aunque no se puede establecer con precisión el grado de discriminación (Gierut & Pisoni, 1988; Guasti, 2002). Ahora bien, aunque este procedimiento se usa tanto en fetos como en recién nacidos, su aplicación no es equivalente, pues para medir la frecuencia de latidos del corazón del recién nacido se emplean tecnologías sofisticadas que se valen del electrocardiograma, mientras que en el feto se mide la contracción muscular del corazón, pues no es confiable el proceso de separación de la señal eléctrica generada por el corazón del feto y el de la madre. Además, el *vérnix caseoso* (capa grasosa que cubre el cuerpo del feto desde un momento determinado de la gestación) impide la conducción de la señal eléctrica desde el corazón del feto hasta la superficie materna (Kisilevsky et al., 2009).

Gracias al procedimiento de medición del ritmo cardíaco se sabe que entre las 33 y las 41 semanas de gestación se responde de manera diferente ante la voz de la madre respecto a otras

vozes, así como ante el lenguaje nativo respecto a un lenguaje extranjero (pertenecientes ambos a categorías rítmicas distintas); sin embargo, en ese mismo rango de edad no se diferencia la voz del padre de la de otro hablante masculino (Kisilevsky et al., 2009).

### Procedimiento de Preferencia de Giro de Cabeza

El procedimiento de preferencia de giro de cabeza (*head-turn preference procedure* o HPP; a veces llamado *procedimiento de atención preferencial auditiva* o *de preferencia visual*) aprovecha el hecho de que los bebés tienden a orientar su mirada hacia una fuente de sonido a la que atienden, y aprenden a mantener una respuesta (en este caso el giro de la cabeza) cuando la presentación de un estímulo motivante depende de ella. En consecuencia, el grado de atención de un bebé hacia un estímulo auditivo puede ser establecido midiendo la cantidad de tiempo que gira su cabeza hacia el lugar de donde proviene tal estímulo. Además, a diferencia del HASP, que se centra habitualmente en la percepción de pequeños fragmentos de material auditivo, el HPP es también útil para examinar la percepción de material auditivo prolongado —en especial el habla— (Kemler et al., 1995).

En el HPP usualmente se presentan dos tipos distintos de estímulos auditivos y se infiere la preferencia por uno de ellos a partir de la comparación de los tiempos promedio de atención hacia cada uno. Sin embargo, también puede familiarizarse inicialmente al bebé con un estímulo auditivo, y luego, en la fase de prueba, presentarle estímulos que compartan características clave con el estímulo ya presentado o que no lo hagan. Entonces, si el bebé ha logrado identificar un cierto tipo de característica específica del estímulo de familiarización en la fase de prueba, los estímulos posteriores que no presenten tal característica serán percibidos como novedosos y se atenderá durante más tiempo a ellos, en comparación con los estímulos que sí la

presentan, a los cuales se atenderá durante menos tiempo, pues el bebé se habrá habituado a ellos (Kemler et al., 1995; Nazzi, Jusczyk, & Johnson, 2000).

Para llevar a cabo el HPP se sienta a los participantes (usualmente bebés de entre 4 meses y medio y un año de edad) en el regazo de un adulto (generalmente la madre), quien escucha música mediante unos audífonos; ambos en una cabina de sonido atenuado. El bebé y el adulto se ubican de tal manera que justo enfrente les quede un panel con una bombilla verde (central) y a cada lado un panel con una bombilla roja (laterales). Detrás de cada bombilla lateral hay un altoparlante, y detrás de la bombilla central hay una videocámara, una terminal de computador y una caja de respuestas que permite prender y apagar las luces laterales y la central, y grabar la dirección y duración de los giros de la cabeza del bebé. Esta caja de respuestas es controlada por un examinador, quien también escucha música mediante unos audífonos (Nazzi et al., 2000).

En la fase de familiarización, la luz central centellea para atraer la atención del bebé hacia el panel que le queda enfrente, mientras que suena el estímulo de familiarización en los altavoces laterales durante determinado tiempo (2 min en Nazzi et al., 2000; la luz se apaga en cuanto comienzan a sonar los estímulos en la versión de Jusczyk, Cutler, & Redanz, 1993). Al comienzo de la fase de prueba, la luz central centellea y, una vez que el bebé fija en ella la mirada, se apaga y comienza a centellear una de las luces laterales. Cuando el bebé se fija en la luz lateral que se ha encendido (es decir, cuando gira la cabeza por lo menos 30 grados en esa dirección) los estímulos sonoros (nuevos o nuevamente los de la fase de familiarización) se dejan oír repetidamente desde el altavoz que está detrás de ella (de la luz encendida). Los estímulos siguen sonando y la luz centelleando, hasta que el bebé aparta de ella la mirada durante un tiempo determinado (unos 2 s) o hasta que transcurre un periodo de tiempo determinado por las características de

los estímulos de cada experimento en particular (15 s en Saffran, Aslin, & Newport, 1996). El tiempo que el bebé fija la mirada en la luz lateral encendida es la variable dependiente del experimento. Una cantidad significativamente mayor de tiempo de escucha hacia el lugar de donde provienen los estímulos novedosos, respecto al lugar de donde provienen los estímulos familiarizados, se considera como evidencia de la capacidad para discriminar entre los dos tipos de estímulos.

En ocasiones se denomina también al HPP como procedimiento de preferencia de familiarización (Jusczyk & Aslin, 1995; Marcus, Vijayan, Bandi, & Vishton, 1999). En general, los dos métodos son idénticos, aunque puede haber variaciones en cuanto a los tipos de colores de las luces de las bombillas, la cantidad de tiempo que se mantiene prendida alguna luz respecto al estímulo auditivo, la duración de los sonidos presentados y la cantidad de tiempo durante la cual se presentan, y, en el caso de Pons y Toro (2010), quienes trabajan con bebés de 11 meses, en el uso de monitores con imágenes en vez de bombillas de colores (siguiendo la misma lógica).

No obstante, el HPP en general solo puede ser usado con bebés mayores de 4 meses debido a que requiere la localización correcta de una fuente de sonido lateral y la orientación sostenida de la cabeza hacia ella (Bosch & Sebastián-Gallés, 1997). Por otra parte, las demandas mínimas de respuesta en el HPP, consistentes en girar la cabeza o en mirar hacia un estímulo o en sentido contrario a él, se consideran una gran ventaja, al igual que la variedad de sus posibles aplicaciones (visión, audición, olfato y procesamiento intermodal; Houston-Price & Nakai, 2004).

Gracias a la aplicación del HPP se sabe que a los 5 meses de vida los bebés conservan la capacidad de discriminar entre dos idiomas que pertenezcan a distintas categorías rítmicas, aun si ninguno de ellos es su lengua materna (esta capacidad se observa ya en recién nacidos de 5 días; Nazzi, Floccia et al., 1998; además, están

en capacidad de discriminar entre idiomas que pertenezcan a la misma categoría rítmica, cuando uno de ellos es su lengua nativa (lo cual se observa ya en bebés de 4 meses) o una variación de ella, pero no cuando son idiomas totalmente extraños o pertenecen a una categoría rítmica distinta a la de la lengua materna (Bosch & Sebastián-Gallés, 1997; Nazzi et al., 2000). Gracias al HPP también se sabe que a los 7 meses los bebés son capaces de representar, extraer y generalizar reglas algebraicas abstractas a partir de la señal del habla (Marcus et al., 1999); hacia los 7 y medio meses son capaces de detectar patrones de sonido correspondientes a palabras en el discurso fluido (Jusczyk & Aslin, 1995); a los 8 meses pueden usar información estadística contenida en el habla fluida para segmentar la señal en sus palabras constituyentes, tras un corto periodo de aprendizaje (Saffran et al., 1996); a los 9 meses prefieren las palabras bisilábicas con un patrón acentual común en su lengua materna, respecto a las palabras con un patrón acentual infrecuente en dicha lengua, y demuestran sensibilidad a la frecuencia de aparición de patrones fonotácticos en palabras del idioma materno (Jusczyk et al., 1993; Jusczyk, Luce, & Charles-Luce, 1994; sobre el concepto de estructura fonotáctica, véase Christophe, Guasti, Nespor, Dupoux, & Van, 1997).

Asimismo, el HPP ha permitido constatar que hacia los 9 meses de edad los bebés prefieren escuchar palabras poco frecuentes que respetan patrones fonológicos y fonotácticos comunes en su lengua materna, respecto a palabras poco frecuentes que los infringen (Jusczyk, Friederici, Wessels, Svenkerud, & Jusczyk, 1993). Gracias a este método, también se ha encontrado que a los 11 meses de edad los bebés están en capacidad de extraer y generalizar una regla sintáctica a partir de la señal del habla, cuando dicha regla se implementa sobre vocales, mas no cuando se implementa sobre consonantes (Pons & Toro, 2010); además, al año de edad pueden aprender rápidamente estructuras gramaticales complejas

que mantienen relaciones estadísticas de dependencia predictiva, pero no pueden aprender estructuras gramaticales que no mantienen tales relaciones (sobre el concepto de dependencia predictiva véase Saffran et al., 2008).

Debe advertirse al lector que, aduciendo una metodología defectuosa del procedimiento de preferencia de giro de cabeza, se ha propuesto que las conclusiones teóricas recién mencionadas no están garantizadas adecuadamente (cf. Weitzman, 2007).

### Procedimiento de Habitación de la Fijación Visual

Por su parte, el procedimiento de habituación de la fijación visual (*visual-fixation habituation procedure* o VHP) se basa en la siguiente lógica: ante presentaciones repetidas de un estímulo auditivo apareado con un estímulo visual, se genera habituación y la fijación hacia el estímulo visual eventualmente disminuye. Si entonces se presenta un nuevo estímulo auditivo apareado con el mismo estímulo visual ya presentado, y se está en capacidad de diferenciar entre los dos estímulos auditivos, el tiempo de fijación visual aumenta (Shi & Werker, 2001). El VHP ha sido usado en bebés desde los 4 meses de edad, así como en niños mayores y en adultos (Kaplan, Goldstein, Huckeby, & Cooper, 1995; Weitzman, 2007).

Para llevar a cabo el procedimiento, de acuerdo con la implementación del método hecha por Shi y Werker (2001), se sienta al bebé en el regazo de la madre (preferencialmente), quien escucha música mediante unos audífonos; ambos enfrente de un televisor (en el que se presenta el estímulo visual) y de un altavoz (desde el que se emiten los estímulos auditivos). En la versión de Kaplan et al. (1995) el bebé es sentado en una silla (de carro para bebés), enfrente de una pequeña pantalla de retroproyección, montada en el centro de un panel negro de madera. El campo de visión del bebé se restringe mediante una especie de capota oscura de plástico que

se ubica sobre él cuando comienza la sesión, y detrás de su asiento se ubica el altavoz. Los estímulos visuales son presentados mediante dos proyectores de diapositivas, mientras un experimentador, en otra habitación, y sin saber qué estímulos auditivos y visuales se están presentando, monitorea en video la conducta visual del bebé y mediante un interruptor portátil registra los tiempos de fijación en un computador.

En la fase de familiarización se presentan estímulos auditivos (en grupos idénticos entre sí o que comparten una característica clave), al tiempo que se deja ver en el monitor la imagen de un tablero de ajedrez en blanco y negro. Los ensayos inician cuando el bebé fija la mirada en el tablero y terminan cuando la desvía durante un tiempo determinado (1/2 s en Shi & Werker, 2001), o cuando transcurre un lapso de tiempo específico (16 s en Shi & Werker, 2001). En las versiones más simples del procedimiento cada ensayo tiene una duración fija y existe un tiempo fijo entre ensayos; por ejemplo, ocho ensayos de 10 s cada uno y una pausa de la misma duración entre estos. De esta forma, la presentación del estímulo visual, el tablero de ajedrez, no está relacionada con la fijación de la mirada del bebé, puesto que el tablero se presenta durante un tiempo determinado así él mire o no (Colombo & Mitchell, 2009). Si el bebé no está mirando la pantalla cuando termina un ensayo, una luz centellea de tal forma que atrae nuevamente la atención hacia la pantalla, y así comienza el siguiente ensayo. Se considera que el bebé se ha habituado a los estímulos de familiarización cuando el tiempo de mirada hacia el tablero, mientras suena un conjunto de estímulos, difiere en una cantidad determinada del tiempo de mirada hacia el tablero, mientras sonaba el primer grupo de estímulos presentado (66% o menos en Shi & Werker, 2001; el criterio puede variar según las características del estudio).

Enseguida comienza automáticamente la fase de prueba y se cambia entonces el tipo de estímulos auditivos: para el grupo experimental

se usan estímulos que difieran en alguna característica clave de los de familiarización y para el grupo control aquellos que compartan tal característica. Se considera que el aumento significativo en el grupo experimental del tiempo de fijación de la mirada hacia el tablero ajedrezado, respecto al grupo control, indica la capacidad para diferenciar los dos tipos de estímulos presentados (Shi & Werker, 2001).

Gracias a este procedimiento se sabe que a los 5 meses de edad los bebés están en capacidad de discriminar entre la entonación interrogativa y la declarativa (capacidad que se mantendría por lo menos hasta los 9 meses; Frota, Butler, & Vigário, 2013), y que a los 6 meses prefieren escuchar las palabras léxicas respecto a las palabras gramaticales (Shi & Werker, 2001).

### **Otros Métodos Basados en la Medición de Respuestas Conductuales**

#### **Procedimientos Basados en el Reforzamiento Diferencial**

Para la evaluación de la percepción del habla en fetos puede usarse un procedimiento basado en el reforzamiento diferencial, como el que aplicaron DeCasper y Spence (1986). En este caso en particular, mujeres embarazadas recitaron en voz alta una historia corta para niños, dos veces por día, cada día durante sus últimas 6 semanas de gravidez (cada historia duraba aproximadamente 3 min). Las lecturas se hicieron cuando las madres estimaron que sus bebés (fetos) estaban despiertos, asegurándose de que el lugar en que leían permaneciera en silencio, de tal manera que su voz fuera el único estímulo audible presente. Después del nacimiento, cuando los bebés alcanzaron unas 55 horas de vida, se les presentó mediante un par de audífonos grabaciones de las historias oídas antes del nacimiento (conocidas) y grabaciones de otras historias que no habían oído antes de nacer (desconocidas). En ambos casos estas eran recitadas

por las respectivas madres. La presentación de uno u otro tipo de historia dependía de las características de la succión de un chupete (conectado a un computador mediante un transductor de presión) por parte de los bebés.

En específico, inicialmente se realizó una línea de base de la frecuencia de succión durante 5 min, sin presentar ningún estímulo. Esta succión se da usualmente en grupos de estallidos —entiéndase estallido de succión como una serie de succiones individuales separadas entre sí por menos de 2 s—. De esta forma se generan *intervalos entre estallidos de succión* (IES), que empiezan 2 s después de la última succión de un estallido y terminan con el comienzo de la primera succión del siguiente estallido. La línea de base de la frecuencia de succión se utilizó entonces para determinar la distribución y el *valor medio* de los IES de todos los bebés (VM).

Una vez establecido el VM, se llevó a cabo el procedimiento de reforzamiento diferencial, durante 20 min, que consistió en presentar a la mitad de los participantes las historias conocidas, si sus IES duraban lo mismo o más que el VM, y las historias desconocidas si sus IES duraban menos que el VM. A la otra mitad de los participantes se les aplicó el procedimiento contrario (IES iguales o superiores al VM generaban la presentación de las historias desconocidas; IES menores que el VM generaban la presentación de las historias conocidas). Sucedió entonces que la frecuencia relativa de los IES que generaban la presentación de la historia conocida aumentó significativamente en relación con la frecuencia de los IES que generaban la presentación de la historia desconocida. Esto se interpretó como indicio de que la percepción del habla materna por parte de los fetos (por lo menos en el mes y medio previo al alumbramiento) influye sobre la percepción de los sonidos del lenguaje después del nacimiento (DeCasper & Spence, 1986).

Otro procedimiento basado en el reforzamiento diferencial fue usado por Mehler, Bertocini, Barrière y Jassik-Cerschenfeld (1978) con

bebés de 1 mes. Para llevarlo a cabo midieron la frecuencia de succión que los recién nacidos realizaban de un chupete conectado a un transductor. Cada vez que se alcanzaba un determinado nivel umbral se activaba una grabación, mediante unos altavoces, de un fragmento de discurso perteneciente a una de tres condiciones: (a) voz materna con entonación natural (sobre el concepto de entonación véase Vaissière, 2005), (b) voz materna sin entonación y (c) voz de un extraño. Se medía entonces el tiempo que transcurría entre el momento en que se pasaba el umbral de succión (que activaba la presentación de los estímulos) y la siguiente succión. Esto se consideró una medida del interés del recién nacido hacia el habla que escuchaba, pues cuanto más rápido se succionaba más rápido se dejaba oír el siguiente fragmento del discurso materno. Los resultados de este estudio indican que hacia el primer mes de vida se prefiere la voz materna a la de un extraño, siempre y cuando se hable con una entonación natural.

### Procedimiento de Giro de Cabeza Condicionado

El procedimiento de giro de cabeza condicionado (*conditioned head turn procedure* o CHTP), también conocido como *discriminación infantil del habla reforzada visualmente* (*visually reinforced infant speech discrimination*), se aplica preferiblemente a bebés de 5 a 18 meses de edad (aunque con variaciones puede aplicarse incluso en edad adulta), y permite poner a prueba la capacidad de discriminación entre estímulos auditivos (Gierut & Pisoni, 1988). Este procedimiento se lleva a cabo en una cabina de sonido atenuado, en la cual se sienta al bebé en el regazo de su cuidador (usualmente la madre), quien escucha música mediante unos audífonos, ambos al lado de una mesa. Al otro lado de la mesa se encuentra sentado un investigador (Experimentador 1), quien también escucha música mediante unos audífonos. En una de las paredes de la cabina, que les queda al costado al bebé y a su cuidador, se encuentran un altavoz y una caja oscura con tapa

de plástico transparente, que al ser iluminada deja ver en su interior animales animados de juguete (que sirven como reforzadores visuales). Por medio del altavoz se presentan los estímulos auditivos. Un segundo investigador, ubicado fuera de la cabina, opera un computador y observa al bebé a través de un espejo unidireccional o mediante un circuito cerrado de televisión. Para operar el computador, el segundo investigador (Experimentador 2) se vale de una caja de respuestas provista con botones que permiten comenzar y terminar los ensayos, grabar la conducta del bebé (si hay circuito de televisión) e iluminar la caja (Berko & Bernstein, 1998; Werker, Polka & Pegg, 1997; Werker & Tees, 1984).

La lógica del CHTP consiste en enseñar al bebé a girar la cabeza en dirección a la caja oscura cuando detecte un cambio en el estímulo auditivo. Cuando el bebé realiza correctamente esta acción la caja oscura es iluminada, permitiéndole ver a través de la tapa de plástico los animales animados de juguete que hay dentro (además, el Experimentador 1 le sonrío al bebé y celebra su conducta). En cuanto a los pasos que se deben seguir, primero se lleva a cabo una etapa de familiarización, en la cual el reforzador visual se presenta inmediatamente después de hacer el cambio entre estímulos. Después de un cierto número de ensayos (usualmente entre tres y ocho) empieza la etapa de condicionamiento. En esta, el Experimentador 2 se encarga de condicionar (moldear) gradualmente la conducta del bebé, consistente en girar la cabeza hacia el reforzador visual. Esto se consigue al presentar este último inmediatamente después del cambio de estímulo y luego incrementar gradualmente la demora en la presentación, con lo cual se da al bebé la oportunidad de iniciar un giro de cabeza por sí solo. Una vez que el bebé ha realizado una cantidad determinada de giros de cabeza anticipatorios (unos tres seguidos; lo cual sucede usualmente entre el primer ensayo y el décimo) empieza la fase de prueba (Werker et al., 1997).

En esta fase el computador genera aleatoriamente ensayos experimentales (con cambios de estímulo) o ensayos control (sin cambio de estímulo). El Experimentador 2, quien no está consciente de qué tipo de ensayo es, es el encargado de monitorear la conducta de giro de cabeza del bebé y presionar un botón cuando esta se presenta. Si tal botón es presionado durante una ventana de tiempo específica, se activa el reforzador visual (en Werker et al., 1997, entre 4 y 6 s después del cambio de sonido). Se considera un *éxito* cuando el bebé mueve la cabeza en un ensayo experimental y un *desacierto* cuando no lo hace. Se considera un *rechazo correcto* cuando el bebé inhibe el movimiento en un ensayo control y una *falsa alarma* cuando lo lleva a cabo. Finalmente, de acuerdo con la forma en que aplicaron el procedimiento Werker y Tees (1984), se concluye que el bebé ha sido capaz de discriminar los sonidos cuando alcanza ocho *éxitos* en 10 ensayos experimentales, sin haber cometido entretanto más de dos errores (*falsa alarma, desacierto*). Los ensayos experimentales y de control se alternan aleatoriamente).

Gracias al CHTP se sabe que entre los 10 y los 12 meses de edad se pierde la capacidad para diferenciar entre los contrastes fonéticos del habla a la que no se está expuesto, pero se mantiene la capacidad para diferenciar los de la lengua materna (Werker & Tees, 1984). Una objeción a resultados como estos fue planteada anteriormente en este artículo.

### Procedimiento de Orientación Visual

Otro método para evaluar la percepción temprana del habla es el procedimiento de orientación visual (*visual orientation procedure* o VOP). A diferencia del HPP, este procedimiento permite estudiar las reacciones de bebés menores de 4 meses y medio, pues no requiere localizar con precisión una fuente de sonido lateral ni mantener la orientación de la cabeza hacia ella (Bosch & Sebastián-Gallés, 1997).

El VOP se lleva a cabo en una cabina de sonido atenuado, en la cual se sienta al bebé en el centro, en una silla alta. Enfrente de él se ubica una cámara de video, de manera que no pueda ser vista. Detrás de él, en otra silla, se sienta al cuidador (usualmente la madre), de forma tal que pueda observar las reacciones faciales y los movimientos del bebé a través de un monitor, que el bebé no ve (en la versión de Dehaene-Lambertz & Houston, 1998, un experimentador y los padres del bebé observan el procedimiento desde otra habitación, por medio de un sistema de video). Se da instrucciones al cuidador de no tocar al bebé a menos de observar en él señales de malestar. La cámara de video y los micrófonos ubicados en la cabina permiten a un examinador, que se encuentra en un cuarto adyacente, seguir el desarrollo de la situación y controlar mediante un computador la presentación de los estímulos y la grabación de los ensayos. Un segundo experimentador está escondido cerca al bebé, dispuesto a intervenir ante cualquier falla en el procedimiento. Justo enfrente del bebé se ubica un monitor de computador y dos altavoces cubiertos con la imagen de la cara de una mujer (uno de los altavoces está a unos 35 grados hacia la derecha y el otro a unos 35 grados hacia la izquierda; Bosch & Sebastián-Gallés, 1997; Dehaene-Lambertz & Houston, 1998).

Para llevar a cabo el procedimiento se empieza por atraer la atención del bebé hacia el monitor que le queda enfrente, en el cual se dejan ver dos imágenes coloridas y dinámicas durante algunos segundos (en Dehaene-Lambertz & Houston, 1998, se presenta en el monitor una imagen de un espiral en movimiento, compuesto por puntos coloridos). La prueba comienza al activar estímulos auditivos por alguno de los altavoces laterales al tiempo que se apaga el monitor central. En ese momento se mide la latencia entre el comienzo del estímulo auditivo y el comienzo del movimiento sacádico hacia uno de los altavoces laterales (por el cual suena el estímulo), determinando así la *latencia de orientación* (esto

se hace mediante el análisis de la cinta de video). Si se parte del supuesto de que se reacciona más rápido ante los estímulos familiares, si un sujeto logra diferenciar entre dos estímulos, uno familiar y otro desconocido (e.g., el habla materna y un idioma extranjero), al serle presentados estos estímulos se observarán latencias de orientación más cortas hacia el estímulo familiar respecto a las latencias hacia el desconocido (Bosch & Sebastián-Gallés, 1997; Guasti, 2002).

De la manera recién referida, el VOP puede usarse para estudiar la discriminación entre estímulos auditivos familiares y desconocidos; pero también puede utilizarse para estudiar la discriminación entre dos tipos de estímulos auditivos desconocidos (e.g., muestras de dos idiomas extranjeros). Para este fin, Gout, Christophe, y Dupoux (2002) realizaron una variación al método que implica varios ensayos cortos de familiarización-prueba. Estos ensayos empiezan con cuatro estímulos de familiarización que pertenecen a la misma categoría y continúan con un estímulo de prueba, que pertenece a una categoría diferente (ensayo experimental) o a la misma categoría que los cuatro anteriores (ensayo control). Esta variación permite comparar las latencias de orientación de un estímulo en particular, de acuerdo con los estímulos que le preceden (de la misma o de distinta categoría).

En general, en el procedimiento aplicado por Gout et al. (2002) la distribución de la pantalla y los altavoces, y la ubicación del bebé y su cuidador, son las mismas que en la versión del VOP que hemos presentado en los párrafos anteriores, aunque los parlantes laterales están equipados con una luz que puede hacerse centellear. En específico, en la versión de Gout et al. del VOP se presentaron en cada ensayo entre cinco y siete estímulos auditivos cortos de familiarización, a través de los dos altoparlantes laterales (con espacios interestímulo de 500 ms), mientras que un espiral dinámico y colorido se presentaba en una pantalla ubicada enfrente del bebé (para mantener su atención centrada).

Luego se presentaron los estímulos auditivos de prueba en forma aleatoria a la derecha o izquierda del bebé, mientras que la pantalla permanecía apagada. Tan pronto como el bebé realizaba un movimiento de cabeza lateral de al menos 30 grados, y si el giro de la cabeza había sido en dirección al sonido, automáticamente comenzaba a centellear la luz correspondiente al altoparlante por el cual se estaba presentando tal sonido. La luz seguía centelleando hasta el final del ensayo (con el fin de mantener la respuesta espontánea de orientación del bebé durante el procedimiento). En la mitad de los ensayos los estímulos de prueba fueron de la misma categoría que los de familiarización (ensayo control) y en la otra mitad fueron de una categoría distinta (ensayo experimental). La variable dependiente del experimento consistía, al igual que en la versión original del VOP, en la latencia de orientación.

Gracias al VOP se sabe que hacia los 4 meses de edad los bebés adquieren la capacidad de distinguir entre su idioma materno y otro que pertenezca a la misma categoría rítmica (Bosch & Sebastián-Gallés, 1997). Una objeción a resultados como estos fue presentada anteriormente en este artículo.

### **Paradigma Intermodal de Preferencia de Mirada**

En el paradigma intermodal de preferencia de mirada (*intermodal preferential looking paradigm* o IPLP) se evalúa la comprensión del habla respecto a un determinado estímulo visual. Esto se logra a partir de la medición del tiempo de fijación de la mirada hacia cada uno de dos estímulos (imágenes o videos) presentados uno al lado del otro, a la vez que se nombra uno de ellos (usualmente en el registro de habla dirigida al bebé; sobre este tipo de registro del habla véase Burnham, Kitamura, & Vollmer-Conna, 2002). El IPLP sirve para medir el conocimiento floreciente en fonología, semántica, sintaxis y morfología, en niños que aún no aprenden a hablar (ha sido usado incluso a los 4 meses y medio de

edad). A diferencia del procedimiento de habituación de la fijación visual (VHP), el IPLP no está basado en el paradigma de habituación, que depende de la percepción de la novedad, sino que se vale de la habilidad del bebé para encontrar una imagen concordante con un estímulo auditivo (Golinkoff et al., 2013).

Los diseños de este paradigma suelen comenzar con la presentación de un estímulo visual (la imagen del rostro de un bebé o una luz centelleante) que atrae la atención hacia la parte central de la pantalla en la que los dos estímulos (imágenes o videos) van a ser presentados, justo a la mitad entre los dos. De esta forma el participante queda listo para hacer los cambios de mirada entre los estímulos visuales que se presentan enseguida. Luego se pasa a una prueba silenciosa para familiarizar a los participantes con los dos estímulos visuales, antes de que los estímulos auditivos les sean superpuestos. La prueba silenciosa también permite constatar que los estímulos visuales sean igualmente atractivos, pues se entiende que las respuestas de observación no tienen que deberse al atractivo de un estímulo respecto a otro, sino a la concordancia entre lo que se escucha y lo que se ve (esta parte “silenciosa” del procedimiento puede ser acompañada por emisiones neutrales de lenguaje, como: “¿Qué ves?”). Finalmente, se superpone la presentación del estímulo auditivo correspondiente a uno de los visuales (imágenes o videos) y se mide el tiempo de fijación hacia cada uno de estos últimos. Si el bebé fija durante más tiempo su mirada en el estímulo visual correspondiente a el auditivo que está oyendo, se concluye que ha percibido la conexión entre ambos.

También puede aplicarse una variación al diseño para estudiar el aprendizaje de palabras. Para ello se realizan ensayos de entrenamiento en los que una sola imagen es acompañada de una etiqueta lingüística, con lo cual se permite a los participantes hacer la asociación palabra-referente. Después, en los ensayos de prueba, se muestran dos estímulos visuales, lado a lado

(presentados con anterioridad en ensayos silenciosos), mientras se deja oír al mismo tiempo una palabra que refiere uno de los estímulos. Se espera que el bebé, al comprender la palabra, fije más su mirada en el estímulo visual relacionado con ella.

En cuanto a las limitaciones del IPLP, se ha hecho notar que al aplicarlo se puede sobrestimar el conocimiento lingüístico de los participantes, pues la conexión entre el estímulo auditivo y el visual puede no deberse a un proceso de reconocimiento de la relación sino a uno de eliminación (es decir, reconocer que uno de los estímulos visuales no se corresponde con el sonido y debido a eso elegir el otro). Además, resulta difícil usar el método para examinar la comprensión de palabras abstractas, por lo tanto es aconsejable combinarlo con otras técnicas (Golinkoff et al., 2013).

Gracias a la aplicación del IPLP se sabe que bebés de entre 18 y 20 semanas de vida, al escuchar una cierta vocal, fijan más su mirada en el video de un rostro que la pronuncia que en uno del mismo rostro pronunciando otra vocal. Esto se ha interpretado como muestra de la capacidad intermodal para percibir la relación entre aspectos visuales de pronunciación y señales auditivas correspondientes a vocales (Kuhl & Meltzoff, 1982).

Además, gracias al IPLP se ha encontrado que bebés de entre 4 y 8 meses de edad, al escuchar frases en su lengua nativa y en otra extranjera, centran cada vez más su atención en la boca de quien pronuncia la frase que en sus ojos, y hacia los 12 meses, solo ante la presentación de frases en el idioma nativo, van centrando nuevamente más la mirada en los ojos de quien habla que en su boca (Lewkowicz & Hansen-Tift, 2012). El primer cambio (prestar atención a la boca de quien habla) podría servir a los bebés para tener acceso a información audiovisual redundante relativa al habla, que les permitiría aprender las formas lingüísticas. El segundo cambio (vuelta de la atención a los

ojos) reflejaría el crecimiento de la experiencia respecto al idioma nativo, y permitiría a los bebés tener acceso a claves sociales. Los niños de 12 meses no dirigirían la atención a los ojos al escuchar el idioma extranjero debido a que el incremento de la experiencia con el idioma materno generaría un estrechamiento perceptual que haría muy difícil procesar el idioma extranjero sin seguir accediendo a la información audiovisual redundante (según los autores del trabajo).

En el caso específico de la aplicación del IPLP en el experimento de Lewkowicz y Hansen-Tift (2012) se usó un *rastreador ocular* (*eye-tracker*), que permite medir la dirección de la mirada de los bebés (en el caso referido se aplicó al ojo izquierdo). El rastreador ocular consiste en una cámara de video que registra los movimientos oculares de los participantes del experimento, y puede ser ubicada en la parte baja de la pantalla del computador en que se presentan los estímulos visuales. En la cabeza de los participantes de los experimentos puede ponerse una pegatina de colores contrastantes para ayudar al funcionamiento del rastreador (véase Bergelson & Swingley, 2012).

### **Procedimiento de Pareado Intersensorial**

Existe una variación del IPLP conocida como procedimiento de pareado intersensorial (*intersensory matching procedure*), en la cual los estímulos visuales y auditivos no son presentados conjuntamente sino consecutivamente (Pons, Lewkowicz, Soto-Faraco, & Sebastián-Gallés, 2009). Para llevarlo a cabo se presentan estímulos visuales que difieren en una característica clave, uno al lado del otro, sin presentar al mismo tiempo ningún sonido, y se mide la preferencia visual de los participantes hacia ellos (en el caso de la aplicación de Pons et al., 2009, los estímulos eran videos de rostros que pronunciaban sílabas diferentes). Enseguida se realiza un procedimiento de familiarización con un estímulo auditivo correspondiente a uno de los estímulos visuales presentados con anterioridad.

Finalmente, se hace una segunda prueba de la preferencia de mirada hacia los dos estímulos visuales, entendiendo que encontrar un mayor tiempo de fijación hacia el que se corresponde con el estímulo auditivo con el que se ha sido familiarizado implica que se ha realizado una correspondencia intersensorial entre ambos. Con esta variación del IPLP se espera evitar que la sincronía audiovisual medie el pareo intersensorial, llevando a que los participantes basen sus respuestas en la extracción de una invariante amodal de un fonema en específico.

Gracias a la aplicación del procedimiento de pareado intersensorial se sabe que hacia los 6 meses de edad los bebés poseen la capacidad de realizar correspondencias intersensoriales (visual-auditiva) de contrastes fonéticos que no están presentes en su lengua nativa, pero hacia los 11 meses van perdiendo esta capacidad (Pons et al., 2009).

#### **Procedimiento de Mirar Mientras se Escucha**

Existe otra variación del IPLP conocida como procedimiento de mirar mientras se escucha (*looking-while-listening procedure*), en la cual la fijación visual de los bebés hacia imágenes que están siendo nombradas se utiliza para evaluar la capacidad de comprensión de palabras en bebés de al menos 6 meses de edad (Bergelson & Swingley, 2012; Fernald et al., 2008).

Para llevar a cabo el procedimiento, en la forma en que lo aplicaron Bergelson y Swingley (2012), el bebé se sienta en el regazo de uno de sus padres (preferiblemente la madre) y se le presentan imágenes durante unos 6 s y medio, y frases que empiezan a sonar cuando el bebé ha visto las imágenes durante más o menos 1 s. Las frases son pronunciadas por quien sostiene al bebé y se refieren a una de las imágenes (e.g., “Mira la manzana”). Las imágenes pueden ser presentadas individualmente a la derecha e izquierda de una pantalla (e.g., a un lado una manzana y al otro una mano) o presentadas como parte de una sola escena compleja (e.g.,

una manzana en una mesa junto a una cuchara, un vaso y un biberón). La presentación se hace mediante un computador equipado con altavoces y con un rastreador ocular.

La persona que sostiene al bebé lleva una visera que le impide ver la pantalla y unos audífonos, en los que escucha una frase que debe pronunciar al bebé inmediatamente después. El investigador, por su parte, se sienta fuera del alcance de los participantes del experimento, monitoreándolos mediante una cámara de video, y controlando la presentación de los estímulos. Al finalizar el procedimiento, se considera que el mayor tiempo de fijación de la mirada en la imagen correspondiente con la palabra escuchada indica que esta se ha comprendido (la fijación puede ser en la imagen indicada, en el caso de la presentación de dos estímulos uno al lado del otro, o en la porción correcta de la imagen, en el caso de la presentación del estímulo compuesto).

El procedimiento en general no es muy demandante, pero el análisis de los datos sí lo es. Además, aunque puede usarse tecnología de rastreo ocular, como en el caso de Bergelson y Swingley (2012), no necesariamente debe ser así, pues los patrones de mirada pueden ser grabados en video de alta definición, de forma tal que finalizado el experimento los movimientos de los ojos puedan ser analizados cuadro a cuadro, en cámara lenta, respecto a momentos específicos del habla escuchada (Fernald et al., 2008). Además, a diferencia de la aplicación del IPLP para evaluar el conocimiento de palabras, en la aplicación de este método no se realizan ensayos de entrenamiento en los que una imagen es acompañada de una palabra, pues se presupone el conocimiento del significado de la palabra antes del experimento.

Gracias a la aplicación del procedimiento de mirar mientras se escucha, se sabe que hacia los 6 meses de edad los bebés pueden asociar varias palabras comunes con sus referentes visuales; lo cual ha llevado a pensar que a esa edad ya se conocen los significados de tales palabras

(Bergelson & Swingley, 2012; cf. Höhle, Bijeljac-Babic, Herold, Weissenborn, & Nazzi, 2009).

### **Métodos Basados en la Medición de la Actividad Cerebral**

Aparte de la medición de respuestas conductuales, actualmente también se están usando correlatos de la actividad cerebral como variables dependientes para investigar los procesos cognitivos, en los llamados métodos de neuroimagen. Por una parte, la electroencefalografía y la magnetoencefalografía se aprovechan de la actividad electrofisiológica que subyace a la actividad cerebral. Por otra, los métodos hemodinámicos evalúan los cambios en la oxigenación de la sangre en las áreas cerebrales que aumentan su actividad ante determinada estimulación.

### **Potenciales Evocados**

Los potenciales evocados (PEs) se derivan de la electroencefalografía, que es el método más antiguo de neuroimagen, y actualmente son de gran relevancia para la investigación del lenguaje. Para su aplicación, mientras se presentan determinados estímulos a las personas se mide su actividad cerebral por medio de unos electrodos aplicados en el cuero cabelludo y conectados a un equipo que permite la amplificación y grabación de la señal: el electroencefalógrafo. Posteriormente se segmentan las partes del electroencefalograma que corresponden a la presentación de los estímulos, se separan en datos pertenecientes a las condiciones experimentales y se calculan los promedios respectivos como una serie de tiempo de valores de potencial eléctrico. Estos promedios representan la actividad sumada de ciertas poblaciones de neuronas y los cambios de potencial reflejan la respuesta del cerebro a estímulos externos (eventos) o cognitivos —por eso se habla de potenciales evocados—. De esta manera, si dos conjuntos de estímulos lingüísticos evocan PEs diferentes, se puede concluir que ha ocurrido un procesamiento cerebral diferencial.

Esta situación se aprovecha en el paradigma de no coincidencia estándar-desviado (*standard oddball mismatch paradigm*; Ortiz-Mantilla, Hamalainen, & Benasich, 2012). Lo característico de este método es que se presenta una serie de al menos dos estímulos diferentes, de los cuales uno se repite con frecuencia (el estándar) mientras que el otro se presenta escasamente (el desviado u *oddball*). Los dos estímulos pueden ser de naturaleza auditiva o visual y difieren en una o varias dimensiones de interés. Así, por ejemplo, se podría presentar una secuencia auditiva de sílabas como /ta/, /ta/, /ta/, /ta/, /da/, /ta/, /ta/. En este caso, /ta/ sería el estímulo estándar y /da/ el desviado, y ambos estímulos se distinguirían por el rasgo de sonoridad del primer fonema (siendo /t/ mudo y /d/ sonoro).

Si se encuentra una diferencia entre el promedio de potencial eléctrico para los estímulos estándar y para los estímulos desviados, puede inferirse que el cerebro los procesa de manera diferente. Esto a su vez implica que la característica que diferencia a los dos tipos de estímulos (escogida e implementada por el experimentador; en el ejemplo: la sonoridad) es de cierta manera captada por el cerebro, y lleva a una detección del cambio de estímulo estándar a desviado (véase Näätänen & Alho, 1995).

Un PEs diferencial que comúnmente se puede registrar en el paradigma de no coincidencia estándar-desviado es la llamada *mismatch negativity* (MMN; negatividad de no coincidencia; para una revisión véase Näätänen, Paavilainen, Rinne, & Alho, 2007). La MMN puede medirse en recién nacidos (Alho, Sainio, Sajaniemi, Reinikainen, & Näätänen, 1990), y valiéndose de magnetoencefalógrafos (que pueden registrar campos magnéticos diminutos), incluso en fetos, a través de la pared abdominal de la madre (Draganova et al., 2005; Huotilainen et al., 2005). Debe aclararse que en estos estudios los estímulos fueron sonidos simples y no de naturaleza lingüística, pero su aplicación podría llegar a beneficiar al estudio de la percepción temprana del habla).

Adicionalmente, en el paradigma de no coincidencia estándar-desviado, los PES pueden ofrecer información acerca del momento en que el cerebro procesa la distinción entre los estímulos, es decir, el momento en que se da un procesamiento diferencial en el cerebro, debido a que los PES del estímulo estándar y del estímulo desviado comienzan a divergir. En el ejemplo anterior (la sílaba /ta/ como estándar y la sílaba /da/ como desviado) las dos ondas respectivas se desarrollan de la misma manera al inicio de la presentación de los estímulos, así que la respuesta neurofisiológica ante ambas es igual y corresponde a procesos básicos que no diferencian la sonoridad. En un momento particular las dos ondas divergen y el procesamiento empieza a realizarse de manera distinta. En este sentido, más allá de que se pueda afirmar que la respuesta neurofisiológica implica una diferenciación entre fonemas sonoros y mudos, se puede afirmar que esta diferenciación se da como mínimo en el momento en que divergen las ondas.

Ahora bien, mientras que el paradigma de no coincidencia estándar-desviado se presta para investigar el procesamiento de estímulos aislados, Kooijman, Hagoort y Cutler (2005) proponen un método que permite investigar la respuesta cerebral a estímulos en el contexto de una señal auditiva continua (como la del habla), a partir del fenómeno de *priming de repetición*. En este procedimiento, en forma similar al HPP, hay una fase de familiarización en que se presenta un estímulo (e.g., una palabra en particular repetida varias veces). Después se presenta una serie de oraciones, de las cuales algunas contienen el estímulo familiarizado y otras un estímulo nuevo en posiciones equivalentes. Si los PES correspondientes al estímulo familiarizado y al nuevo divergen, se puede inferir que el estímulo familiarizado fue identificado y reconocido en un contexto novedoso.

Gracias a la aplicación de este método basado en el *priming de repetición* se sabe que bebés de 10 meses de edad pueden reconocer palabras particulares, a las cuales se les ha familiarizado,

en oraciones completas (capacidad importante para la construcción de un léxico a partir de la exposición incidental al lenguaje; Kooijman et al., 2005). En cuanto al paradigma de no coincidencia estándar-desviado, Näätänen et al. (2007) presentan una revisión general de los resultados obtenidos con él, que incluye los resultados relacionados con el procesamiento del habla.

Gracias a la medición de PES, en general, se sabe que bebés de 2 meses pueden distinguir entre sílabas con vocales de diferente duración (Friederici, Friedrich, & Weber, 2002; cf. Friedrich, Weber, & Friederici, 2004). También se sabe que hacia los 4 meses de edad los bebés están en capacidad de discriminar patrones de acento característicos de su idioma materno respecto a patrones de acento característicos de otro idioma (Friederici, Friedrich, & Christophe, 2007), y que si bien se requiere de unos 4 meses de exposición extrauterina al habla nativa para que los bebés adquieran la capacidad de distinguir entre el idioma materno y otro que pertenezca a la misma categoría rítmica, sin una cierta maduración cerebral la diferenciación no es posible (pues bebés prematuros, nacidos hacia las 28 semanas de edad gestacional, a los 6 meses de vida no están en capacidad de realizar tal distinción, mientras que bebés igualmente prematuros sí la pueden hacer hacia los 9 meses de edad. En contraste, bebés nacidos a término no pueden realizar la distinción a los 3 meses de vida, pero sí a los 6; Peña, Pittaluga, & Mehler, 2010).

En cuanto a los pros y contras de los PES, es una ventaja el hecho de que el participante no tenga que estar despierto para que se produzca una MMN, aunque el estar dormido puede resultar en una reducción de la amplitud del PE, incluso hasta su desaparición, o en otros cambios en sus características (Friederici et al., 2002; Friedrich et al., 2004; Ortiz-Mantilla et al., 2004). Además, los PES ofrecen una buena resolución temporal, de tal manera que se pueden registrar cambios en la actividad cerebral milisegundo a milisegundo, que ayudan a diferenciar

procesos y a establecer un curso cronológico. No obstante, la resolución espacial es bastante limitada, lo que significa que es difícil establecer de qué área cerebral proviene determinada actividad registrada (Silva-Pereyra, 2011).

### **Resonancia Magnética Funcional**

La técnica hemodinámica más común hoy en día es la resonancia magnética funcional, o RMf (Silva-Pereyra, 2011). Esta aprovecha el hecho de que distintas sustancias responden de manera distinta al ser expuestas a campos magnéticos fuertes, y permite evaluar, entre otros, el grado de oxigenación de la sangre en el cerebro. Ya que el aumento en la actividad cerebral resulta en un mayor flujo de sangre oxigenada a las áreas correspondientes, la medición del flujo regional de sangre se puede usar para inferir si en algún área cerebral hay cambios de actividad.

La RMf se puede aplicar a mediciones en fetos (cf. Anderson & Thomason, 2013), y gracias a ello, Jardri et al. (2012) han podido mostrar que hacia las 33 semanas de edad gestacional se evidencia una actividad cerebral diferencial en respuesta a la voz de la madre (lo cual apoya la evidencia recolectada gracias a la medición del ritmo cardíaco que se mencionó anteriormente). Además, Perani et al. (2011) encontraron en niños de 2 días de vida que el cerebro responde de manera diferencial ante el habla humana normal, respecto a un tipo de habla de la cual se ha removido información segmentaria o prosódica.

En cuanto a su aplicación, una ventaja de la RMf es la buena resolución espacial que ofrece (sobre todo en comparación con la electroencefalografía) lo cual permite identificar cuáles áreas cerebrales se activan en respuesta a estímulos específicos, y cuáles se relacionan con procesos mentales particulares. Sin embargo, la resolución temporal es inferior a la de los PEs, pues normalmente la RMf solo permite distinguir entre cambios que se desarrollan a lo largo de varios segundos. Otro inconveniente, especialmente en el contexto de la investigación del

habla, es el fuerte ruido que produce el resonador, que puede llegar a interferir con la presentación de estímulos auditivos. Además, la calidad del registro es muy sensible a los movimientos, por lo cual en ocasiones se usa la sedación de los bebés, lo que puede alterar los procesos bajo investigación.

### **Espectroscopia Funcional**

#### **Cercana al Infrarrojo**

Otro método hemodinámico es la espectroscopia funcional cercana al infrarrojo (*functional near-infrared spectroscopy* o fNIRS), para efectos del cual se emite radiación cercana al espectro infrarrojo hacia el cráneo y se mide su grado de absorción, que es característico para diferentes tipos de tejido. De esta manera se pueden inferir cambios en la concentración de hemoglobina oxigenada y reducida (sin oxígeno), los cuales, como se mencionó en el apartado acerca de la RMf, permiten inferir cambios en la actividad neural (Ferrari & Quaresima, 2012; Meek, 2002).

La aplicación de la fNIRS en recién nacidos ha revelado que bebés de 1 a 6 días de edad presentan una actividad cerebral diferencial ante repeticiones de elementos sonoros adyacentes en secuencias trisilábicas, lo que los autores del experimento interpretan como una capacidad básica para detectar estructuras del habla (Gervain, Macagno, Cogo, Peña, & Mehler, 2008). Además, Benavides-Varela et al. (2011) encontraron que la actividad cerebral de bebés de 1 a 5 días de nacidos (medida con fNIRS) se reduce cuando los bebés escuchan una palabra bisilábica familiar respecto a una palabra bisilábica nueva. Este efecto de repetición se mantiene incluso con intervalos de 2 min de silencio o música, pero se puede neutralizar mediante la presentación de otra palabra (lo cual sugiere que se debe a un proceso de interferencia selectiva para material lingüístico). Para una revisión completa de estudios del lenguaje con fNIRS, que incluye investigaciones con recién nacidos, véase Quaresima, Bisconti y Ferrari (2012).

En cuanto a su aplicación, la fNIRS ofrece una relación entre resolución temporal y espacial (que permite la localización de las áreas cerebrales activas), superior a los PES, pero inferior a la RMf, y un registro del curso temporal más preciso que el de la RMf, pero menos que el de los PES. En comparación con la RMf, la fNIRS es silenciosa y por consiguiente no interfiere con la estimulación auditiva; además, tolera mejor los movimientos de la persona a quien se aplica.

### Epílogo

El estudio de la percepción temprana del habla se interesa en el desarrollo del proceso de sintonización del aparato auditivo humano con las características particulares de la señal del habla durante los primeros años de vida. A pesar de haber surgido a comienzos de la década de los 70, solo se desarrolló plenamente 10 años después, debido a la aparición y adaptación de nuevos métodos empíricos y herramientas tecnológicas.

En este artículo se han presentado los métodos experimentales que sirven al estudio de niños menores a 1 año de edad. También se han comentado algunas de las conclusiones teóricas más relevantes que se han alcanzado gracias a su aplicación. En general, estas conclusiones están enmarcadas en la psicología cognitiva y están influenciadas por planteamientos innatistas y universalistas, que responden a una de las corrientes académicas que actualmente proponen explicaciones sobre el funcionamiento del lenguaje humano.

### Referencias

- Alho, K., Sainio, K., Sajaniemi, N., Reinikainen, K., & Näätänen, R. (1990). Event-related brain potential of human newborns to pitch change of an acoustic stimulus. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 77, 151-155. doi: 10.1016/0168-5597(90)90031-8
- Anderson, A. & Thomason, M. (2013). Functional plasticity before the cradle: A review of neural functional imaging in the human fetus. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37, 2220-2232. doi: 10.1016/j.neubiorev.2013.03.013
- Arvaniti, A. (2009). Rhythm, timing and the timing of rhythm. *Phonetica*, 66, 46-63. doi: 10.1159/000208930
- Aslin, R., Werker, J., & Morgan, J. (2002). Innate phonetic boundaries revisited (L). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 112(4), 1257-1260. doi:10.1121/1.1501904
- Barón, L., Galindo, O., & Müller, O. (en prensa). La percepción del habla durante el primer año de vida. *Revista Latinoamericana de Psicología*.
- Bates, E. & Carnevale, G. (1993). New directions in research on language development. *Developmental Review*, 13(4), 436-470. doi: 10.1006/drev.1993.1020
- Benavides-Varela, S., Gomez, D., Macagno, F., Bion, R., Peretz, I., & Mehler, J. (2011). Memory in the neonate brain. *PLOS ONE*, 6(11), e27497. doi:10.1371/journal.pone.0027497
- Bergelson, E. & Swingle, D. (2012). At 6-9 months, human infants know the meanings of many common nouns. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(9), 3253-3258. doi: 10.1073/pnas.1113380109
- Berko, J. & Bernstein, N. (1998). Language acquisition. En J. Berko & N. Bernstein (Eds.), *Psycholinguistics* (pp. 347-408). New York: Harcourt.
- Bosch, L. & Sebastián-Gallés, N. (1997). Native-language recognition abilities in 4-month-old infants from monolingual and bilingual environments. *Cognition*, 65, 33-69. doi:10.1016/S0010-0277(97)00040-1
- Burnham, D., Kitamura, C., & Vollmer-Conna, U. (2002). What's new, pussycat? On talking to babies and animals. *Science*, 296, 1435. doi:10.1126/science.1069587
- Christophe, A., Dupoux, E., Bertoncini, J., & Mehler, J. (1994). Do infants perceive word boundaries? An empirical study of the bootstrapping of lexical acquisition. *Journal of the Acoustical Society of America*, 95(3), 1570-1580. doi:10.1121/1.408544
- Christophe, A., Guasti, T., Nespors, M., Dupoux, E., & Van, B. (1997). Reflections on phonological

- bootstrapping: Its role for lexical and syntactical acquisition. *Language and Cognitive Processes*, 12(5/6), 585-612.
- Colombo, J. & Mitchell, D. (2009). Infant visual habituation. *Neurobiology of Learning and Memory*, 92, 225-234. doi: 10.1016/j.nlm.2008.06.002
- DeCasper, A. & Spence, M. (1986). Prenatal maternal speech influences newborns' perception of speech sounds. *Infant Behavior and Development*, 9, 133-150. doi: 10.1016/0163-6383(86)90025-1
- Dehaene-Lambertz, G. & Houston, D. (1998). Language discrimination response latencies in two-month-old infants. *Language and Speech*, 41(1), 21-43.
- Doupe, A. & Kuhl, P. (1999). Birdsong and human speech: Common themes and mechanisms. *Annual Review of Neuroscience*, 22, 567-631. doi: 10.1146/annurev.neuro.22.1.567
- Draganova, R., Eswaran, H., Murphy, P., Huotilainen, M., Lowrey, C., & Preissl, H. (2005). Sound frequency change detection in fetuses and newborns, a magnetoencephalographic study. *NeuroImage*, 28(2), 354-361. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.06.011
- Eimas, P., Siqueland, E., Jusczyk, P., & Vigorito, J. (1971). Speech perception in infants. *Science*, 171(3968), 303-306. doi: 10.1126/science.171.3968.303
- Fernald, A., Zangl, R., Portillo, A., & Marchman, V. (2008). Looking while listening: Using eye movements to monitor spoken language comprehension by infants and young children. En Sekerina, I., Fernández, E., & Clahsen, H. (Eds.). *Developmental psycholinguistics: On-line methods in children's language processing* (pp. 97-135). Amsterdam: John Benjamins.
- Ferrari, M. & Quaresima, V. (2012). A brief review on the history of human functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application. *NeuroImage*, 63, 921-935. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.03.049
- Floccia, C., Christophe, A., & Bertoncini, J. (1997). High-amplitude sucking and newborns: The quest for underlying mechanisms. *Journal of Experimental Child Psychology*, 64, 175-189. doi: 10.1006/jecp.1996.2349
- Friederici, A., Friedrich, M., & Christophe, A. (2007). Brain responses in 4-month-old infants are already language specific. *Current Biology*, 17, 1208-1211. doi: 10.1016/j.cub.2007.06.011
- Friederici, A., Friedrich, M., & Weber, C. (2002). Neural manifestation of cognitive and precognitive mismatch detection in early infancy. *NeuroReport*, 13(10), 1251-1254. doi:10.1097/00001756-200207190-00006
- Friedrich, M., Weber, C., & Friederici, A. (2004). Electrophysiological evidence for delayed mismatch response in infants at-risk for specific language impairment. *Psychophysiology*, 41(5), 772-782. doi: 10.1111/j.1469-8986.2004.00202.x
- Frota, S., Butler, J., & Vigário, M. (2013). Infants' perception of intonation: Is it a statement or a question? *Infancy*, 19(2), 194-213. doi: 10.1111/inf.12037
- Gerken, L. & Aslin, R. (2005). Thirty years of research on infant speech perception: The legacy of Peter W. Jusczyk. *Language Learning and Development*, 1(1), 5-21. doi: 10.1207/s15473341lido101\_3
- Gervain, J., Macagno, F., Cogoi, S., Peña, M., & Mehler, J. (2008). The neonate brain detects speech structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 14222-14227. doi: 10.1073/pnas.0806530105
- Gervain, J. & Mehler, J. (2010). Speech perception and language acquisition in the first year of life. *Annual Review of Psychology*, 61, 191-218. doi: 10.1146/annurev.psych.093008.100408
- Gierut, J. & Pisoni, D. (1988). Speech perception. En N. Lass, L. McReynolds, J. Northern, & D. Yoder (Eds.), *Handbook of speech-language pathology and audiology* (pp. 253-276). Philadelphia: B. C. Decker.
- Golinkoff, R., Ma, W., Song, L., & Hirsh-Pasek, K. (2013). Twenty-Five years using the intermodal preferential looking paradigm to study language acquisition: What have we learned?. *Perspectives on Psychological Science*, 8(3), 316-339. doi: 10.1177/1745691613484936
- Gout A., Christophe, A., & Dupoux, E. (2002). Testing infants' discrimination with the orientation latency procedure. *Infancy*, 3(2), 249-259. doi: 10.1207/S15327078IN0302\_8

- Guasti, M. (2002). *Language acquisition: The growth of grammar*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Höhle, B., Bijeljac-Babic, R., Herold, B., Weissenborn, J., & Nazzi, T. (2009). Language specific prosodic preferences during the first half year of life: Evidence from German and French infants. *Infant Behavior and Development*, 32, 262-274. doi: 10.1016/j.infbeh.2009.03.004
- Houston, D. (2011). Infant speech perception. En R. Seewald y A. Tharpe (Eds.), *Comprehensive handbook of pediatric audiology* (pp. 47-62). San Diego: Plural Publishing.
- Houston-Price, C. & Nakai, S. (2004). Distinguishing novelty and familiarity effects in infant preference procedures. *Infant and Child Development*, 13(4), 341-348. doi: 10.1002/icd.364
- Huotilainen, M., Kujala, A., Hotakainen, M., Parkkonen, L., Taulu, S., Simola, J., ..., Näätänen, R. (2005). Short-term memory functions of the human fetus recorded with magnetoencephalography. *NeuroReport*, 16(1), 81-84. doi: 10.1097/00001756-200501190-00019
- Jardri, R., Houfflin-Debarge, V., Delion, P., Pruvo, J., Thomas, P., & Pins, D. (2012). Assessing fetal response to maternal speech using a noninvasive functional brain imaging technique. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 30(2), 159-161. doi: 10.1016/j.ijdevneu.2011.11.002
- Jusczyk, P. & Aslin, R. (1995). Infants' detection of the sound patterns of words in fluent speech. *Cognitive Psychology*, 29(1), 1-23. doi: 10.1006/cogp.1995.1010
- Jusczyk, P., Cutler, A., & Redanz, N. (1993). Infants' preference for the predominant stress patterns of English words. *Child Development*, 64(3), 675-687. doi: 10.2307/1131210
- Jusczyk, P., Friederici, A., Wessels, J., Svenkerud, V., & Jusczyk, A. (1993). Infants' sensitivity to the sound pattern of native language words. *Journal of Memory and Language*, 32(3), 402-420. doi: 10.1006/jmla.1993.1022
- Jusczyk, P., Luce, P., & Charles-Luce, J. (1994). Infants' sensitivity to phonotactic patterns in the native language. *Journal of Memory and Language*, 33, 630-645. doi: 10.1006/jmla.1994.1030
- Kaplan, P., Goldstein, M., Huckeby, E., & Cooper, R. (1995). Habituation, sensitization, and infants' responses to motherese speech. *Developmental Psychobiology*, 28(1), 45-57. doi: 10.1002/dev.420280105
- Karmiloff-Smith, A. (1994). *Más allá de la modularidad*. Madrid: Alianza.
- Kemler, D., Jusczyk, P., Mandel, D., Myers, J., Turk, A., & Gerken, L. (1995). The head-turn preference procedure for testing auditory perception. *Infant Behavior and Development*, 18, 111-116. doi: 10.1016/0163-6383(95)90012-8
- Kisilevsky, B., Hains, S., Brown, C., Lee, C., Cowperthwaite, B., Stutzman, S., ..., Wang, Z. (2009). Fetal sensitivity to properties of maternal speech and language. *Infant Behavior and Development*, 32, 59-71. doi: 10.1016/j.infbeh.2008.10.002
- Kooijman, V., Hagoort, P., & Cutler, A. (2005). Electrophysiological evidence for prelinguistic infants' word recognition in continuous speech. *Cognitive Brain Research*, 24, 109-116. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2004.12.009
- Kuhl, P. & Meltzoff, A. (1982). The bimodal perception of speech in infancy. *Science*, 218, 1138-1141. doi: 10.1126/science.7146899
- Lecanuet, J. & Schaal, B. (2002). Sensory performances in the human foetus: A brief summary of research. *Intellectica*, 34, 29-56.
- Levelt, W. (2013). *A history of psycholinguistics: The pre-Chomskyan era*. Oxford, UK: Oxford University Press. doi: 10.1093/acprof:oso/9780199653669.001.0001
- Lewkowicz, D. & Hansen-Tift, A. (2012). Infants deploy selective attention to the mouth of a talking face when learning speech. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(5), 1431-1436. doi: 10.1073/pnas.1114783109
- MacWhinney, B. (1998). Models of the emergence of language. *Annual Review of Psychology*, 49(1), 199-227. doi: 10.1146/annurev.psych.49.1.199
- Marcus, G., Vijayan, S., Bandi, S., & Vishton, P. (1999). Rule learning by seven-month-old infants. *Science*, 283, 77-80. doi: 10.1126/science.283.5398.77
- Meek, J. (2002). Basic principles of optical imaging and application to the study of infant development.

- Developmental Science*, 5, 371-380. doi: 10.1111/1467-7687.00376
- Mehler, J., Bertoncini, J., Barrière, M., & Jassik-Cerschenfeld, D. (1978). Infant recognition of mother's voice. *Perception*, 7, 491-497. doi: 10.1068/p070491
- Mehler, J., Jusczyk, P., Lambertz, G., Halsted, N., Bertoncini, J., & Amiel-Tison, C. (1988). A precursor of language acquisition in young infants. *Cognition*, 29, 143-178. doi: 10.1016/0010-0277(88)90035-2
- Näätänen, R., & Alho, K. (1995). Mismatch negativity - a unique measure of sensory processing in audition. *International Journal of Neuroscience*, 80(1-4), 317-337. doi: 10.3109/00207459508986107
- Näätänen, 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. doi: 10.1016/j.clinph.2007.04.026
- Nazzi, T., Bertoncini, J., & Mehler, J. (1998). Language discrimination by newborns: Toward an understanding of the role of rhythm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 756-766. doi: 10.1037/0096-1523.24.3.756
- Nazzi, T., Floccia, C., & Bertoncini, J. (1998). Discrimination of pitch contours by neonates. *Infant Behavior and Development*, 21(4), 779-784. doi: 10.1016/S0163-6383(98)90044-3
- Nazzi, T., Jusczyk, P., & Johnson, E. (2000). Language discrimination by English-learning 5-month-olds: Effects of rhythm and familiarity. *Journal of Memory and Language*, 43, 1-19. doi: 10.1006/jmla.2000.2698
- Nittrouer, S. (2001). Challenging the notion of innate phonetic boundaries. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 110(3), 1598-1605. doi: 10.1121/1.1379078
- Nittrouer, S. (2002). A reply to "Innate phonetic boundaries revisited" (L). *Journal of the Acoustical Society of America*, 112, 1257-1260. doi: 10.1121/1.1501906
- Ortiz-Mantilla, S., Hamalainen, J., & Benasich, A. (2012). Time course of ERP generators to syllables in infants: A source localization study using age-appropriate brain templates. *Neuroimage*, 59(4), 3275-3287. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.11.048
- Peña, M., Pittaluga, E., & Mehler, J. (2010). Language acquisition in premature and full-term infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107, 3823-3828. doi: 10.1073/pnas.0914326107
- Perani, D., Saccuman, M., Scifo, P., Anwander, A., Spada, D., Baldoli, C., ..., Friederici, A. (2011). Neural language networks at birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108, 16056-16061. doi: 10.1073/pnas.1102991108
- Pérez-Almonacid, R. & Quiroga, L. (2010). *Lenguaje. Una aproximación interconductual*. Bogotá: Corporación Universitaria Iberoamericana.
- Pinker, S. (1995). Language Acquisition. En L. Gleitman, M. Liberman, & D. Osherson (Eds.), *An invitation to cognitive science* (pp. 199-238). Cambridge, MA: MIT Press.
- Pons, F., Lewkowicz, D., Soto-Faraco, S., & Sebastián-Gallés, N. (2009). Narrowing of intersensory speech perception in infancy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26), 10598-10602. doi: 10.1073/pnas.0904134106
- Pons, F. & Toro, J. (2010). Structural generalizations over consonants and vowels in 11-month old infants. *Cognition*, 116, 361-367. doi: 10.1016/j.cognition.2010.05.013
- Quaresima, V., Bisconti, S., & Ferrari, M. (2012). A brief review on the use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for language imaging studies in human newborns and adults. *Brain & Language*, 121, 79-89. doi: 10.1016/j.bandl.2011.03.009
- Quartz, S. & Sejnowski, T. (1997). The neural basis of cognitive development: A constructivist manifesto. *Behavioral and Brain Sciences*, 20(4), 537-556. doi: 10.1017/S0140525X97001581
- Rispoli, M. (1999). Rethinking innateness. *Journal of Child Language*, 26, 217-260. doi: 10.1017/S0305000998213742
- Saffran, J., Aslin, R., & Newport, E. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274(5294), 1926-1928. doi: 10.1126/science.274.5294.1926
- Saffran, J., Hauser, M., Seibel, R., Kapfhamer, J., Tsao, F., & Cushman, F. (2008). Grammatical pattern learning by human infants and cotton-top tamarin

- monkeys. *Cognition*, 107, 479-500. doi: 10.1016/j.cognition.2007.10.010
- Seidenberg, M. & MacDonald, M. (1999). A probabilistic constraints approach to language acquisition and processing. *Cognitive Science*, 23(4), 569-588. doi: 10.1016/S0364-0213(99)00016-6
- Shi, R. & Werker, J. (2001). Six-month-old infants' preference for lexical words. *Psychological Science*, 12(1), 70-75. doi: 10.1111/1467-9280.00312
- Shi, R., Werker, J., & Morgan, J. (1999). Newborn infants' sensitivity to perceptual cues to lexical and grammatical words. *Cognition*, 72, B11-B21. doi: 10.1016/S0010-0277(99)00047-5
- Silva-Pereyra, J. (2011). *Métodos en neurociencias cognitivas*. México D. F.: Manual Moderno.
- Vaissière, J. (2005). Perception of intonation. En D. Pisoni & R. Remez (Eds.), *Handbook of speech perception* (pp. 236-263). Malden, MA: Oxford, Blackwell. doi: 10.1002/9780470757024.ch10
- Weitzman, R. (2007). Some issues in infant speech perception: Do the means justify the ends? *The Analysis of Verbal Behavior*, 23, 17-27.
- Werker, J., Polka, L., & Pegg, J. (1997). The conditioned head turn procedure as a method for testing infant speech perception. *Early Development and Parenting*, 6, 171-178. doi: 10.1002/(SICI)1099-0917(199709/12)6:3/4<171::AID-EDP156>3.0.CO;2-H
- 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. doi: 10.1016/S0163-6383(02)00093-0