

**EL EFECTO MAGNÉTICO EN LA PERCEPCIÓN  
DE LAS VOCALES ESPAÑOLAS.  
ESTUDIO PERCEPTIVO SOBRE LA VOCAL /i/**

JULIO GONZÁLEZ ÁLVAREZ  
*Universidad Jaume I (Castelló)*  
gonzalez@psb.uji..es

TERESA CERVERA CRESPO  
*Universitat de València*

## RESUMEN

El efecto perceptivo magnético es un fenómeno que investigaciones recientes lo presentan como controvertido (Lively & Pisoni, 1997; Lotto, Kluender, & Holt, 1998). De acuerdo con Kuhl (1991), el efecto imán, o magnético, ocurre cuando la discriminación en torno a un buen ejemplar de una categoría fonética es peor que la discriminación en torno a un ejemplar pobre de la misma. Sin embargo, cuando en la literatura este efecto ha sido nítidamente encontrado, no se descarta la posibilidad de una comparación a través de categorías distintas. En este estudio, se ha buscado el efecto magnético en la vocal castellana /i/, asegurando que todos los juicios discriminativos tengan lugar dentro de una única categoría. Se llevaron a cabo tres experimentos con hablantes adultos del castellano. En el Experimento 1 los participantes clasificaron fonéticamente un conjunto de 40 vocales sintéticas que variaban sistemáticamente en las frecuencias del primer ( $F_1$ ) y segundo ( $F_2$ ) formante. Los resultados permitieron establecer la región perceptiva de la vocal. En el Experimento 2, los sujetos puntuaron en una escala del 1 al 7 la calidad de /i/ de cada uno de los estímulos sintéticos. Los datos mostraron una estructura con gradación interna y permitieron seleccionar un buen prototipo (P) de /i/, junto a un mal ejemplo o no-prototipo (NP) de /i/. En el Experimento 3 se llevó a cabo una tarea de discriminación Igual-Diferente (AX) en torno a P y a NP, y dentro del espacio perceptivo de la /i/. Sobre los datos se aplicó la Teoría de la Detección de Señales para evaluar la discriminación perceptiva en cada condición. Los resultados basados en la medida libre de sesgo ( $d'$ ) no apoyan la teoría del efecto magnético, revelando la misma sensibilidad de los oyentes alrededor de P que de NP. Tampoco las puntuaciones de generalización revelaron diferencias. Este resultado sugiere que el efecto magnético no es un fenómeno robusto y universal en la percepción del habla y que otros hallazgos previos podrían deberse a la implicación de más de una categoría fonética.

## ABSTRACT

The perceptual magnet effect is a phenomenon that recent investigations reveal problematic (Lively & Pisoni, 1997; Lotto, Kluender, & Holt, 1998). According to Kuhl (1991), a magnet effect occurs when discrimination around the best exemplar of a phonetic category is worse than discrimination around a poor exemplar of the category. However, when this effect has been clearly found, the possibility of some cross-category comparison is not discarded. In this study the perceptual magnet effect was searched for Spanish language. In this work we have assuring that all discrimination judgments were made inside a single category. Three experiments

were performed with Spanish speaking adults. In Experiment 1, participants categorized 49 synthetic vowels, varying in the frequency of the first ( $F_1$ ) and second formant ( $F_2$ ). Data allowed us to establish the perceptual area of Spanish /i/ vowel. In Experiment 2, subjects rated the goodness of each variant of /i/ on a scale from 1 to 7. The data showed a graded internal structure and that finding allowed us to select a prototype (P) and a non-prototype (NP) of the /i/ category. In Experiment 3, a Same-Different (AX) discrimination task was performed around P and NP, inside of the formant space of /i/, and using signal detection theory to assess discrimination in both conditions. Results based in a bias-free measure (d-prime) did not support the perceptual magnet effect and revealed the listeners showed similar sensitivity around P than around NP. Also, generalization scores were not different in both conditions. This finding suggests that the magnet effect is not a robust and universal phenomenon in speech perception. Our results don't agree with those in which the magnet effect was found. We attributed those findings to the involvement of several phonetic categories.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Dentro del campo de investigación sobre la percepción del lenguaje, Kuhl y cols. (Iverson & Kuhl, 1995; Kuhl, 1991, 1993; Kuhl & Iverson, 1995; Kuhl, Williams, Lacerda, Stevens & Lindblom, 1992) han sugerido que la percepción de los sonidos lingüísticos no está gobernada únicamente por los principios funcionales del sistema auditivo, sino también por prototipos perceptivos almacenados en la memoria a largo plazo del oyente. En este sentido la Teoría de los prototipos (Rosch, 1973; Posner & Keele, 1968) ha ejercido una relevante influencia cuando intenta responder a la pregunta de cómo son aprehendidas las categorías perceptivas o cognitivas por la mente humana (Estes, 1993). Los defensores de la misma mantienen que las categorías se organizan en torno a representaciones abstractas, o prototipos, en los que se recogen los rasgos más representativos de los elementos de esa categoría. En ese sentido, los prototipos corresponderían más a entidades abstractas que a realizaciones físicas del entorno estimular.

La introducción de la teoría de los prototipos en la percepción del lenguaje refleja un cambio desde el énfasis inicial puesto sobre la delimitación de las categorías fonéticas hacia el interés por el estudio de su estructura interna (Miller, 1994). Hoy sabemos que los hablantes nativos de un idioma pueden, bajo determinadas condiciones experimentales, discriminar muy bien entre sonidos de una misma

categoría fonética (Pisoni & Tash, 1974; van Hessen & Schouen, 1992) y hay evidencia creciente a favor de la existencia de una rica estructura interna en las mismas, en la que ciertos estímulos son percibidos como mejor ejemplares de la categoría que otros.

La aplicación de la teoría de prototipos a la percepción del habla es particularmente atractiva porque proporciona un medio de salvar el problema de la invarianza perceptiva, ayudando a entender la compleja relación que media entre una señal acústica extraordinariamente variable y un conjunto relativamente estable y limitado de representaciones fonológicas. Según esta teoría, el oyente llevaría a cabo comparaciones entre la señal acústica entrante y sus representaciones prototípicas internas. Si la señal es suficientemente parecida al prototipo, entonces es clasificada como miembro de la categoría fonética. Dependiendo del grado de similitud, unos estímulos serán considerados como mejores miembros que otros. De hecho, la evidencia experimental muestra que algunos ejemplares son más efectivos que otros en tareas de adaptación selectiva (Miller, Connine, Schermer, & Kluender, 1983; Samuel, 1982), competencia dicótica entre los dos oídos (Miller, 1977; Repp, 1977), tiempos de reacción en tareas de identificación (Massaro, 1987), o en el grado en que son percibidos como buenos ejemplares de la categoría (Grieser & Kuhl, 1989; Kuhl, 1991; Miller & Volaitis, 1989; Samuel, 1982; Volaitis & Miller, 1992).

En este marco teórico basado en los prototipos, una parte de la investigación reciente se ha centrado en el fenómeno del «efecto perceptivo imán, o magnético», desde el trabajo seminal de Kuhl (1991). Esta autora da a conocer que algunos sonidos de la /i/ inglesa son juzgados como mejor ejemplos de esa vocal que otros. Y además, y esto es lo específico del efecto magnético, encuentra que la discriminación entre un buen ejemplar de /i/ -prototípico- y otros estímulos próximos circundantes es más difícil que la discriminación entre un pobre ejemplar de /i/ -no prototípico- y otros estímulos igualmente próximos. De este modo el prototipo actúa de modo análogo a un imán atrayendo hacia sí los estímulos vecinos, acortando las distancias perceptivas y comprimiendo, o «encogiendo» (*shrinking*), el espacio perceptivo circundante. Kuhl (1991) sintetizó diferentes ejemplares de la vocal /i/ modificando sistemáticamente los valores de sus dos primeros formantes ( $F_1$  y  $F_2$ ) y los sujetos tenían que dar una puntuación a cada uno de ellos sobre una escala de valoración que iba desde 1 (ejemplar pobre de /i/) a 7 (ejemplar excelente de /i/). Los oyentes otorgaron de forma consistente puntuaciones más altas a los sonidos que ocupaban una área particular del espacio fonético. Basándose en estas puntuaciones, la autora seleccionó un buen ejemplar,

que se le consideró prototípico (P), y un pobre ejemplar, que se le consideró como no prototípico (NP). A continuación sintetizó 32 variantes vocálicas alrededor de P y otras 32 alrededor de NP, variando en ambos casos las frecuencias de  $F_1$  y  $F_2$  en pasos de 30 meles. En una tarea de discriminación perceptiva encontró que los oyentes discriminaban mejor entre NP y sus variantes vecinas (90.5 % de juicios correctos) que entre P y sus vecinos (78.6 %). Esto sucedía no sólo con sujetos adultos sino también con bebés de seis meses de edad y, por tanto, con una experiencia fonética del inglés muy limitada. En un último experimento pudo comprobar que, sin embargo, este fenómeno no aparecía en las respuestas discriminativas dadas por monos Rhesus a los mismos estímulos. Esto hacía pensar que el efecto magnético era exclusivo de la especie humana y probablemente de naturaleza lingüística.

Adicionalmente, Iverson & Kuhl (1995) han profundizado en los hallazgos de Kuhl (1991) aplicando la Teoría de la Detección de Señales (TDS) y técnicas de Escalamiento Multidimensional, demostrando cómo las distancias perceptivas se reducen en la región vocálica (en el plano  $F_1 \times F_2$ ) próxima a P y se alargan en la región próxima a NP. Los autores también encuentran que el parámetro  $d'$  ( $d$  prima), que mide la sensibilidad libre de sesgos en el marco de la TDS, es más bajo en torno a P que a NP.

Sin embargo la aceptación de este efecto imán, o magnético, no es unánime en el seno de la comunidad científica. Cierta evidencia empírica más reciente cuestiona metodológicamente algunos de los resultados obtenidos por Kuhl. Las dos críticas más importantes tienen que ver con los estímulos utilizados y los sujetos participantes. En primer lugar, no está claro que todos los sonidos sintetizados por Kuhl, y previamente usados en Grieser y Kuhl (1989), fueran identificados por los sujetos como la vocal /i/. Los sujetos emplearon la escala de valoración del 1 al 7, pero sólo tuvieron la oportunidad de responder en qué grado cada sonido era un buen o mal ejemplo de /i/. En ningún caso se les hizo clasificar previamente los estímulos desde el punto de vista fonético. Kuhl da por sentado que los oyentes identificaron NP y sus vecinos circundantes como miembros de la categoría fonética de /i/, pero la escala de valoración no permite responder a esa cuestión. Como recientemente declaran Lively & Pisoni (1997) «*es crítico a la lógica subyacente del efecto perceptivo magnético que todos los ejemplares del conjunto estudiado pertenezcan a la misma categoría fonética. Sin embargo, todavía se han publicado pocos datos que demuestren que todas las vocales usadas por Kuhl fueran de hecho percibidas como /i/s*» (p. 1666). Por tanto, sin la seguridad de que todos los juicios discriminativos ocurridos en los experimentos de Kuhl (1991) -

especialmente los del conjunto de NP, que es el que ocupa una posición más periférica en el territorio vocálico- han tenido lugar en el interior de una única categoría fonética, no puede descartarse el que los oyentes podrían haber respondido sobre la base de una percepción transcategorial, a través de categorías distintas. En este sentido, estudios posteriores han puesto en cuestión la pertinencia de los estímulos de Kuhl. Así, Sussman y Lauckner-Morano (1995) reconstruyeron el conjunto estimular original siguiendo las especificaciones de Kuhl y encontraron que muchos ejemplares del conjunto de NP, incluso el propio NP, eran identificados como /i/s en menos del 50 % de los casos. Su conclusión es que *«los resultados... muestran que el estímulo... previamente usado por Kuhl como no prototípico (NP) en los tests de discriminación tal vez no fuera un sonido de /i/... Por tanto, hubiera sido posible que los sujetos... hubieran demostrado una mejor ejecución discriminatoria simplemente porque efectuaban una gran número de juicios basados en una comparación entre-categorías, en lugar de intra-categoría. Está demostrado que las comparaciones entre-categorías resultan más fáciles que las intracategorías. De esta manera, los sujetos podrían haber obtenido una proporción más alta de respuestas correctas cuando el NP era el estímulo estándar de comparación en los ensayos discriminativos, debilitando la evidencia a favor de la teoría de prototipos»* (p. 544).

Otra investigación (Iverson & Kuhl, 1995) con un subconjunto de los estímulos originales reveló que varios de ellos habían sido identificados como /e/ en la mayoría de los casos; especialmente algunas vocales del conjunto NP con valores frecuenciales más altos en F<sub>1</sub> y bajos en F<sub>2</sub>. Un año más tarde, Lotto, Kluender y Holt (1996) publicaron los datos de un experimento en el que los sujetos tuvieron la oportunidad de identificar los estímulos usados por Iverson y Kuhl (1995) como las vocales /i/, /ae/, /e/, /I/, /ɛ/, /u/, o «ninguna de las anteriores». Las variantes del conjunto NP fueron identificados como /i/ en sólo un 7.3% de los ensayos. Recientemente, Lively y Pisoni (1997) también ha encontrado que sus oyentes han identificado algunos de los estímulos del conjunto NP de Kuhl como vocales distintas de /i/

La segunda razón metodológica aducida como problemática es la participación en los experimentos de Kuhl (1991) de sujetos entrenados en Fonética (estudiantes de trastornos de audición y habla en la Universidad de Washington). Se sabe que los oyentes con formación fonética podrían dar respuestas con un sesgo distinto de las que emiten oyentes nativos de un idioma sin entrenamiento fonético (Elman, Diehl, & Buchwald, 1977). De hecho, Sussman & Lauckner-Morano (1995) comparan las respuestas de sujetos fonéticamente entrenados con las de sujetos inexpertos y

encuentran resultados distintos en las tareas de identificación, sugiriendo que tanto Grieser y Kuhl (1989) como Kuhl (1991) podrían haber obtenido puntuaciones más altas en las escalas de valoración de la vocal /i/ por el hecho de utilizar como sujetos experimentales a oyentes con entrenamiento fonético.

Otros hallazgos que ponen en cuestión el efecto perceptivo magnético provienen de trabajos experimentales basados en conjuntos distintos de estímulos. Renda, Hawks, y Klich (1995) obtuvieron un efecto magnético para la /i/ sólo cuando emplean los estímulos de Kuhl (1991), pero fueron incapaces de encontrar dicho efecto en otro conjunto formado por variantes sintéticas de la vocal /ɛ/. Lively y Pisoni (1997), en una tarea de discriminación igual-diferente (AX) no encontraron evidencias del efecto magnético tanto en estímulos creados siguiendo las especificaciones de Kuhl (1991), como en otros estímulos de nuevo cuño. Gracias a un experimento preliminar, estos autores consiguen determinar para cada sujeto un prototipo (P) y un no-prototipo (NP) idiosincrásico. La predicción era que el efecto imán tendría mejores oportunidades de manifestarse sobre prototipos auto-seleccionados por los propios sujetos ya que, en principio, nada obliga a que un mismo estímulo funcione como prototipo para todos los sujetos, habida cuenta de la gran variabilidad inter-individual que se observa en la percepción fonética. No obstante, pese a condiciones tan favorables, los datos no mostraron evidencia del efecto magnético, llevando a los autores a concluir que el fenómeno hallado por Kuhl (1991) era debido a la implicación de más de una categoría fonética.

Aaltonen, Eerola, Hellstrom, Uusipaikka, y Lang (1997) encontraron, utilizando vocales del finés, importantes diferencias individuales en las manifestaciones de este hipotético efecto. En aquel trabajo los sujetos finlandeses categorizaban series de vocales sintéticas que variaban en la frecuencia del segundo formante ( $F_2$ ) desde los valores característicos de la vocal fina /y/ a los característicos de la vocal, también fina, /i/. Según la consistencia y sensibilidad de las respuestas, aparecieron dos tipos distintos de sujetos: «buenos» y «pobres» categorizadores. En una tarea de discriminación igual-diferente (AX) empleando estímulos P y NP, también seleccionados individualmente, comprobaron que a los «buenos» categorizadores les resultaba más difícil detectar pequeñas desviaciones de  $F_2$  en torno a P, que en torno a NP. Sin embargo para los «pobres» categorizadores se observó el efecto opuesto, por lo que sólo los «buenos» categorizadores mostraban evidencias del efecto imán. Se ponía, así, en cuestión la universalidad de este efecto.

Lotto, Kluender y Holt, (1998) han considerado que una posible causa de confusión

es que las tareas de identificación o de puntuación de los sonidos tienen lugar sobre estímulos individuales, mientras que las tareas de discriminación se realizan sobre pares de estímulos. Estos investigadores efectuaron un primer experimento en el que tanto las identificaciones como las valoraciones de bondad en una escala tenían lugar sobre pares de estímulos. En su segundo experimento los sujetos participaron en una tarea típica de discriminación AX, que lógicamente, también se realiza sobre parejas de estímulos. Las funciones de discriminabilidad que obtuvieron Lotto et al. (1998) se explicaban bien a partir de los datos de la identificación fonética, pero no hubo restos de varianza adicional que pudieran ser explicados por un hipotético efecto magnético. Los autores concluyen con un argumento ya repetido varias veces: el pretendido efecto imán probablemente no es más que una manifestación del hecho más general, y sobradamente conocido, de que la discriminación es mejor entre pares de estímulos de categorías distintas que entre miembros de una misma categoría.

Dado que la posible existencia del efecto magnético tendría relevantes implicaciones teóricas en conexión con el marco teórico de los prototipos, es importante un cuidadoso estudio experimental del mismo. A la luz de la literatura científica, se comprueba que cuando se obtiene el efecto magnético la principal debilidad metodológica es que no está completamente garantizado que los juicios discriminativos ocurran dentro de una única categoría fonética.

El propósito del trabajo que aquí se presenta es estudiar el efecto magnético adoptando estrictas medidas que aseguren que todos los estímulos utilizados pertenecen a una única categoría. Por este motivo sólo se han considerado estímulos con un alto porcentaje de identificación fonética. Por otra parte es de gran interés comprobar su existencia en otras lenguas distintas, y distantes, del inglés, como es el caso del español. Dentro del Modelo de Lenguaje Nativo propuesto por Kuhl (ver Kuhl, 1993, 1994; Kuhl & Iverson, 1995), el efecto magnético aparece desde la primera infancia fruto de un análisis muy temprano de las propiedades distribucionales de las vocales del entorno lingüístico. De esta manera, las capacidades innatas interactúan con las primeras experiencias fonéticas para crear un patrón representacional específico de cada lengua. En este contexto teórico, el efecto magnético sería específico de cada idioma, dependiendo de cada estructura vocálica particular, pero su existencia habría de ser universal y sería el reflejo de mecanismos profundos de la percepción del habla humana. Desde este punto de vista, si este efecto realmente existe, sería también esperable su hallazgo en la percepción de las vocales españolas.

El objetivo del Experimento 1 ha sido determinar qué estímulos, dentro de un amplio conjunto de ellos en el plano  $F_1 \times F_2$ , son identificados consistentemente como vocal /i/ por parte de hablantes nativos del español. Los participantes clasificaron un total de 49 vocales sintéticas creadas artificialmente en torno a los valores frecuenciales medios obtenidos en Bradlow (1995) para el primer y segundo formantes de la /i/ castellana<sup>1</sup>. En el experimento 2 los sujetos puntuaron la «bondad» de cada estímulo como ejemplos de /i/. Los resultados de estos dos experimentos permitieron seleccionar un estímulo como prototipo adecuado (P) y otro como ejemplo de no-prototipo (NP) de dicha vocal. En el experimento 3 se llevó a término una tarea de discriminación igual-diferente (AX) en torno a P y NP. Todos los estímulos empleados pertenecían a la región del espacio formántico que había alcanzado altos porcentajes de identificación de /i/. Si el efecto magnético aparece, la sensibilidad en torno a P debe ser menor que en torno a NP. Para comprobarlo se han utilizado los procedimientos estadísticos de la Teoría de Detección de Señales (TDS).

## **2. PRIMER EXPERIMENTO: IDENTIFICACIÓN DE VOCALES**

Como se ha adelantado, este experimento se diseñó para determinar qué estímulos son categorizados consistentemente como /i/ castellana por hablantes nativos. Como estudios perceptivos precedentes en nuestro ámbito lingüístico contamos con el trabajo de Romero (1988) a partir de las vocales cardinales primarias y secundarias del Alfabeto Fonético Internacional, y el de Fernández Planas (1993) con réplicas sintéticas de las vocales castellanas. Una conclusión común en ambos estudios es que el campo de dispersión de las vocales desde el punto de vista perceptivo es más amplio que desde el punto de vista productivo. Por esta razón, nuestro experimento tiene un enfoque extensivo, cubriendo una amplia región del espacio formántico utilizado.

### **2.1. Sujetos**

Los participantes fueron 35 estudiantes de Psicología de la Universidad Jaume I de Castellón. Todos tenían audición normal y ausencia de cualquier trastorno del lenguaje o del habla.

---

<sup>1</sup> En este trabajo se emplean los términos vocales españolas y castellanas como equivalentes.

## 2.2. Estímulos

Se sintetizaron 49 vocales utilizando la configuración en cascada del sintetizador de formantes de Klatt (1980), implementado en el programa CSRE (Jamieson, Ramjii, Kheirallah, & Nearey, 1992). Fueron creados siguiendo los parámetros de síntesis generales descritos en Kuhl (1991) e Iverson y Kuhl (1995). La duración de cada estímulo fue de 435 milisegundos y la frecuencia fundamental ( $F_0$ ) empezaba a 112 Hz, ascendía hasta 130 Hz en los primeros 100 mseg. y bajaba hasta 92 Hz a lo largo de los restantes 335 mseg, para producir un apropiado contorno de subida y bajada silábica. Los estímulos se crearon manipulando los valores frecuenciales del primer ( $F_1$ ) y segundo ( $F_2$ ) formante. Los valores del tercero, cuarto y quinto formantes permanecieron constantes para todas las vocales en 3010, 3300, y 3850 Hz, respectivamente. Los anchos de banda de los formantes fueron: 50 Hz para  $F_1$  (B1), 77 Hz para B2, 111 Hz para B3, 175 Hz para B4, y 281 Hz para B5.

Se crearon 48 estímulos alrededor de una vocal central cuyos  $F_1$  y  $F_2$  coincidían con los valores medios obtenidos por Bradlow (1995) para la vocal castellana /i/ por informantes adultos varones ( $F_1=286$  Hz y  $F_2=2147$  Hz). Cada estímulo estaba separado de su vecino por una diferencia de 30 meles a lo largo y ancho del plano  $F_1$ - $F_2$ , y localizados sobre seis órbitas y ocho vectores radiales<sup>2</sup> (ver Figura 1). Como la escala mel<sup>3</sup> (3) es esencialmente lineal en las frecuencias bajas y logarítmica en las altas, se corresponde bastante bien a la localización espacial de las frecuencias sobre la membrana basilar del oído humano, razón por la que se emplea en este trabajo, al igual que en otros anteriores. La escala mel (Fant, 1973; Stevens, Volkman, & Newman, 1937) fue usada originalmente por Kuhl (1991) y después por otros estudiosos del efecto magnético (Aaltonen et al., 1997; Iverson & Kuhl, 1995; Lotto et al., 1998; Lively & Pisoni, 1997; Sussman & Lauckner-Morano 1995) para intentar igualar la magnitud de los cambios percibidos en las

---

<sup>2</sup> Las Figuras 1 y 2 son semejantes a las representaciones gráficas incluidas en los estudios que usan estímulos organizados en órbitas (ver, por ejemplo, Sussman & Lauckner-Morano, 1995, pag. 542). Los valores de  $F_1$  y  $F_2$  están dados en la abscisa y ordenada respectivamente. Los valores individuales de los estímulos colocados en dirección horizontal (vectores V3 y V7) y vertical (vectores V1 y V5) vienen dados por las proyecciones directas desde los ejes. Los valores del resto (vectores diagonales V2, V4, V6 y V8) se determinan "siguiendo" su órbita hasta los vectores horizontal y vertical próximos.

<sup>3</sup> Para la escala mel se ha aplicado la fórmula más utilizada, y propuesta por Fant, siguiente:  $y=(1000 / \log 2) \cdot \log (1 + f / 1000)$ ; donde  $y$  son meles y  $f$  es la frecuencia en hercios.

diferentes frecuencias. Los estímulos variaron en pasos de 30, 60, 90, 120, 150, y 180 meles desde el estímulo central, formando seis órbitas que cubren un amplio espacio formántico. Al mismo tiempo, como se muestra en la Fig. 1, los estímulos se disponen sobre ocho vectores radiales: creciendo sólo  $F_2$  (V1), creciendo  $F_1$  y  $F_2$  (V2); creciendo sólo  $F_1$  (V3); creciendo  $F_1$  y decreciendo  $F_2$  (V4); decreciendo sólo  $F_2$  (V5); decreciendo sólo  $F_1$  y  $F_2$  (V6); decreciendo sólo  $F_1$  (V7); y finalmente, decreciendo  $F_1$  y creciendo  $F_2$  (V8).

Los 49 estímulos fueron administrados junto con otras 21 vocales sintéticas de relleno, formando un conjunto de 70 sonidos que correspondían a las cinco vocales castellanas. Todos los estímulos de relleno se sintetizaron siguiendo los mismos parámetros y procedimientos de los estímulos experimentales, a excepción de que los valores de los tres primeros formantes variaron de acuerdo con los obtenidos en otros trabajos para las vocales españolas /e/, /a/, /o/, /u/ (Celdrán, 1994, 1996; Quilis, 1981).

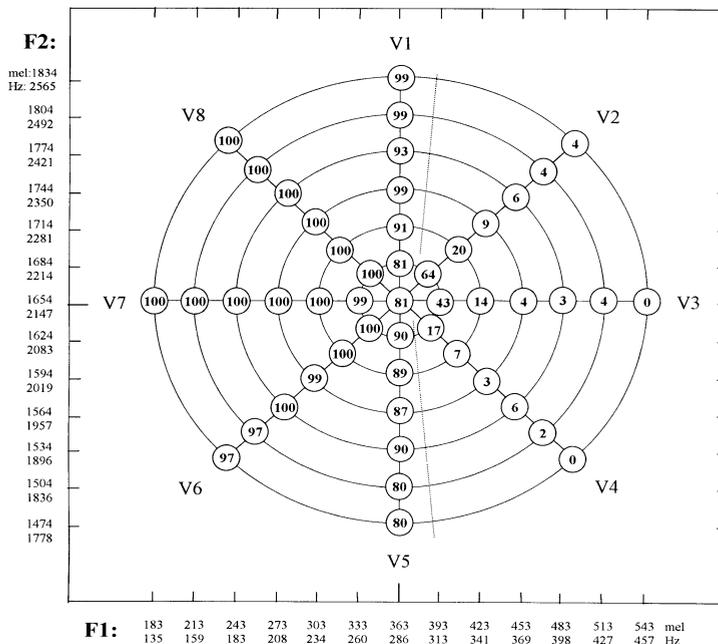


Figura 1. Experimento1: Porcentajes de las respuestas de identificación de la vocal /i/. Los estímulos están distribuidos en el

*plano  $F_1$ - $F_2$  sobre ocho vectores y seis órbitas alrededor del estímulo central, en pasos de 30 meles. De acuerdo con los datos obtenidos, la línea interrumpida separa las regiones perceptivas de las vocales /i/ (izquierda) y /e/ (derecha).*

### 2.3. Procedimiento

Cada sujeto participó individualmente en una sesión experimental. Los estímulos eran presentados a través de un ordenador personal desde el entorno CSRE con una tarjeta de sonido de 16 bits. La presentación se hizo a un nivel confortable de 70 dB SPL a través de auriculares en una sala silenciosa del laboratorio.

Se escucharon primero todos los estímulos con el fin de que los sujetos se familiarizaran con la tarea. Después se administraron tres series consecutivas de los 70 estímulos en un orden aleatorio. El intervalo entre dos estímulos consecutivos era un periodo aleatorio que oscilaba entre 1.5 y 2 segundos. Los oyentes debían identificar cada estímulo como una de las cinco vocales castellanas, registrándolo en una hoja de respuestas.

### 2.4. Resultados y Discusión

Los datos de identificación se ofrecen en la Figura 1. Ahí se aprecian los porcentajes de ensayos en los que cada ejemplar es categorizado como vocal /i/. Excepto en un ensayo, todas las respuestas distintas de /i/ que recibieron los 49 estímulos correspondían a la vocal /e/. El patrón de resultados muestra dos áreas perceptivas delimitadas claramente: una que corresponde a la vocal /i/ y otra a la vocal /e/. Todos los sonidos vocálicos de los vectores 1, 8, 7, 6 y 5 fueron clasificados principalmente como /i/. Los sonidos de los vectores 2, 3 y 4 (excepto el sonido de la primera órbita, O1, del segundo vector, V2) fueron identificados principalmente como /e/ (más del 55 % de los ensayos). La línea interrumpida de la Fig. 1 señala el límite entre las dos regiones perceptivas vocálicas: /i/ en el lado izquierdo y /e/ en el derecho

En consecuencia, las medias de  $F_1$  y  $F_2$  de Bradlow (1995) no ocupan una posición central dentro del espacio de la /i/, sino que se hallan cerca de la frontera con la vocal /e/. Parece que es crítico el valor frecuencial en torno a 286 Hz para el primer formante, porque cuando el estímulo tienen un  $F_1$  un más alto suena a los oyentes

como /e/ castellana, al menos con  $F_2$  igual o inferior a 2174 Hz. Probablemente, cuando  $F_2$  es mayor, el valor crítico de  $F_1$  se desplaza hacia la derecha, como así se muestra por la variante O1 del vector V2, que teniendo  $F_1=313$  Hz y  $F_2=2214$  Hz es identificada como /i/ en el 64 % de las ocasiones. Probablemente, el mismo  $F_1$  con un  $F_2$  más alto sería identificado como /i/, pero estos sonidos no están incluidos en el conjunto utilizado.

### **3. SEGUNDO EXPERIMENTO: VALORACIÓN DE LA PROTOTIPICIDAD.**

Los datos del primer experimento han permitido encontrar una amplia área en el espacio  $F_1$ - $F_2$  que corresponde perceptivamente a la vocal española /i/. Tal como resumen Lively y Pisoni (1997) en su trabajo, hacen falta dos resultados para demostrar la presencia del efecto imán o magnético. En primer lugar, algunos miembros de la categoría fonética deben ser juzgados como mejores ejemplos de esa categoría que otros. En segundo lugar, los ejemplos que se aproximan a un hipotético e idealizado prototipo de la categoría deben ser más difícilmente discriminables que los que se hallan lejanos de dicho prototipo. En este experimento se intenta dar respuesta a la primera cuestión. De forma típica, Kuhl (1991), y otros como Iverson & Kuhl (1995), Renda et al., (1995), Aaltonen et al., (1997), Lively y Pisoni, (1997), o Lotto et al., (1998), han establecido esa primera condición haciendo que los sujetos puntúen en una escala de valoración el grado de “bondad”, o prototipicidad, de cada sonido como ejemplo representativo de la vocal estudiada. En este experimento se les pedía a los participantes que valoraran en qué grado cada uno de los estímulos anteriores constituye un buen ejemplo de /i/ castellana.

#### **3.1. Sujetos**

Los sujetos en este experimento fueron los mismos 35 estudiantes que participaron en el primero.

#### **3.2. Estímulos**

Se utilizó el mismo conjunto de 49 estímulos experimentales del experimento anterior. Aquí se administraron en exclusiva, sin otros estímulos de relleno.

### **3.3. Procedimiento**

Los sujetos participaron individualmente, siguiendo las mismas condiciones generales del experimento primero. También aquí, se escucharon previamente todos los estímulos para la familiarización con los mismos. Después se administraron tres series de los 49 estímulos en un orden cuasialeatorio. El intervalo entre ensayos oscilaba entre 2 y 4 segundos y se introdujo un corto descanso entre cada una de las tres series. Los sujetos otorgaron por escrito una puntuación a cada estímulo sobre una escala de valoración que iba del 1 al 7. Se trataba de valorar en qué medida cada sonido constituía un buen ejemplo de la vocal /i/, en donde 1 significaba “un mal ejemplo de i”, y 7 significaba “un excelente ejemplo de i”. Se les instruyó para que utilizaran todo el rango de puntuaciones posibles

### **3.4. Resultados y Discusión**

Los datos muestran que, aunque hay bastante coincidencia entre los oyentes, las valoraciones subjetivas de prototipicidad presentan un importante nivel de variabilidad. Varias vocales (19 de las 49) fueron valoradas con la puntuación máxima (7 puntos) por al menos un participante. Por tanto, la estabilidad de los hipotéticos prototipos a través de los sujetos es más reducida que la referida por Kuhl en 1991. En el estudio de Kuhl, todos los oyentes seleccionaron la misma vocal como ejemplo más representativo de la categoría fonética. Sin embargo, en el presente experimento han sido varias las vocales que han recibido la puntuación máxima, al menos por algún sujeto. Este hecho está más en consonancia con lo encontrado en los estudios posteriores (Aaltonen et al., 1997; Lotto et al., 1998; Lively & Pisoni, 1997).

El promedio de las valoraciones de los 49 estímulos se ofrecen en la Figura 2. Los resultados muestran una estrecha relación con los datos de identificación del primer experimento, alcanzando una correlación significativa ( $r= 0.959$ ,  $p<.001$ ), a través de los ítems. Si una vocal es considerada como un buen ejemplar representativo de la categoría fonética, tendrá, lógicamente, más posibilidades de ser identificada como perteneciente a esa categoría. Dentro del espacio perceptivo de la /i/, las puntuaciones se extienden desde 3.3 a 6.4 puntos, mientras que en el espacio de la /e/ oscilan entre 1.1 y un máximo 3.5 puntos.

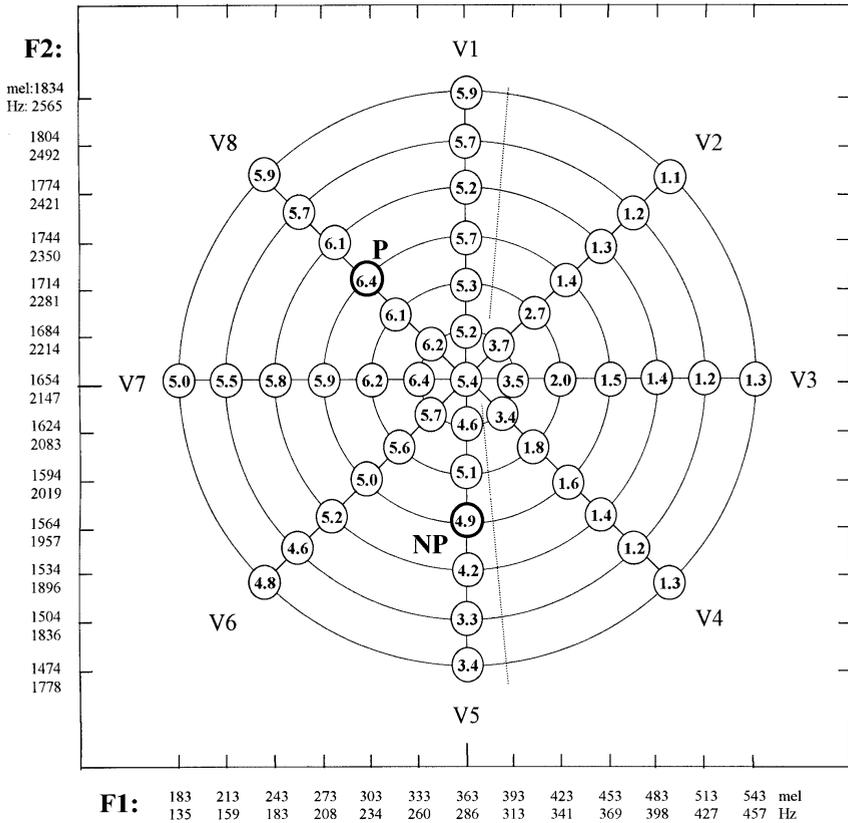


Figura 2. Experimento 2: Promedios de prototipicidad en la escala de valoración de 1-7 puntos, sobre la misma distribución de estímulos de la Figura 1. La línea interrumpida separa las regiones perceptivas de las vocales /i/ (izquierda) y /e/ (derecha). Se indican los estímulos seleccionados como Prototipo (P) y No Prototipo (NP) para el Experimento 3

Conviene destacar que no todos los estímulos fueron valorados igual. Por el contrario, como cabría esperar, algunos sonidos fueron considerados mejores

ejemplos de /i/ que otros. 5 estímulos alcanzaron puntuaciones superiores a 6 puntos. La máxima puntuación media (6.4) es obtenida por la vocal de la tercera órbita (O3) y octavo vector (V8) y la vocal de la primera órbita (O1) y séptimo vector (V7). Los sonidos próximos a las mismas en sus respectivos vectores obtienen también puntuaciones altas, observándose un gradiente en los juicios de prototipicidad en la medida que baja  $F_1$  y asciende  $F_2$ .

En segundo lugar, el patrón general de resultados es distinto del obtenido por Kuhl. La autora refirió la existencia de simetría radial en torno al estímulo central, es decir, los valores medios de  $F_1$  y  $F_2$  obtenidos en varones en el estudio clásico de Peterson & Barney (1952)-, recibiendo este estímulo central la máxima puntuación y reduciéndose las puntuaciones a medida que se alejaban del centro. Sin embargo Lively y Pisoni (1997) comprueban que sus oyentes seleccionan una vocal extrema como más representativa que la vocal central. Johnson (1989) obtuvo un patrón similar en un trabajo en el que no se investigaba el efecto magnético, pero en el que los sujetos tenían que seleccionar las mejores vocales dentro de un conjunto amplio de ítems. De hecho, la simetría radial referida por Kuhl tampoco ha sido replicada en trabajos posteriores. En el primer experimento de Iverson & Kuhl (1995), se les presentó a los sujetos un subconjunto de vocales en las que variaba  $F_1$  (aumentando) y  $F_2$  (disminuyendo) para su identificación y valoración. Esta serie de vocales era en realidad equivalente a la diagonal de la distribución original de Kuhl (1991). Los datos mostraron que la serie tendía a alcanzar puntuaciones más altas a medida que  $F_1$  era más bajo y  $F_2$  más alto, de manera que el prototipo que había usado Kuhl no alcanzaba la máxima puntuación media, obteniendo 5.9 puntos, mientras que otros sonidos más extremos recibían puntuaciones mayores (por encima de 6). Los mismos estímulos fueron presentados formando pares por Lotto et al. (1998) y obtuvieron un patrón semejante. En un estudio realizado por Kluender, Lotto, Holt, & Bloedel (1998), los juicios de bondad de las vocales inglesas /i/ y /I/ mostraron distribuciones basadas en la distintividad de las vocales. Dado que las versiones extremas de /i/, con bajos  $F_1$  y altos  $F_2$ , son más distintivas respecto a las otras vocales del inglés, recibieron las puntuaciones más altas como ejemplos de /i/. Sin embargo fueron las versiones centrales de /I/ las que se valoraron como más representativas de esta vocal, ya que en este caso eran ellas las más distintivas y lejanas de su entorno vocálico en el sistema inglés.

En el presente experimento el vector con mejor valoración media es el V8, en el que  $F_1$  y  $F_2$  varían de manera inversa. Este vector corresponde a los ejemplares de /i/ más extremos y lejanos del territorio de la /e/, la única vocal adyacente en el sistema vocálico español.

En consecuencia, el estímulo elegido como central en el conjunto no ha recibido la valoración más alta y los datos muestran que en realidad, ocupa una posición periférica en el área perceptiva de /i/, obteniendo una valoración de prototipicidad de 5.4 puntos sobre 7, siendo identificado como /i/ en el 81 % de los ensayos. El próximo estímulo en su lado derecho, sobre el vector V3, alcanza sólo 3.5 puntos y el 43 % de las identificaciones. El próximo en el vector V4 obtiene 3.4 puntos y 17 %, respectivamente. Este estímulo central corresponde a los valores formánticos medios de la /i/ pronunciada por cuatro hablantes españoles estudiados por Bradlow (1995). Los sujetos eran varones adultos de Madrid ciudad y proporcionaron un total de 20 realizaciones fonéticas (4 hablantes x 5 repeticiones) que arrojaron medias de  $F_1=296$  Hz y  $F_2=2147$  Hz. Los datos procedentes de otros estudios son bastante variables, pero en general tienen a presentar promedios más bajos de  $F_1$  y más altos de  $F_2$  (Celdrán, 1994; Quilis y Esgueva, 1980). Por ejemplo, Quilis y Esgueva (1980) analizaron la producción de las cinco vocales en posiciones átonas y tónicas y obtienen valores de /i/ en torno a 250 Hz para  $F_1$  y 2550 Hz para  $F_2$ .

#### 4. TERCER EXPERIMENTO: TAREA DE DISCRIMINACIÓN

El segundo experimento proporcionó los datos necesarios para seleccionar un estímulo como buen prototipo (P) perceptivo de vocal /i/ y otro como no-prototipo (NP), o pobre ejemplo de la misma. En este experimento se utilizó la tarea de discriminación igual-diferente (AX) y se diseñó para su análisis matemático en el marco de la TDS o Teoría de Detección de Señales (Green & Swets, 1966), comúnmente empleada en la investigación sobre percepción del habla (Iverson & Kuhl, 1995; Sussman & Lauckner-Morano, 1995). Durante el transcurso de la tarea, los sujetos escuchaban pares de estímulos vocálicos sucesivos y debían juzgar si se trataba del mismo sonido o de dos sonidos distintos. Desde la TDS, la comparación entre el porcentaje de detección de diferencias (respuestas “diferente” correctas) y el de falsas alarmas (respuestas “diferente” incorrectas) permite el cálculo de la medida de sensibilidad  $d'$  ( $d$  prima) como un parámetro separado del criterio de decisión -más arriesgado o más conservador- utilizado por cada sujeto su tarea. Se trata, por tanto, de una medida genuinamente perceptiva independiente de otras variables ligadas al proceso de decisión.

##### 4.1. Sujetos

Los sujetos del tercer experimento fueron 33 estudiantes que habían participado en los experimentos anteriores.

## 4.2. Estímulos

Se crearon dos conjuntos de vocales sintéticas, uno en torno a la escogida como prototípica (P) y otro en torno a la no-prototípica (NP). La principal condición impuesta es que todos ellos habían de pertenecer a la región perceptiva de la /i/, es decir aquella cuyos estímulos habían sido principalmente clasificados como /i/ en el primer experimento. En concreto, se tratan de estímulos con  $F_1$  igual o inferior a 363 meles (286 Hz). De esta forma se garantizaba que todos los juicios discriminativos tuvieran lugar en el seno de una única categoría fonética.

Todos los estímulos se crearon con el sintetizador de formantes de Klatt (1980) utilizando los mismos parámetros generales de los experimentos 1 y 2. Los valores frecuenciales de  $F_1$  y  $F_2$  se seleccionaron de acuerdo con las siguientes condiciones.

El estímulo seleccionado como P fue el O3 del vector V8 (tal como se indica en la Fig. 2) porque recibió la puntuación más alta de prototipicidad (media de 6.4 puntos) en el segundo experimento y había sido identificado como /i/ en el 100 % de los ensayos del primero. El estímulo seleccionado como NP fue el O3 del vector V5 (ver también Fig. 2) porque había obtenido igualmente una alta tasa de identificación (87.5 %) y, al mismo tiempo, no era considerado un buen ejemplo de /i/, recibiendo una valoración moderada de 4.9 puntos, dentro del rango 3.3 - 6.4 de las variantes de /i/. Por otra parte, no había que olvidar que los estímulos circundantes a NP debían mantenerse dentro del espacio de la /i/ y presentar valoraciones de prototipicidad inferiores a las de los circundantes de P

Para asegurar la intra-categorialidad de los juicios fue necesario crear la variantes de NP sólo a lo largo de cinco vectores: V1, V5, V6, V7 y V8, con el propósito de no invadir el espacio contiguo de la vocal /e/ (lo que habría sucedido con la inclusión de los vectores V2, V3 y V4). En justa correspondencia, también se consideraron los mismos cinco vectores para el conjunto de estímulos circundantes de P. Por tanto, como se muestra en la Figura 3, el conjunto de P se compuso con el propio P ( $F_1= 273$  meles (208 Hz),  $F_2= 1174$  meles (2350 Hz)) y 15 variantes. Cada una de ellas estaba separada de sus vecinas por una diferencia de 30 meles a través de tres órbitas (O1, O2 y O3) y a lo largo de los vectores radiales V1, V5, V6, V7 y V8. Es decir, las vocales estaban a 30, 60, ó 90 meles de P dispuestas a lo largo de vectores donde: sólo se incrementaba  $F_2$  (V1); sólo decrecía  $F_2$  (V5); tanto  $F_1$  como  $F_2$  decrecían (V6); sólo decrecía  $F_1$  (V7); o  $F_1$  decrecía y  $F_2$  aumentaba (V8). Ningún estímulo quedó localizado más allá del área estudiada en los experimentos 1 y 2. Homólogamente, el conjunto de NP se dispuso de forma

semejante, esta vez en torno a NP ( $F_1=363$  meles (286 Hz),  $F_2= 1564$  meles (1957 Hz))

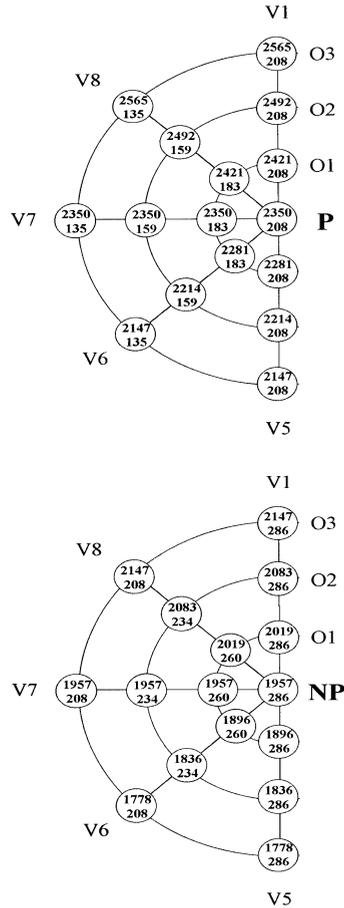


Figura 3. Experimento 3: Distribuciones de estímulos para el conjunto P (Prototipo) y el conjunto NP (No Prototipo). Cada distribución tiene quince estímulos dispuestos sobre cinco vectores (V1, V5, V6, V7, and V8) y tres órbitas (O1, O2, O3) alrededor del estímulo central en pasos de 30 meles. Los valores individuales se ofrecen en Hz para el primer (abajo) y segundo (arriba) formante.

### **4.3. Procedimiento**

Los sujetos participaron individualmente según las mismas condiciones generales de los experimentos anteriores. Los estímulos fueron administrados por medio del controlador de experimentos (EcosCon) del entorno CSRE (Jamieson, et al. 1992) y presentados a través de auriculares a un nivel confortable de 70 dB SPL.

En cada ensayo, los sujetos escuchaban dos estímulos consecutivos separados por un intervalo de 250 milisegundos. Se instruyó a los sujetos a no responder cuando creyeran que se trataba del mismo sonido presentado dos veces. Si los percibían como dos sonidos distintos debían de apretar una tecla del ordenador etiquetada con el rótulo de “diferentes”. El orden de los ensayos fue aleatorizado, con la única condición de que no se produjeran más de tres parejas consecutivas del mismo tipo (igual o diferente).

Los sujetos se enfrentaron a dos bloques distintos de ensayos. Un bloque (bloque P) estaba formado por parejas de estímulos constituidas por P y cada uno de sus 15 estímulos circundantes. Las parejas se formaron en ambos sentidos, alternando los dos órdenes posibles: es decir, 15 pares en los que P figuraba como primer estímulo, y otros 15 en los que P figuraba como segundo estímulo. Estos constituían los ensayos “diferentes” del bloque. A ellos se le unían otros 30 ensayos “iguales” hechos del siguiente modo: 15 formados por el estímulo P repetido dos veces, y otros 15 formados al repetir cada uno de los restantes estímulos. Así, el bloque P estaba compuesto por un total de 60 ensayos: 30 ensayos “diferentes” más 30 ensayos “iguales”.

El otro bloque (bloque NP) se formó exactamente del mismo modo con los estímulos del conjunto de NP.

A cada sujeto le fueron administrados los dos bloques, dos veces cada uno, con periodos cortos de descanso entre sesiones. La mitad de los sujetos recibieron el bloque P en primer lugar, mientras que la otra mitad recibió primero el bloque NP. Antes de los ensayos experimentales, los sujetos recibieron una primera sesión de práctica con feedback tras cada ensayo.

### **4.4. Resultados y Discusión**

Los resultados se sometieron a los procedimientos estadísticos de la TDS o Teoría

de Detección de Señales (Green & Sweets, 1966), calculándose la sensibilidad de cada sujeto en cada una de las dos condiciones (P y NP). Los cálculos se efectuaron de acuerdo con las fórmulas propuestas por Macmillan & Creelman (1991) y utilizando un programa informático proporcionado por Creelman. Por tanto, para cada sujeto se obtuvo un par de valores de sensibilidad ( $d'$ ), uno procedente del bloque P y otro del bloque NP. Estos valores fueron comparados entre sí por medio de la prueba  $t$  de grupos emparejados. Las medias generales de cada condición se representan en la Figura 4; como puede apreciarse, ambos valores están muy próximos entre sí. La prueba  $t$  no encontró diferencias entre la sensibilidad de los juicios discriminativos del bloque P ( $d'$  media = 2.5096,  $sd$ = 0.522) y la sensibilidad en el bloque NP ( $d'$  media = 2.4992,  $sd$ =0.471);  $t(32)=0.11$ ,  $p= 0.910$ .

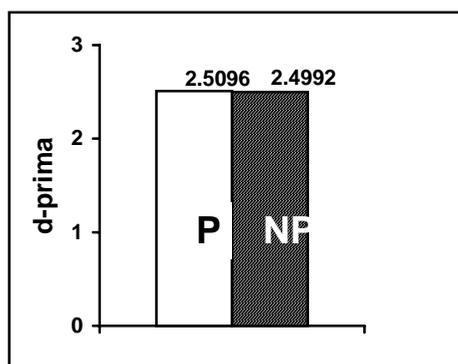


Figura 4. Experimento 3: Puntuaciones medias del parámetro de sensibilidad ( $d'$ ) en la Teoría de Detección de Señales para las condiciones experimentales P (Prototipo) y NP (No Prototipo).

Otra forma de analizar los datos de una tarea de discriminación es por medio del *porcentaje de generalización*. Consiste en el porcentaje de ensayos “diferentes” omitidos, es decir, no detectados por el sujeto. Esta ausencia de respuesta indica, que pese a ser estímulos distintos, los sujetos los perciben como el mismo sonido vocal, siendo insensibles a la diferencia de los valores de los formantes que los separa. La Figura 5 (datos en la Tabla I) presenta los porcentajes de generalización para cada condición (P y NP) en función de las órbitas, poniéndose de manifiesto un marcado gradiente a través de las mismas. Sin embargo no aparece evidencia de

efecto magnético, ya que los valores de ambas condiciones están estrechamente unidos entre sí.

Se sometieron los datos a un ANOVA, o Análisis de Varianza, incluyendo como efectos las condiciones experimentales (P vs NP) y las órbitas (O1, O2, O3). No aparecieron diferencias significativas entre las órbitas, obteniéndose puntuaciones de generalización semejantes (P = 33.64 %, NP= 33.99 %). Tampoco la variable condición fue significativa ( $F(1,32) = 0.04$ ,  $p = 0.839$ ). Como era de esperar, la generalización decrece a medida que avanzamos en las órbitas, por lo que se obtiene un efecto principal de éstas ( $F(2,64) = 216.03$ ,  $p < .001$ ), pero no aparece interacción condición x órbita ( $F(2,64) = 1.66$ ,  $p = 0.198$ ), de manera que en ninguna de las tres órbitas las dos condiciones arrojaron diferencias significativas entre sí.

De haberse manifestado el efecto perceptivo magnético, hubiéramos encontrado un gradiente de generalización más marcado en la condición P, como clara consecuencia de una peor discriminación del estímulo central (P) respecto a sus circundantes. Por el contrario, es patente el estrecho paralelismo entre las dos líneas.

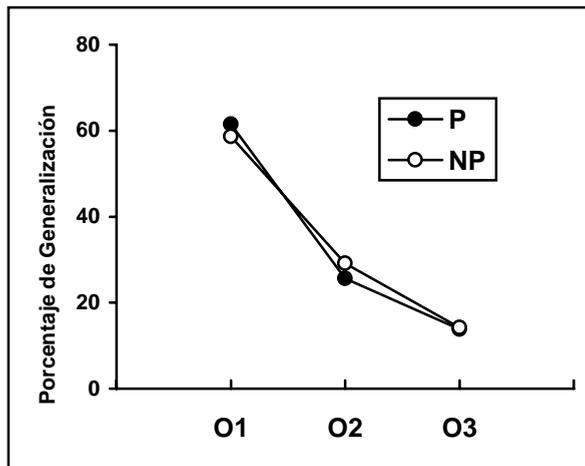


Figura 5. Experimento 3: Porcentajes de Generalización a través de las órbitas para los estímulos en torno a P (Prototipo) y NP (No Prototipo)

Porcentaje de Generalización						
P						
	V1	V5	V6	V7	V8	Total
O1	71.22	69.70	50.00	61.36	55.30	61.52
O2	36.36	38.64	14.39	20.45	18.18	25.61
O3	16.67	18.18	12.12	12.88	9.09	13.79
Total	41.41	42.17	25.50	31.57	27.53	33.64
NP						
	V1	V5	V6	V7	V8	Total
O1	78.03	79.55	27.27	53.03	55.30	58.64
O2	41.67	43.18	6.06	25.76	28.79	29.09
O3	21.97	20.46	7.58	9.85	11.36	14.24
Total	47.22	47.73	13.64	29.55	31.82	33.99

*Tabla 1. Porcentajes de Generalización del Experimento 3 a través de las órbitas (O1, O2, O3) y los vectores (V1, V5, V6, V7, V8), en las condiciones experimentales de Prototipo (P) y No-Prototipo (NP).*

## 5. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha buscado el efecto magnético en la percepción de una vocal española, pero no ha sido hallada ninguna evidencia del mismo. El tercer experimento, crítico para su comprobación, se ha llevado a cabo adoptando las medidas necesarias para que los juicios discriminativos tuvieran lugar entre estímulos pertenecientes a la misma categoría fonética. Se trata de un aspecto fundamental habida cuenta de que las principales críticas dirigidas a trabajos anglosajones anteriores cuestionaban el carácter intra-categorico de las discriminaciones que lo ponían de manifiesto.

Por definición, el efecto magnético debe tener lugar en el seno de una única categoría fonética. Si la selección de estímulos no permite descartar posibles discriminaciones entre categorías distintas, los resultados nos remitirían al

conocido efecto experimental, de que es más fácil distinguir entre sonidos de distintas categorías fonéticas que entre sonidos de la misma categoría. Lo cierto es que en aquellos trabajos en los que el efecto se ha encontrado de forma nítida, la selección de estímulos empleada no permite descartar la hipótesis de intercategorialidad, especialmente para el conjunto que acompaña al estímulo no prototípico (NP). Por el contrario, los estudios que han puesto el énfasis en asegurar la pertenencia de todos los estímulos a la misma categoría, no hallan el efecto de forma clara, o los datos que obtienen son ambiguos. Nuestros resultados se alinean en esta última dirección. En este trabajo se ha puesto especial cuidado en el requisito de intracategorialidad de los sonidos vocálicos, al tiempo que se ha estudiado una lengua distinta del inglés. Nuestros datos no arrojan el mínimo indicio de efecto magnético en la percepción de la vocal /i/ española, y tanto las medidas de sensibilidad como las puntuaciones de generalización son prácticamente las mismas en torno a una variante prototípica (P) que en relación a una no prototípica (NP). En consecuencia, estos resultados junto con los de otras investigaciones anteriores cuestionan la robustez y universalidad del efecto imán en la percepción de las vocales.

No obstante, esta ausencia del efecto imán no cuestiona necesariamente la validez de la teoría de prototipos aplicada a la percepción del habla. Sus defensores (Eimas & Corbit, 1973; Grieser & Kuhl, 1989; Kuhl, 1991; Massaro & Oden, 1980; Miller & Volaitis, 1989; Samuel, 1982) sostienen que las categorías fonéticas están organizadas en torno a prototipos que contienen representaciones abstractas de sus propiedades, y la señal extraordinariamente variable del habla es clasificada en el proceso perceptivo según su encaje con estas representaciones prototípicas. Según esta teoría, no todos los miembros de la categoría son igualmente prototípicos o representativos de la misma; antes al contrario, las categorías presentan una rica estructura interna con gradientes de prototipicidad. Los datos del Experimento 2 son congruentes con esta hipótesis y, al igual que se ha encontrado en otros trabajos para el inglés (Hodgson & Miller, 1996; Miller, 1994; Miller & Eimas, 1996), el grado de prototipicidad de los distintos ejemplares o variantes de /i/, medido en una escala de valoración de siete puntos, se distribuye de acuerdo con una clara estructura interna.

La postulación del efecto magnético pretende dar un paso más allá: el espacio perceptivo dentro de esa estructura interna se “encoge” (*shrink*) en la zona más prototípica acortando en su interior la distancias perceptivas. En realidad no se trataría de una propiedad esencial e imprescindible para la teoría prototípica y la debilidad de la evidencia empírica obtenida hasta la fecha aconseja mantener serias

reservas al respecto. El primer hallazgo del efecto magnético se debe a Kuhl (1991), sugiriendo que la discriminación de los estímulos vocálicos no está determinada sólo por parámetros acústicos sino, sobre todo, por el grado de tipicalidad o prototipicidad de los mismos. El prototipo actuaría como un imán ejerciendo atracción sobre los miembros de la categoría próximos, acercándolos y acortando sus distancias en un espacio perceptivo. Su manifestación práctica sería una peor discriminación entre el prototipo y sus vecinos, como así obtiene esta autora. La fuerza de esta concepción se ve reforzada cuando Kuhl no halla ese efecto en animales no humanos (monos Rhesus) desprovistos de un sistema lingüístico. Este primer estudio ha sido el primero de una serie en la que la replicación de los resultados no ha sido clara y el efecto magnético se ha revelado, cuando menos, controvertido. Como se ha expuesto, el examen detenido de la literatura científica indica que cuando los datos apuntan claramente hacia su existencia, no se puede descartar el que en realidad estén involucradas más de una categoría fonética. En el trabajo de Kuhl (1991) los sujetos sólo podían responder sobre el grado de tipicalidad de cada estímulo y no tuvieron la oportunidad de señalar aquellos que podrían pertenecer a otra categoría próxima. Esta reserva no es ociosa porque, de hecho, otros trabajos posteriores con los mismos materiales han encontrado que varios de los estímulos no eran categorizados como /i/ (Iverson & Kuhl, 1995; Lively, 1993; Lively & Pisoni, 1997; Lotto et al., 1996, 1998; Sussman & Lauckner-Morano, 1995). Un hecho bien establecido es que la discriminación entre sonidos es mejor a través de los límites entre categorías. No es sorprendente que, si algunos de los estímulos del conjunto no prototípico (NP), por su posición más periférica, pertenecen a otra categoría distinta adyacente, sean mejor discriminados y eleven espúreamente el promedio del conjunto NP frente al conjunto P. Los resultados de Iverson y Kuhl (1995) sobre un subconjunto de los estímulos originales son muy ilustrativos al respecto: encuentran cuatro de los trece estímulos estudiados son identificados como vocal /i/ en menos del 50 % de las ocasiones. Lotto et al. (1996) comunicaron datos de un experimento hecho sobre este mismo subconjunto de estímulos y encontraron que incluso el propio estímulo que había sido empleado por Kuhl como no-prototípico (NP) era identificado como /i/ en sólo el 7.3 % de las veces. Resultados en la misma línea son obtenidos también por Sussman & Lauckner-Morano (1995), con el conjunto estimular completo: 22 de los 33 sonidos del conjunto NP de Kuhl fueron identificados como /i/ en menos de la mitad de los ensayos. También los sujetos de Lively y Pisoni (1997) efectuaron identificaciones por debajo del 50 % en 17 estímulos del mismo conjunto.

Como conclusión, a la luz de los resultados obtenidos en este trabajo, la defensa de

---

un efecto imán o magnético como parte de un mecanismo universal de percepción de los sonidos del lenguaje, debe mantenerse por el momento en una prudente reserva, sin que ello invalide la posible aplicación de la teoría de prototipos como intento de explicación de los procesos perceptivos del habla humana.

*AGRADECIMIENTOS: Parte de los materiales e instrumentos utilizados en este trabajo han sido financiados por el Proyecto PIA99-01 de la Fundació Caixa-Castelló y la Universidad Jaume I de Castellón*

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AALTONEN, O; O. EEROLA; A. HELLSTROM; E. UUSIPAUKKA y A.H. LANG (1997): «Perceptual magnet effect in the light of behavioral and psychophysiological data», *Journal of the Acoustical Society of America*, 101, pp. 1090-1105.
- BRADLOW, A.R. (1995): «A comparative acoustic study of English and Spanish vowels», *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, pp. 1916-1924.
- EIMAS, P.D. y J.D. CORBIT (1973): «Selective adaptation of linguistic feature detectors», *Cognitive Psychology*, 4, pp. 99-109.
- ELMAN, J; R. DIEHL y S. BUCHWALD (1977): «Perceptual switching in bilinguals», *Journal of the Acoustical Society of America*, 62, pp. 971-974.
- ESTES, W.K. (1993): «Concepts, categories, and psychological science», *Psychological Science*, 4, pp. 143-153.
- FANT, G. (1973): *Speech sounds and features*, Cambridge, MA, MIT Press.
- FERNÁNDEZ PLANAS, A.M. (1993): «Estudio del campo de dispersión de las vocales castellanas», *Estudios de Fonética Experimental*, V, pp. 129-162.
- GREEN, D. M. y J.A. SWEETS (1966): *Signal Detection Theory and Psychophysics*, New York, John Wiley.

- 
- GRIESER, D. y P.K. KUHL (1989): «Categorization of speech by infants: Support for speech-sound prototypes», *Developmental Psychology*, 25, pp. 577-588.
- HODGSON, P. y J.L. MILLER (1996): «Internal structure of phonetic categories: Evidence for within-category trading relations», *Journal of the Acoustical Society of America*, 100, pp. 565-575.
- IVERSON, P. y P.K. KUHL (1995): «Mapping the perceptual magnet effect for speech using signal detection theory and multidimensional scaling», *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, pp. 553-562.
- JAMIESON, D.J; K.V. RAMJII; I. KHEIRALLAH y T.M. NEAREY (1992): «CSRE: A speech research environment», *Proceedings ICSLP 92*, Edmonton, AB, University of Alberta.
- JOHNSON, K.A. (1989): *On the perceptual representation of vowel categories* (Research on Speech Perception, Progress Report No. 15, pp. 343-358), Bloomington, IN, Speech Research Laboratory, Indiana University.
- KLATT, D.H.(1980): «Software for a parallel/cascade formant synthesizer», *Journal of the Acoustical Society of America*, 67, pp. 971-995.
- KLUENDER, K.R; A.J. LOTTO; L.L. HOLT y S.L. BLOEDEL (1998): «Role of experience for language-specific functional mappings of vowel sounds», *Journal of the Acoustical Society of America*, 104, pp. 3568-3582
- KUHL, P.K. (1983): «Perception of auditory equivalence classes for speech in early infancy», *Infant Behavior and Development*, 6, pp. 263-285.
- KUHL, P.K. (1991): «Human adults and human infants show a 'perceptual magnet effect' for the prototypes of speech categories, monkeys do not», *Perception & Psychophysics*, 50, pp. 93-107.
- KUHL, P.K. (1993): «Early linguistic experience and phonetic perception: implications for theories of developmental speech perception», *Journal of Phonetics*, 21, pp. 125-139.
- KUHL, P.K. (1994): «Learning and representation in speech and language», *Current Opinion in Neurobiology*, 4, pp. 812-822.

- 
- KUHL, P.K. y P. IVERSON (1995): «Linguistic experience and the 'perceptual magnet effect'» en W. Strange (ed): *Speech perception and linguistic experience. Issues in cross-language research*, Baltimore, New York Press, pp. 121-154.
- KUHL, P.K.; K.A. WILLIAMS; F. LACERDA; K.N. STEVENS y B. LINDBLOM (1992): «Linguistic experience alters phonetic perception in infants by 6 month of age», *Science*, 255, pp. 606-608.
- LIVELY, S.E. (1993): «An examination of the perceptual magnet effect», *Journal of the Acoustical Society of America*, 93, p. 2423.
- LIVELY, S.E. y D.B. PISONI. (1997): «On prototypes and phonetic categories: A critical assessment of the perceptual magnet effect in speech perception», *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, pp. 1665-1679.
- LOTTO, A.J; K.R. KLUENDER y L.L. HOLT (1996): «Effects of language experience on perceptual organization of vowel sounds», paper presentado en *Fifth Conference of Laboratory Phonology*, Northwestern University.
- LOTTO, A.J; K.R. KLUENDER y L.L. HOLT (1997): «Depolarizing the perceptual magnet effect», *Journal of the Acoustical Society of America*, 103, pp. 3648-3655.
- MACMILLAN, N.A. y C.D.CREELMAN (1991): *Detection Theory: A User's Guide*, Cambridge, Cambridge University Press.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. M. (1994): *Fonética*, Barcelona, Teide.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. M. (1996): *El sonido en la comunicación humana*, Barcelona, Octaedro.
- MASSARO, D.W. (1987): «Categorical partition: A fuzzy logical model of categorization behavior», en S.Harnard (ed): *Categorical perception*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 254-283.
- MASSARO, D. W. y G.C. ODEN (1980): «Evaluation and integration of acoustic features in speech perception», *Journal of the Acoustical Society of*

*America*, 67, pp. 996-1013.

- MILLER, J.L. (1977): «Properties of features detectors for VOT: The voiceless channel of analysis», *Journal of the Acoustical Society of America*, 62, pp. 641-648.
- MILLER, J.L. (1994): «On the internal structure of phonetic categories: a progress report», *Cognition*, 50, pp. 271-285.
- MILLER, J.L.; C.N. CONNINE; T.M. SCHERMER y K.R. KLUENDER (1983): «A possible auditory basis for internal structure of phonetic categories», *Journal of the Acoustical Society of America*, 73, pp. 2124-2133.
- MILLER, J. L. y P.D. EIMAS (1996): «Internal structure of voicing categories in early infancy», *Perception & Psychophysics*, 58, pp. 1157-1167.
- MILLER, J.L. y L.E. VOLAITIS (1989): «Effect of speaking rate on the perceptual structure of a phonetic category», *Perception & Psychophysics*, 46, pp. 505-512.
- PETERSON, G.E. y H.L. BARNEY (1952): «Control methods used in a study of the vowels», *Journal of the Acoustical Society of America*, 24, pp. 175-184.
- PISONI, D.B. y J. TASH (1974): «Reaction times to comparisons within and across category», *Journal of the Acoustical Society of America*, 15, pp. 285-290.
- POSNER, M.I. y S.W. KEELE (1968): «On the genesis of abstract ideas», *Journal of Experimental Psychology*, 77, pp. 28-38.
- QUILIS, A. (1981): *Fonética acústica de la Lengua Española*, Madrid, Gredos.
- QUILIS, A. y M. ESGUEVA (1980): *Realización de los fonemas vocálicos españoles en posición fonética normal*, Madrid, RFE.
- REDA, S.C; J.W. HAWKS y R. KLICH (1995): «An investigation of the perceptual magnet effect in adults», *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, p. 3420.
- REPP, B. H. (1977): «Dichotic competition of speech sounds: The role of acoustic

- 
- stimulus structure», *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, pp. 37-50.
- ROMERO, J. (1995): «Campos de dispersión auditivos de las vocales del castellano. Percepción de las vocales», *Estudios de Fonética Experimental*, III, pp. 181-206.
- ROSCH, E.H. (1973): «On the internal structure of perceptual and semantic categories» en T.E. Moore (ed.): *Cognitive development and the acquisition of language*, New York, Academic Press, pp. 111-114.
- SAMUEL, A.G. (1982): «Phonetic prototypes», *Perception & Psychophysics*, 31, pp. 307-314.
- STEVENS, S.S; J. VOLKMANN y E.B. NEWMAN (1937): «A scale for the measurement of the psychological magnitude pitch», *Journal of the Acoustical Society of America*, 8, pp. 185-190.
- SUSSMAN, J. y V.J. LAUCKNER-MORANO (1995): «Further tests of the 'perceptual magnet effect' in the perception of /i/: Identification and change/no change discrimination», *Journal of the Acoustical Society of America*, 96, pp. 539-552.
- VAN HESSEN, A.J. y M.E.H. SCHOUEN (1992): «Modeling phoneme perception. II: A model of stop consonant discrimination», *Journal of the Acoustical Society of America*, 92, pp. 1856-1868.
- VOLAITIS, L.E. y J.L. MILLER (1992): «Phonetic prototypes: influence of place of articulation and speaking rate on the internal structure of voicing categories», *Journal of the Acoustical Society of America*, 92, pp. 723-735.