



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

**PERCEPCIÓN DEL ESPACIO CON
CLAVES MULTIMODALES DE
PROFUNDIDAD**

TESIS

**Que para obtener el grado de
LICENCIADO EN PSICOLOGÍA**

**P r e s e n t a :
BETEL MARTÍNEZ VALDÉS**

Director de tesis:

Dr. Germán Palafox Palafox

Revisor de tesis:

Dr. Arturo Bouzas Riaño

Comité de tesis:

Dr. Florente López Rodríguez

Dr. Oscar Zamora Arevalo

Dr. Angel Eugenio Tovar y Romo

PAPIIT 308314, UNAM

México, D.F.

2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

Agradecimientos.....	1
Resumen.....	3
Introducción.....	4
Capítulo I. ¿Cómo conocemos?	7
Aproximaciones al estudio de la percepción	
Capítulo II. ¿Cómo percibimos?	13
La percepción del espacio	
Capítulo III. ¿Se distorsiona el espacio perceptual?	26
Captura y sesgo perceptual	
Sección experimental	
Experimento 1.	33
¿Se distorsiona la percepción de tamaño con claves de profundidad en movimiento?	
Método	
Resultados	
Conclusión	
Discusión	
Experimento 2.....	41
¿Es diferente la discriminación de tamaño y la discriminación de profundidad?	
Método	
Resultados	
Conclusión	
Discusión	
Experimento 3.....	48
¿Existe distorsión de la percepción de profundidad con claves variables de sonido?	
Método	
Resultados	
Conclusión	
Discusión	
Discusión general.....	63
Referencias.....	64
Apéndices.....	68

"Si las puertas de la percepción se purificasen,
cada cosa aparecería al hombre como es: infinita.
Pues el hombre se ha encerrado hasta el punto de no ver
sino a través de las grietas estrechas de su caverna..."
(W.Blake)

“Hay hombres que luchan un día y son buenos.
Hay otros que luchan un año y son mejores.
Hay quienes luchan muchos años, y son muy buenos.
Pero hay los que luchan toda la vida, esos son los imprescindibles.”
Bertolt Brecht

Todo mi amor y estas emociones para dos imprescindibles:
A mi mamá y mi papá

Agradecimientos

Escribía Sor Juana Inés de la Cruz, en su respuesta a Sor Filotea: “De cuanto trabajo me tomé, cuánta dificultad hube de sufrir, cuantas veces desesperé, y cuantas otras desistí y empecé de nuevo, por el empeño de aprender, testigo es mi conciencia, de lo que he padecido, y la de los que conmigo lo han vivido”. Así pues, aprovecho la ocasión para agradecer a todos los que me han brindado, de forma directa o indirecta, su apoyo en este paso tan importante en mi vida y, una disculpa a aquellos a quienes, no por ser menos importantes, he olvidado mencionar en este apartado.

Gracias infinitas a ustedes, papá y mamá de quienes sigo aprendiendo el arte de la vida, a no desistir de lo correcto, lo bueno y lo justo, a perseverar en el empeño de conocer, de mejorar siempre las cosas y ayudar a otros en nuestro paso por el mundo. A mis hermanos y sus familias: Tony, Odi, Jez, Emmanuel y Saray, mil gracias a cada uno por brindarme su apoyo incondicional en cada locura que he emprendido; por la paciencia y la comprensión cuando no pude estar con ustedes en los momentos que me necesitaban, saben que los llevo siempre en mi mente y mi corazón y que los amo mucho. Un agradecimiento especial a mi mamá y Saray de quienes no he recibido otra cosa más que la inmensa paciencia y amor que han iluminado mi corazón y mente en los momentos de dudas y temores.

Al Dr. Germán agradezco la libertad y el apoyo que he recibido siempre en los proyectos que he decidido emprender desde que llegué a este laboratorio (hace ya, 4 años). Gracias Doctor por ser un excelente guía –Virgilio en la selva oscura-, por escucharme y mostrarme siempre una mirada alterna cuando lo necesitaba. Y sobre todo, por recordarme que en la investigación científica siempre habrá material por descubrir y del cual asombrarse.

A Baroja y al Dr. Ángel “Tover” les agradezco por ser excelentes tutores y colegas, pero sobre todo, grandes amigos. Gracias por compartirme sus conocimientos – ¡cuán grande ha sido su paciencia!- y sus oscuros secretos acompañados con sorbos de café, galletas y los mejores soundtrack.

Agradezco al Dr. Arturo Bouzas, al Dr. Florente López, al Dr. Oscar Zamora y al Dr. Ángel Tovar quienes aceptaron ser mis sinodales, y de quienes además he recibido de la manera más paciente y cordial importantes aportaciones como retroalimentación para el mejoramiento de este trabajo.

A mis queridos amigos (por orden cronológico): Itzel, Pilar, Pablo, Ulises, Pedro, Gaby, Omar, Caligua, Carlos, Paris, Ricardo, Luis, et al. A todos ustedes agradezco su apoyo incondicional, las palabras de ánimo, las pláticas de superación personal (“pare de sufrir”), las fiestas, las pláticas ñoñas y ¿por qué no?, el bullying y los regaños que valieron la pena. Una disculpa por no estar cuando me necesitaban, saben que ¡los quiero mucho!. Un agradecimiento especial a Sergio quien me apoyó en la elaboración de los diagramas de flujo y sobre todo, por la paciencia, los ánimos, la curiosidad y el cariño que he encontrado en ti durante este proceso.

A las maestras Araceli Meneses y Consuelo Arce, gracias de corazón por haber influido en los momentos más relevantes en mi vida académica, en ustedes siempre he encontrado los mejores consejos acompañados de inmenso cariño.

Agradezco a todos y cada uno de los participantes quienes amablemente accedieron a ser parte de este estudio, sin los cuales esta investigación no hubiera sido posible.

Finalmente agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México que me ha permitido la oportunidad de cultivar mi espíritu y corazón mediante el conocimiento. Agradezco además, el apoyo del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT 308314) sin el cual, difícilmente este trabajo se hubiera llevado a cabo.

Resumen

La capacidad para discriminar formas, tamaños y posiciones espaciales de los objetos es vital para nuestras interacciones diarias con el mundo. La percepción de profundidad se ha estudiado extensamente en planos frontales, por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar la posible distorsión perceptual de profundidad contrastando las siguientes variables: (Exp. 1) El umbral diferencial del tamaño mediante la presentación del E al centro de la pantalla, con y sin claves de movimiento; (Exp. 2) el umbral diferencial del tamaño vs lejanía y; (Exp. 3) el efecto de estímulos auditivos en la discriminación de profundidad variando la intensidad auditiva y el tamaño visual de los estímulos en cuatro condiciones: congruente (estímulos empatados), incongruente (orden invertido) y dos condiciones con desplazamiento. Para el experimento 1 y 2 ajustamos un modelo Weibull sobre los datos por condición, mostrando diferencias entre condiciones. Para los resultados del experimento 3 ajustamos un modelo Weibull sobre los datos de cada participante en cada condición utilizando métodos Bayesianos (asumiendo por lo tanto, que los participantes vienen de una distribución común con respecto a su efecto sobre los parámetros del modelo a través de condiciones). Nuestros resultados muestran grandes diferencias entre los participantes a través de las condiciones y algunos pequeños efectos de las interacciones intensidad-tamaño.

Palabras Clave: Percepción del espacio, profundidad multimodal, profundidad en movimiento, psicofísica.

Introducción

“Imagina a un hombre ciego de nacimiento, y ahora adulto, al que se le ha enseñado a distinguir mediante el tacto un cubo de una esfera. Ahora puede ver, ¿pero podría distinguir mediante la vista, antes de tocarlos, cuál es la esfera y cuál el cubo?”

(Carta de William Molyneux a John Locke)

¿Para qué sirve percibir?

El mundo en que tienen que sobrevivir los organismos es un mundo constituido espacio-temporalmente, por superficies, precipicios, alturas, sonidos, eventos, a los que deben adaptar su conducta en orden para una supervivencia óptima. De esta forma el sistema sensorial ha surgido evolutivamente para proporcionar información del mundo al organismo y sobrevivir eficientemente en él. No obstante, no todos los eventos en el medio ambiente se caracterizan por claves coherentes, es decir, nuestro sistema perceptual es susceptible a distorsiones ocasionadas por desfases espacio-temporales entre claves sensoriales (p.e. desfase auditivo-visual de una explosión de fuegos artificiales o un rayo). Entonces ¿cómo logramos relacionar la información conflictiva entre las diferentes modalidades sensoriales?

Para el promedio de nosotros, nacidos con todo un conjunto de sentidos, al correlacionar el uno con el otro creamos un mundo desde el principio, un mundo de objetos, conceptos y significados que hemos pasado toda una vida aprendiendo a conocer. Entre los retos que afronta la ciencia de la percepción se encuentran explicar y conocer cómo se produce la organización perceptual que adquirimos en nuestra experiencia. En el capítulo 1. *¿Cómo conocemos?* Se presentan las aproximaciones tradicionales que han abordado el estudio de la percepción y su relación con la adquisición del conocimiento, las diferencias con respecto a los tipos de fenómenos investigados, los niveles en los que se ubican, y los métodos actuales para la investigación en percepción multimodal.

¿Nuestros sentidos nos engañan?

El problema central de la percepción consiste en recuperar las propiedades válidas de ese mundo externo a partir de la información de los sentidos. Por ello, no cabe duda que la

visión proporciona al organismo información lo suficientemente precisa como para guiar sus acciones de forma eficaz.

Así pues, asumiendo que la información del mundo se presenta en orden, valdría la pena preguntarnos ¿Qué implica un orden perceptual? ¿Durante el proceso de percepción existen adaptaciones o es un proceso estático? Ahora bien, imaginemos ¿qué ocurriría al sistema perceptual si el orden de la información cambiara abruptamente? ¿El sistema perceptual asimilaría la información bajo el orden previamente vigente, o se generaría uno nuevo? De ser así ¿qué tipo y, en qué grado serían las modificaciones óptimas del sistema para la supervivencia?

¿Se modifica la percepción de profundidad?

En el mundo que nos rodea, no todos los eventos se caracterizan por claves coherentes, piense por ejemplo, en las salas de cine el sonido no parte de la fuente visual, sino de una fuente auditiva localizada a los costados del espectador. Entonces ¿cómo se relaciona la información conflictiva entre las diferentes modalidades sensoriales?

En el capítulo II. *La percepción del espacio*, se presentan algunas investigaciones sobre la relevancia y el desarrollo adaptativo de la percepción, la teoría de claves (tamaño relativo, movimiento aparente y profundidad cinética), y algunos estudios neurofisiológico que evidencian el proceso de integración de las claves perceptuales. El objetivo de este trabajo fue investigar las posibles distorsiones en la percepción de profundidad. ¿Se modifica la discriminación de tamaño con claves adyacentes? Para intentar resolver esta pregunta, se realizó el experimento 1 en el que se estudió la discriminación de tamaño con y sin claves de movimiento aparente en profundidad (experimento 1). En el experimento 2 se investigó si los juicios alteran la discriminación de tamaño con movimiento aparente, mediante una tarea con dos instrucciones de discriminación: tamaño y lejanía.

En la última década se ha producido un aumento considerable en el estudio de la integración de información entre diferentes modalidades sensoriales. Por ello, en el experimento 3 se investigó la discriminación de profundidad de un objeto con movimiento

aparente, acompañado por estímulos auditivos en cuatro condiciones multimodales: congruente (estímulos empatados), incongruente (orden invertido) y dos condiciones con desplazamiento (experimento 3). Por lo que en el capítulo III *¿Se distorsiona el espacio perceptual?* se presentan los efectos de sesgo y captura, reportados por algunas investigaciones, cuando la información entre diferentes sistemas sensoriales son incongruentes.

CAPÍTULO I

¿Cómo conocemos?

La búsqueda de la correspondencia sensorial del mundo

El interés por explicar cómo percibimos es muy antiguo. En un principio, las interrogantes sobre los fenómenos de la percepción estuvieron basadas en el sentido común o en la reflexión filosófica (Platon, 1992). No obstante, el fenómeno de la percepción ha sido -y sigue siendo- investigado desde distintas aproximaciones, niveles y métodos. Para la filosofía, el estudio de la percepción formaba parte de la teoría del conocimiento que se interesaba por justificar su validez, es decir, en qué medida nuestros sentidos nos proporcionan un conocimiento válido del mundo que nos rodea. Estas cuestiones han sido fundamentales para una teoría del conocimiento y al intentar contestarlas, la reflexión filosófica moderna inició con una tendencia polarizada entorno a dos posturas medulares contrapuestas: el racionalismo y el empirismo.

Racionalismo

Para el racionalismo, los sentidos no eran una fuente fiable de conocimiento y por tanto no podían ser el fundamento último de un conocimiento cierto. Para Descartes, la mente humana estaba dotada de ideas innatas que no dependen de la experiencia sensorial, y que constituían el fundamento de nuestras certezas más fundamentales. Por ello, el racionalismo estaba convencido de que el conocimiento indudable y cierto era posible, y creyó encontrar el fundamento de la certeza en la razón (Hotersall, 1997).

Empirismo

Como postura opuesta al racionalismo, el empirismo afirmaba que todo conocimiento empezaba por los sentidos, es decir, no existían ideas innatas sino que todo conocimiento procedía de la experiencia inicialmente sensorial (Leahey, 2012). Para Locke, los elementos constitutivos de la mente eran las ideas, cuyo origen estaba en las sensaciones proporcionadas por los sentidos o en la reflexión (cualidades primarias y secundarias respectivamente), término utilizado para referir a las operaciones de la mente. De este modo, las sensaciones eran los elementos irreductibles del conocimiento y el conocimiento complejo era el resultado de la asociación de diferentes sensaciones simples (Heelan, 1989).

La investigación sensorial

En el siglo XIX con el desarrollo de la fisiología y la física surgió un importante progreso en los procedimientos experimentales para el estudio de la percepción. En el campo de la fisiología, el concepto de sensación elaborado por la filosofía empirista encontró un valioso apoyo en los descubrimientos de los médicos Charles Bell y Francois Magendie, quienes demostraron que las funciones sensoriales estaban mediadas por un conjunto de nervios diferentes al de las funciones motoras. Otra importante aportación fue la doctrina de la energía específica de Johannes Müller, la cual ayudó a fomentar la investigación de las diversas modalidades sensoriales y a estudiar la forma en que los efectos producidos por un objeto percibido eran transmitidos hasta el cerebro mediante los nervios sensoriales (Hothersall, 1997). Por otro parte, la psicofísica se interesó en establecer las relaciones matemáticas entre los estímulos en escalas físicas y las sensaciones evocadas medidas en escalas de sensación. Como parte del patrimonio de la psicofísica actual se encuentran los métodos para construir escalas de las sensaciones representados por la Ley de Weber-Fechner.

Teoría de constancias perceptuales

La teoría de las constancias perceptuales tuvo como fundamento el estudio de las modalidades sensoriales (visión, audición, olfato, tacto, gusto) y las sensaciones elementales (por ejemplo: cualidad, intensidad, duración y extensión). La segunda aportación importante para el estudio de la percepción, fue el principio de verosimilitud propuesto por Helmholtz, quien explicó y formuló, en términos de aprendizaje, una regla la cual afirma que se perciben aquellas características de los objetos que (con base de la experiencia previa) son más probables (Luna, 2011).

Teoría Gestalt

A principios del siglo XX, los postulados racionalistas tuvieron efecto en los postulados de la teoría Gestalt, rechazando los supuestos fundamentales del atomismo y empirismo (Luna, 2011). Para los gestaltistas, el todo es diferente de la suma de sus partes, ya que las relaciones entre los componentes provocan la aparición de propiedades emergentes, puesto

que ninguno de los componentes del conjunto posee por sí mismo (por ejemplo, una melodía puede perfectamente ser trasladada de una escala a otra porque lo importante en la melodía no son los elementos sino las relaciones entre las notas).

Esta doctrina afirmaba que la organización del campo perceptivo era una representación de la organización dinámica de los procesos subyacentes, entre el funcionamiento del psiquismo y del cerebro (ver isomorfismo psicofísico, Apéndice A), permitiendo inferir la naturaleza de los procesos cerebrales a partir del análisis de las leyes que los configuran. Por ello, los principios organizadores de la percepción (Wagemans et al., 2012) propuestos por la Gestalt, no tenían origen en la experiencia del individuo, ni eran el resultado de un aprendizaje previo, sino que eran el resultado de la interacción de las estructuras cerebrales (innatas) con el medio ambiente. De esta forma, una persona puede percibir que la intensidad de un estímulo es mayor, igual o menor que la intensidad de otro sin necesidad de conocer los valores absolutos de intensidad de ninguno de ellos.

Para los gestaltistas fenómenos como las constancias o las ilusiones fueron explicados con base en las propiedades dinámicas del cerebro como una Gestalt física. Y en oposición al principio de verosimilitud, formularon el principio de *Pragnanz* o *principio mínimo* el cual establece que, en situaciones en las que son posibles más de una interpretación de la escena visual, el sistema perceptivo impondría la interpretación más simple.

Teoría ecológica de la percepción

Para la perspectiva ecológica, el punto crucial para el estudio de la percepción se encuentra en el estudio de la relación del organismo con el medio, dentro del cual se encuentran inmersos nuestros sistemas perceptivos. Por ello, Gibson propone el análisis perceptivo centrado en la conformación óptica ambiental, sin necesidad de recurrir a recuerdos, pensamientos o inferencias. Así, a diferencia de la teoría de constancias en la cual es necesario suplir las deficiencias informativas con información proveniente de nuestros recuerdos y, en general, con la experiencia acumulada por el observador, para Gibson toda la información está en la estimulación, es decir, en la percepción directa.

Teoría computacional

Otra de las principales aportaciones en la teoría de la visión es la aproximación computacional propuesta por David Marr que tiene como principio investigar las fases de procesamiento visual, y los procesos de construcción de las representaciones que permiten al cerebro (Chey, Grossberg, & Mingolla, 1998). Para David Marr, los sistemas complejos de procesamiento de información, como es la mente humana o el sistema visual, no pueden ser explicados y comprendidos desde un único punto de vista. A los diferentes puntos de vista David Marr les da el nombre de niveles de análisis. Cada nivel de análisis está determinado por un tipo de pregunta que nos hacemos acerca del sistema y la explicación adecuada a cada nivel de análisis es la respuesta a esa pregunta (Tabla 1). Para Marr, el problema fundamental de la percepción visual en su conjunto es construir una descripción invariante de la forma y de la posición de las cosas a partir de imágenes, ya que el objetivo primordial de la visión es proporcionar información sobre la forma de los objetos en el espacio.

Así, a partir de un input inicial (una imagen bidimensional generada por los valores de intensidad de cada uno de los puntos de la imagen correspondientes a la excitación de los receptores), el sistema visual logra este objetivo a través de tres fases de procesamiento: Esbozo primario, esbozo en dos dimensiones (2-D) y el modelo de tres dimensiones (3-D).

Tabla 1. Tres niveles de análisis propuestos por D. Marr

Nivel	Pregunta	Descripción
Nivel computacional	¿Qué hace el sistema?	Es el nivel que especifica de forma abstracta el problema que un sistema de procesamiento de información tiene que resolver. Una explicación a este nivel tiene que apuntar a los objetivos y a la finalidad del sistema en un contexto determinado.
Nivel Algorítmico	¿Cómo lo hace?	Es el nivel que especifica cómo se llevan a cabo las operaciones o procesos del sistema. En este nivel es necesario especificar una representación que codifique el input y el output del sistema y un algoritmo que lleve a cabo la correspondencia entre input y output (p.e. lenguaje de programación).
Nivel de Implementación	¿Con qué lo hace?	Este nivel se interesa por la naturaleza de la realización física del sistema (p.e. Circuitos integrados o con neuronas si se trata de un sistema biológico).

A final de la primera fase, el procesamiento visual alcanza las características primitivas de una representación simbólica. Cuando en una representación existe una correspondencia uno a uno entre los elementos que forman la representación y los aspectos de la escena representada, se dice de ella que es una representación local. Las representaciones simbólicas utilizan preferentemente representaciones locales. De esta forma, los bordes, las manchas, las barras y las terminaciones son entidades elementales de la representación que tienen un significado porque hacen referencia a aspectos particulares de la escena visual representada y son simbólicas porque tienen un significado.

Teoría conexionista

Como alternativa a los sistemas simbólicos, surgió en la ciencia cognitiva el conexionismo. Su objetivo fundamental es aproximar la teoría de los procesos cognitivos a la teoría del cerebro. En esta teoría se propone construir representaciones y procesos que funcionan como el cerebro (o *redes neuronales*). Una red neuronal está compuesta de un conjunto de unidades elementales de procesamiento parecidas a las neuronas del cerebro que están conectadas entre sí de una forma determinada. Las conexiones entre unidades de la red pueden tener distinta fuerza, de forma que la conexión entre dos unidades puede ser más o menos fuerte que la conexión de cada una de ellas con una tercera unidad. Las diferentes fuerzas de las conexiones excitatorias e inhibitorias entre las unidades de una red definen lo que se llama un patrón de conectividad que puede cambiar como consecuencia de sucesivas experiencias de acuerdo con una regla de aprendizaje (Hebb, 1949).

Estas redes neuronales dan lugar a representaciones distribuidas en las que no se puede establecer una correspondencia uno a uno entre las entidades del mundo representado y las unidades de la red. En una representación distribuida cada entidad del mundo está representada por el patrón de activación del conjunto de unidades que forman parte de la red y, a su vez, cada unidad de la red puede estar implicada en la representación de muchas entidades diferentes del mundo representado (Shams & Kim, 2010). La investigación con redes neuronales ha puesto de manifiesto que la acción coordinada de las unidades de una red da origen a propiedades emergentes capaces de simular procesos cognitivos (Romo & Salinas, 2003).

CAPÍTULO II

La percepción del espacio

¿Cómo percibimos?

Diariamente estamos expuestos a un mundo perceptual -constituido por superficies, sonidos y moléculas- en el que la adaptación de los organismos a su medio depende en gran medida de la identificación o aprendizaje de las regularidades espacio-temporales que este nos brinda (Hidaka, Teramoto, & Nagai, 2012). Para la ciencia de la percepción el reto consiste en conocer las claves, organización, mecanismos de integración e interpretación de la información perceptual que adquirimos durante nuestra experiencia. Por eso es importante preguntar qué claves y bajo qué condiciones podemos percibir los eventos y características del mundo y si nuestra percepción es un sistema de discriminación absoluto o relativo.

La percepción no solo altera la visión de la realidad que llega al individuo, sino que además descarta de forma automática e inconsciente gran parte de los estímulos recibidos. La cantidad de estímulos que constantemente llegan a través de los distintos sentidos es enorme, diversa y es renovada constantemente. Se ha estudiado que la búsqueda de información se orienta selectivamente con el sentido de confirmar las primeras impresiones que se reciben, de forma que se buscan preferentemente los estímulos que las refuerzan y tienden a evitarse los que las contradicen (Cañabate, 1997).

Para intentar resolver este reto, disciplinas como la psicofísica y la fisiología se han dado a la tarea de investigar qué implica un “orden perceptual” y cómo se integra la información proveniente de los múltiples sistemas sensoriales. Diversos estudios han sugerido posibles estrategias que permiten a nuestro cerebro “dar coherencia” y “reconstruir” la información (faltante, incongruente o fragmentada) que se nos presenta con el fin de proveer al sistema claves óptimas para la adaptación de los organismos (Komatsu, 2006). Por ejemplo, Kanizsa (1976) estudió el fenómeno perceptual del contraste de los bordes, mediante una tarea de discriminación visual induciendo ilusiones ópticas -triángulo de Kanizsa- en las que los participantes reportan ver un triángulo que en sentido estricto no existe (Figura 1a).

Otro ejemplo son las figuras ambiguas como el cubo de Necker (Figura 1b), en el cual el sistema perceptivo selecciona una parte del estímulo para su interpretación, orientándolo selectivamente con el fin de confirmar las primeras impresiones de la tarea que refuerzan,

tendiendo a evitarse los que las contradicen. Como se observa en la figura 1.b, la imagen no muestra cuál cara del cubo está en frente y cuál detrás. Esto hace que el dibujo sea ambiguo y pueda ser interpretado de dos maneras diferentes hasta que el sistema perceptivo visual selecciona una interpretación.

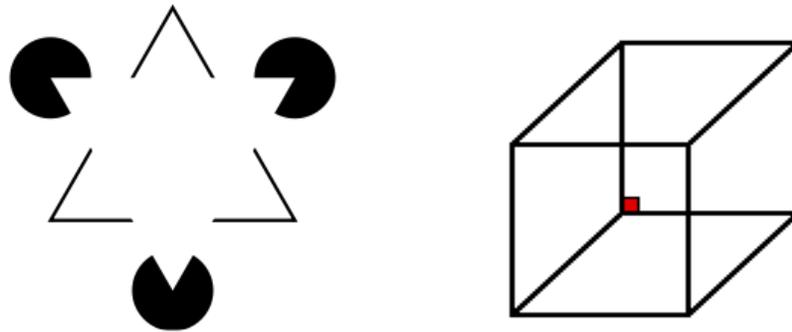


Figura 1. a) En el Triángulo de Kanizsa se presenta el fenómeno perceptual del contraste de los bordes donde se percibe un triángulo equilátero blanco, que en sentido estricto no existe. **b)** El cubo de Necker puede ser interpretado de dos formas con la cara del cubo en frente o hacia atrás.

Otro ejemplo transcendental para el estudio de la percepción del movimiento, es el fenómeno phi propuesto por Wertheimer (en Luna, 2011) en el que estímulos visuales fijos presentados bajo condiciones espacio temporales apropiados secuencialmente (80-200 ms), pueden inducir la experiencia de movimiento. Este efecto lo encontramos en el cine (Storms & Zyda, 1998), donde una serie de fotogramas presentados en un lapso de tiempo inducían escenas en movimiento.

Ahora, piense en un depredador oculto en medio de la selva listo para cazar, ¿cómo resuelve su sistema perceptual para percibir a su presa como un continuo y no como partes alternadas entre la maleza? Entre los estudios que han permitido evidenciar la capacidad de nuestro sistema perceptual para re-construir un continuo de la información utilizando distintas claves que involucran los estímulos, se encuentra el de objetos parcialmente ocluidos (Komatsu, 2006) y el estudio de escotomas del punto ciego ocular y escotomas patológicos (Ramachandran, 1992), en el que las personas presentan alteraciones de la imagen visual como manchas borrosas, o destellos luminosos.

¿Cómo percibimos el mundo?

Una de las propuestas para el estudio de la percepción de tamaño-profundidad es la teoría de claves perceptuales. De acuerdo con esta teoría, aprendemos la relación entre claves por medio de nuestra experiencia con el entorno y una vez asociadas, ésta se vuelve automática y cada vez que encontramos claves de profundidad, experimentamos el mundo en tres dimensiones (Luna, 2011). Así pues, esta teoría se enfoca en identificar la información de los estímulos proyectados en los receptores sensoriales que corresponde a una modalidad específica. Para el estudio de la percepción de profundidad se utilizan claves binoculares que resultan de la integración de la información de ambos ojos (convergencia) y monoculares, que son aquellas disponibles para cada uno de los ojos con independencia del otro (acomodación). Y a su vez, pueden incluir claves pictóricas en condiciones estáticas (cuando el objeto y/o el observador no están en movimiento) como: oclusión, sombras, tamaño relativo, tamaño familiar, perspectiva lineal y gradiente de textura. O bien, claves en movimiento como: paralaje, supresión y acercamiento en un medio dinámico en relación a los objetos que se mueven en distintos puntos de referencia (Montserrat, 2008).

Constancia de tamaño y tamaño relativo

En ocasiones nuestra capacidad de distinguir la distancia de los objetos influye en gran medida en nuestra capacidad de calcular su tamaño. Por ello, la percepción de la distancia ha sido importante en el estudio de la percepción del tamaño de los objetos y la profundidad entre ellos. Piense por ejemplo, cuando caminamos a través de una habitación, no esperamos que los objetos cambien de tamaño, ya que cualquier aumento percibido en el tamaño de la imagen (por ejemplo el de una pared), es visto debido a nuestro movimiento hacia el objeto, en lugar de una expansión del mismo. Por lo tanto, si nuestra percepción es dependiente de diversas claves ¿cuáles son las claves necesarias? ¿realizamos siempre discriminaciones confiables? o ¿existen condiciones en las cuales estas discriminaciones se ven afectadas?

Uno de los problemas en el estudio de la percepción de la profundidad es que no hay manera de determinar la localización de una fuente de estimulación con base solo en puntos individuales de activación retinal. Dos propuestas para entender qué tan precisos somos juzgando las distancias y tamaños son la teoría de la constancia del tamaño y la teoría de tamaño relativo (Goldstein, 2005). La primera sostiene que nuestra percepción del tamaño de un objeto permanece relativamente inmutable aun cuando este es visto desde diferentes distancias, ocasionando cambios en el tamaño de la imagen del objeto en la retina. La segunda explica que si dos objetos son presentados en el campo visual simultáneamente o en próxima sucesión, aquel que produce una imagen retiniana mayor, parecerá estar más cerca (Figura 2) (Koser, 2010).

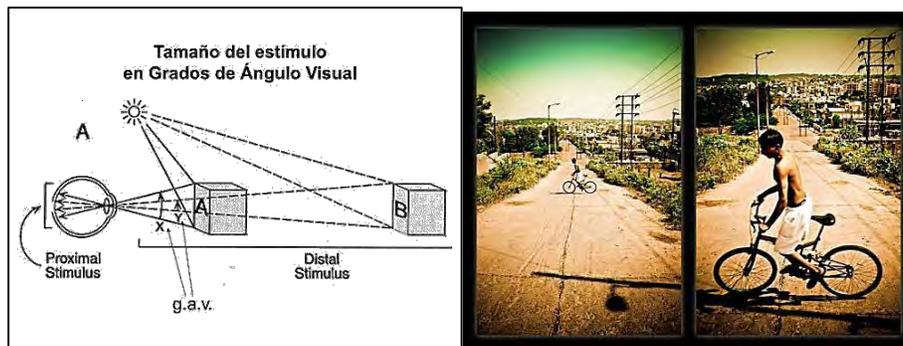


Figura 2. Los objetos lejanos tienen un ángulo visual menor que los objetos cercanos y proyectan una imagen retiniana menor que los objetos cercanos.

Para resolver qué tan precisos son los juicios de distancia de las personas, Holway y Boring (1941) realizaron un experimento donde los participantes debían ajustar el diámetro de un círculo de comparación localizado en un extremo de un pasillo (a modo de teatro de sombras), igualando al círculo de prueba localizado al extremo de otro pasillo (Figura 3). Los resultados del primer experimento mostraron que, en presencia de claves de profundidad, los observadores fueron más sensibles al discriminar la distancia de los círculos de prueba. Así pues, cuando los participantes tuvieron acceso a claves extra de comparación disponibles en el pasillo de prueba, lograron juicios precisos ajustando el círculo de comparación para coincidir con el tamaño físico del círculo de prueba muestra. Por lo tanto, la constancia del tamaño contribuye a nuestra experiencia de la percepción verídica, la cual coincide con las dimensiones físicas reales de los eventos. No obstante, la

teoría de constancia afirma que ésta se presenta cuando se dispone de buena información de profundidad, es decir, con información que nos permita hacer mejores discriminaciones.

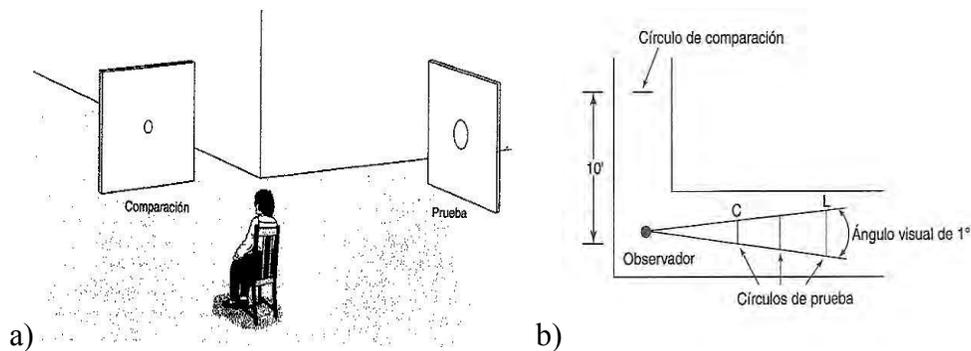


Figura 3. Representación del experimento de Holway y Boring (1941) donde a) el observador ajusta el diámetro del estímulo de comparación para igualarlo al de prueba. b) Los círculos de prueba tienen el mismo ángulo visual y por lo tanto proyectan el mismo ángulo visual.

Tamaño- profundidad

La experiencia de constancia de tamaño tiene más probabilidades de ocurrir en contextos bien definidos, sin embargo cuando las condiciones son tales que la información de profundidad que recibimos es insuficiente, la percepción verídica se debilita y experimentamos ilusiones.

Los intentos de proporcionar apoyo a la hipótesis de invariancia tamaño-distancia han producido resultados contradictorios. Por ejemplo, Gogel (1965) propuso que el sistema visual no es un sistema absoluto, sino que las claves de profundidad y tamaño, están determinadas por el contraste que se da entre otros objetos cercanos. Por otra parte, Holway y Boring (1941) investigaron qué tan precisos son los juicios de los observadores cuando la información de profundidad es mínima, demostrando que la eliminación de información de profundidad dificulta el juicio del tamaño real de los objetos y que, al existir poca información de profundidad nuestra percepción del tamaño tiende a determinarse, no por el verdadero tamaño, sino por el tamaño de su imagen en la retina.

Entre otros ejemplos que sustentan esta propuesta, se encuentran la ilusión de la Luna y la ilusión de Ebbinghaus. Se llama ilusión lunar al fenómeno por el que la Luna (y también el Sol), dependiendo de su posición cercana al cenit o del horizonte, parece de distinto

tamaño (Figura 4), no obstante, las dimensiones físicas de la Luna y su distancia a la Tierra son constantes, el ángulo visual también debe ser constante. Para explicar esta ilusión, la teoría de la distancia aparente se basa en la noción de que los objetos sobre el horizonte vistos a través del espacio que contiene mucha información sobre la profundidad, deberían aparecer más lejos que los objetos elevados en el cielo vistos a través del espacio vacío, el cual contiene poca información de la profundidad. Otra explicación de la ilusión de la Luna es la teoría del contraste del tamaño angular, que no se centra en la profundidad aparente, sino en el ángulo visual de la Luna en comparación con los objetos del entorno. De esta forma la Luna parecería más lejana en el cenit de acuerdo al contraste con las estrellas con ángulos visuales menores y, más cercana por un menor contraste percibido por los objetos disponibles en el horizonte (Goldstein, 2005).

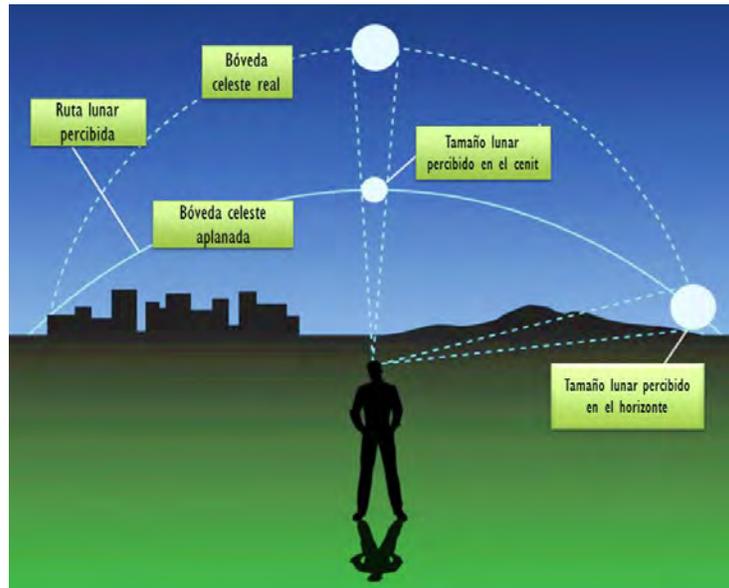


Figura 4. En la Ilusión de la Luna la Luna parece tener un tamaño mayor cuando está sobre el horizonte que cuando está en el cenit.

La ilusión de Ebbinghaus (Figura 5) donde se muestran dos círculos centrales constantes rodeados por el mismo número de elementos. No obstante, y a pesar de ser idénticas, los círculos centrales son percibidos de diferente tamaño dada la configuración contextual. En la primera configuración la figura central rodeada por círculos de mayor tamaño, hacen que el círculo central se perciba de menor tamaño que en el segundo caso, donde el círculo central es rodeado por círculos de menor tamaño (Dorethy, Campbell, Tsuji & Phillips, 2010).

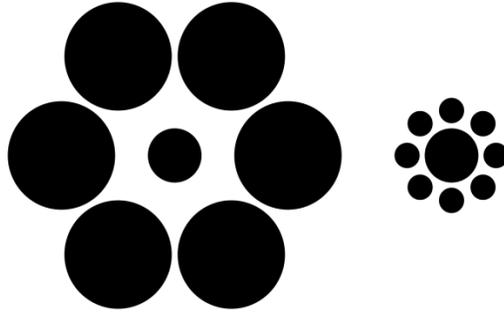


Figura 5. En la Ilusión de Ebbinghaus los dos círculos centrales son del mismo tamaño, no obstante dada la configuración contextual son percibidos de diferente tamaño

Entre sentidos: sinestesia

En la sección previa señalamos cómo la configuración en una sola modalidad (visual) en que son presentados los estímulos y eventos influyen en nuestros juicios perceptuales. Sin embargo, también es un hecho que nuestra percepción depende de las asociaciones establecidas entre sensaciones de modalidades diferentes (Marks, 1974). Así pues, nuestros sentidos están delimitados de muchas maneras, pero también comparten aspectos comunes en la experiencia, entonces ¿existen mecanismos equivalentes entre sentidos para procesar la información? ¿cómo establecemos estas asociaciones entre sentidos? Una forma en que se ha demostrado, es mediante la técnica denominada igualación multimodal propuesta por Marks (1975). Esta consiste en presentar al sujeto un estímulo de una modalidad y a continuación se le pide que lo haga coincidir con un estímulo de otra.

En sus experimentos Marks (1974) encontró que en la relación tono-brillo, los tonos de alta frecuencia están relacionados a tonos más brillantez. En cuanto a la relación tono-tamaño, encontraron que sonidos más agudos inducen imágenes de menor tamaño. Así mismo tonos más agudos inducen imágenes con formas angulares como muestra Köhler (1947) quien diseñó una figura angular a la cual las personas asignaron consonantes y vocales agudas, y otra redondeada a la cual relacionaron con sonidos de frecuencia baja. Este experimento fue replicado por Ramachandran y Hubbard (2001), quienes utilizaron figuras similares con los nombres 'Kiki' y 'Bouba' (Figura 6) obteniendo las mismas relaciones tono-figura que Köhler como resultados. Estas evidencias muestran que nuestro sistema perceptual podría establecer asociaciones multimodales constantes entre los sentidos. En el

siguiente capítulo se exponen algunas propuestas que explican las posibles causas que las asociaciones multimodales involucran.

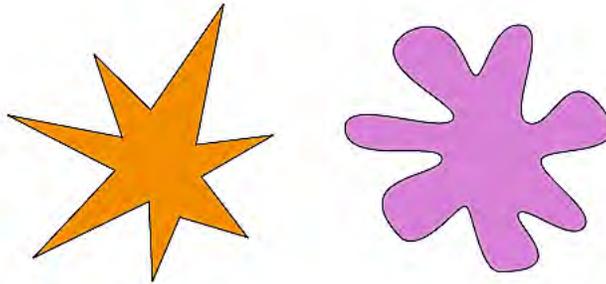


Figura 6. “Kiki” y “Buba” a la primer figura las personas asignaron consonantes y vocales agudas, mientras que a la segunda se relacionaron sonidos de frecuencia baja.

¿Cómo integramos la información?

Relevancia adaptativa de la percepción del espacio

Muchos organismos poseen múltiples sistemas sensoriales, como la visión, el oído, el tacto, el olfato y el gusto. La propiedad de esas múltiples formas de sentir y representar el mundo ofrece muchos beneficios, no sólo porque cada modalidad puede detectar diferentes aspectos del medio ambiente, sino también porque los diferentes sentidos pueden responder conjuntamente a un mismo objeto o evento externo, enriqueciendo la experiencia sensorial.

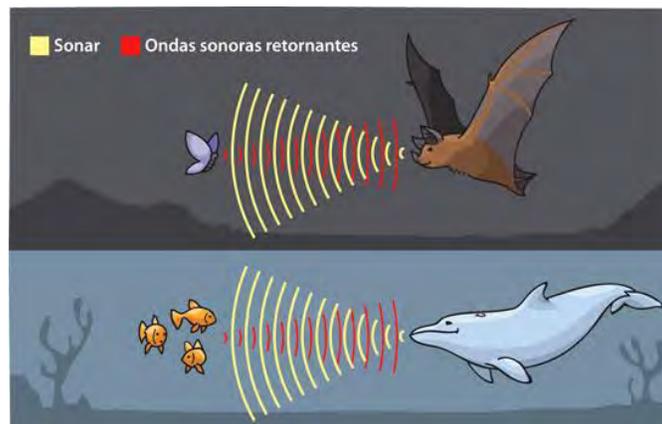


Figura 7. La ecolocalización es un sistema de localización espacial no visual utilizada por diversas especies que proporciona claves de profundidad por medio de pulsos sonoros.

Como los seres humanos, muchos animales utilizan más de una clave de profundidad para obtener información más precisa del medio que les rodea. El tipo de información que utilizan depende de las necesidades de cada uno, así como de su constitución anatómica y fisiológica. Por ejemplo, los seres humanos, los monos y las palomas (Fujita, 2004; Wasserman y Zentall, 2006) determinan la profundidad a partir de fuentes visuales de información y diferentes claves de profundidad que les permiten decidir con rapidez la ubicación de objetos próximos y distantes. Por ejemplo, la ecolocalización (Figura 7) es una forma de localización espacial no visual utilizada por murciélagos y los delfines quienes utilizan pulsos sonoros mediante los cuales determinan la localización de los objetos por ecos retornantes (Rodríguez & Mora, 2006).

La combinación de información de diferentes sentidos plantea muchos retos para los organismos. Durante las últimas décadas se ha producido un aumento considerable en el estudio de cómo surge la integración multisensorial (auditivo-visual particularmente), pero parte de los resultados reportados han sido contradictorios (Aronson & Rosenbloom 1971; McGurk & Lewis 1974). Por ejemplo, algunos autores (Piaget, 1954) han propuesto que los sistemas sensoriales inicialmente funcionan de manera independiente y que, las asociaciones intersensoriales se aprenden sobre la base de la experiencia adquirida durante los primeros meses y años de vida.

Por el contrario, otros autores (Gibson, 1969; Bower, 1971) han argumentado que los sentidos se unifican en el nacimiento y gradualmente se diferencian entre sí en el transcurso de desarrollo. No obstante, los estudios modernos de percepción multimodal defienden que los recién nacidos son capaces de integrar ciertas señales multisensoriales, que las habilidades perceptuales parecen surgir en diferentes etapas de desarrollo (Lewkowicz, 1980) y que otras maduran con la edad (Figura 8) (Wallace & Stein, 2007).

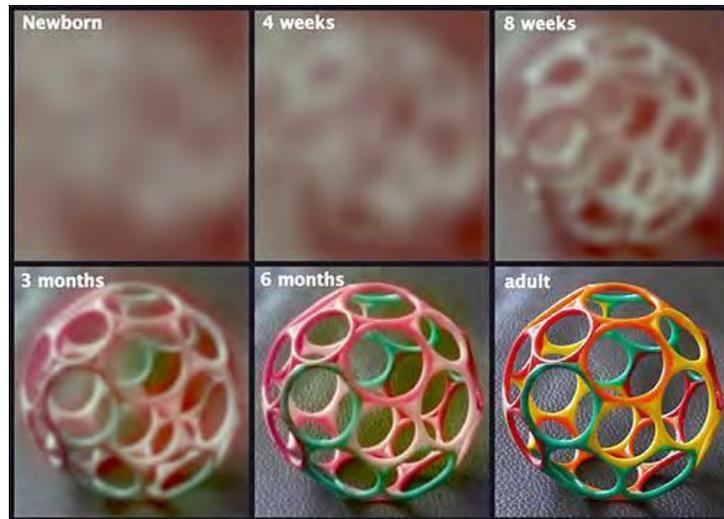


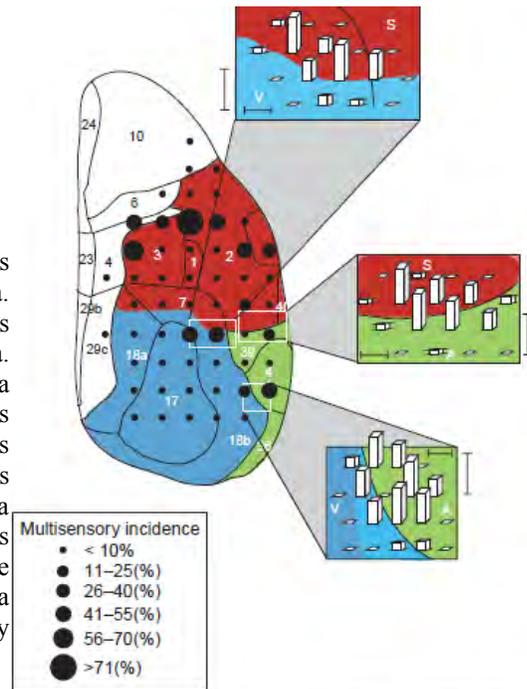
Figura 8. La discriminación visual mejora con el tiempo, ya que no es sino hasta el nacimiento que el sistema visual se activa.

Por ejemplo, Castillo y Butterworth (1981) han informado que las respuestas oculomotorias de recién nacidos en dirección a la fuente de sonido están influenciadas por señales visuales y que, a los 6 meses de edad las respuestas de orientación hacia estímulos auditivo- visuales (especialmente congruentes) son significativamente más precisas que las respuestas hacia los estímulos unimodales (Morrongiello & Rocca, 1987). Sin embargo, no queda claro si estos estudios reflejan un mejoramiento multimodal o si incrementa la exactitud de respuesta hacia el estímulo visual.

Por otra parte, la investigación neurofisiológica comparada ha proporcionado evidencia relevante que sustenta en la idea de que la estructura y el funcionamiento del sistema sensorial, pueden ser moldeados por la experiencia perceptual del organismo. Por ejemplo, Wallace y Stein (2007) realizaron una investigación de registro neuronal multimodal (auditivo-visual) en gatos recién nacidos y sus resultados apuntaron una alta especificidad unimodal de orientación auditiva lo primeros días después del nacimiento y que, conforme el sistema perceptual se desarrolló, las neuronas visuales y auditivas adquirieron propiedades multimodales en áreas del colículo superior. Así mismo, Ghazanfar & Schroeder (2006) realizaron un estudio de registro neuronal en ratas, en zonas perceptuales altamente especializadas y en zonas de traslape multimodal.

Los resultados mostraron que la activación neuronal era mayor en zonas especializadas cuando la estimulación era correspondiente a la modalidad sensorial, y baja cuando la estimulación sensorial no correspondía a esa zona. Mientras que en zonas de traslape, las neuronas tienden a registrar una activación sincronizada entre las diferentes zonas asociadas (Figura 9).

Figura 9. Distribución de las neuronas multisensoriales en la neocorteza sensorial de rata. Los números y las líneas representan las subdivisiones en la superficie dorsal de la corteza. Rojo es la corteza parietal, el verde es la corteza temporal, y azul es la corteza occipital. Los círculos muestran la inserción de electrodos y el tamaño de los círculos indican la incidencia relativa de las neuronas multisensoriales en cada sitio. El recuadro muestra los resultados de mayor resolución de muestreo en las regiones de transición entre áreas sensoriales donde V= corteza visual; A= corteza auditiva y S= corteza somatosensorial. Imagen obtenida de Ghazanfar y Schroeder (2006).



TRENDS in Cognitive Sciences g

Los resultados de estas investigaciones sugieren que la integración multisensorial tiene una alta plasticidad y que se establece en la edad temprana con base en las características ambientales específicas del entorno del animal para adaptarse y hacer frente a su ambiente en el futuro. Así pues, la teoría de circuitos reverberantes de Donal Hebb (1949) respalda la idea al afirmar que, experiencias repetidas ocasionan que los mismos grupos de neuronas disparen y que este disparo repetido fortalece las conexiones sinápticas entre las neuronas. En este capítulo se presentó parte de la investigación sobre la integración de información entre diferentes modalidades sensoriales en condiciones contextuales congruentes. No obstante, el mundo perceptual también nos presenta eventos incongruentes espacio-temporalmente (p.e. desfase del relámpago y el trueno de un rayo) en el que los organismos deben ajustar su conducta en función de la información percibida con la finalidad de optimizar la toma de decisiones. Con base en lo anterior, en el siguiente capítulo se abordan

cuestiones como ¿qué ocurre al sistema perceptual (SP) cuando la configuración de la información cambia abruptamente? ¿El SP asimilaría la información bajo configuraciones perceptuales vigentes, o se generarían nuevas? De ser así ¿de qué tipo y en qué grado serían las modificaciones óptimas del sistema para la supervivencia?

CAPÍTULO III

¿Se distorsiona el espacio perceptual?

¿Nuestros sentidos nos engañan?

Habitamos un mundo en el que muchos objetos y eventos en nuestro entorno son percibidos al mismo tiempo a través de varios canales sensoriales enriqueciendo significativamente nuestra capacidad perceptiva mediante la correlación intersensorial con la cual, los organismos adaptan su conducta. Por ejemplo, la correlación auditivo-visual facilita la identificación de fonemas difíciles de un segundo idioma (Navarra & Soto-Faraco, 2007) (Figura 10) y nos ayuda a seguir una conversación cuando nos encontramos en un lugar muy ruidoso como un concierto o una fiesta (Sumby & Pollack, 1954; Massaro, 2004).

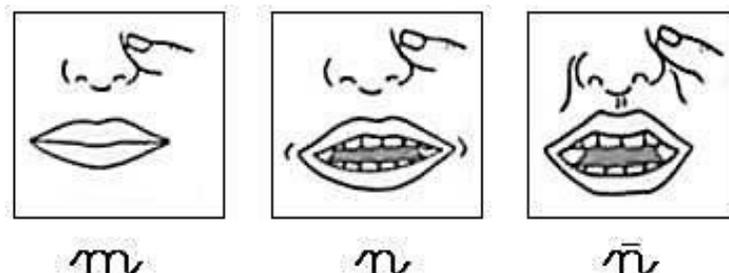


Figura 10. Varios sistemas sensoriales enriquecen significativamente nuestra capacidad perceptiva mediante la correlación intersensorial, por ejemplo la identificación auditivo-visual de fonemas en un segundo idioma.

No obstante, una gran cantidad de información perceptual es presentada de forma incongruente (fragmentada o desfasada) espacio-temporalmente, como cuando un sonido se produce en cierto lugar/tiempo pero la fuente visual aparente es detectada en otro (Väljamäe & Soto-Faraco, 2008; Soto-Faraco, Spence, & Kingstone, 2004); como la caída de un rayo o la explosión de fuegos artificiales donde la luz y el sonido presentan un desfase temporal. Otro por ejemplo característico es salas de cine o los equipos de teatro en casa (Figura 11), donde los sonidos proceden de bocinas localizadas a los costados de la pantalla, pero las imágenes las vemos en el centro. Cuando esto ocurre, oímos que el sonido proviene del lugar que vemos (en medio de la pantalla) en lugar del sitio donde realmente se origina (bocinas o audífonos), interpretando así estas fuentes de información como un solo evento.

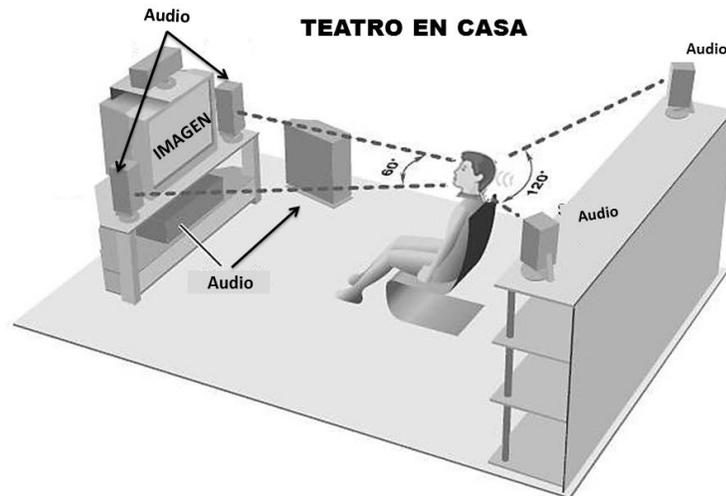


Figura 11. La síntesis de información multisensorial proporciona una percepción unificada del mundo y es esencial para dirigir la atención.

¿Se distorsiona el espacio perceptual?

La capacidad para detectar pequeños cambios o diferencias en los objetos y su posición en el espacio es muy importante para la supervivencia de los organismos pues el procesamiento multimodal se relaciona con la identificación, localización y respuesta de manera precisa a eventos relevantes (Hidaka, Teramoto, & Nagai, 2012). De esta forma, la capacidad del cerebro para coordinar las diferentes señales sensoriales que surgen de una fuente común nos proporciona una percepción unificada del mundo y es esencial para dirigir la atención y el control de movimiento.

A pesar de que tenemos una percepción del mundo coherente, la investigación en percepción ha demostrado que es posible obtener ilusiones perceptuales en una modalidad sensorial al presentar estímulos en otra modalidad con ligeros cambios en la correlación espacial o temporal entre ellos. En los últimos años se ha producido un progreso significativo en la comprensión de cómo la información de diferentes modalidades sensoriales se integra con el fin de construir representaciones útiles del espacio (Storms & Zyda, 1998) y en cómo estas representaciones multimodales reorganizan la percepción espacial (Alais & Burr, 2004).

**Sesgo perceptual:
¿Lo que oímos puede influir en lo que vemos?**

Diferentes estudios reportan que la información procedente de una modalidad sensorial puede sesgar la información procedente de otra modalidad sensorial; a veces la interacción entre modalidades es una de dominancia y en otras aparece como una modulación de información de las diferentes señales sensoriales (Whitney, Murakami, & Cavanagh, 2000; Hidaka, Teramoto, Kobayashi, & Sugita, 2011; Kennett, Taylor-Clarke, & Haggard, 2001; Krekelberg & Lappe, 2001; Schwartz, Berthommier, & Savariaux, 2004; Soto-Faraco, Spence, & Kingstone, 2004; Stein, Burr, et al., 2010; Hidaka, Kawachi, & Gyoba, 2008; Szinte & Cavanagh, 2011).

El efecto de movimiento aparente de un estímulo visual cuando es presentado simultáneamente con un sonido variable (Battaglia, Jacobs & Aslin, 2003; Sekuler, Sekuler & Lau, 2006; Väljamäe & Soto-Faraco, 2008; Teramoto, Hidaka, & Sugita, 2010) ha sido reportado durante las últimas décadas por diversos experimentos. Por ejemplo Sekuler (1997) y colaboradores realizaron un experimento donde se presentaron dos círculos idénticos en movimiento cruzado que coincidían al centro de la pantalla y posteriormente se separaban el uno del otro. Los objetos se podían percibir como un movimiento cruzado continuo o bien como un rebote una contra la otra (Figura 12). En condiciones de silencio, la mayoría de los observadores percibieron los dos objetos como un continuo. Sin embargo, cuando el cruce visual de los dos objetos estuvo acompañado por un sonido breve, la percepción movimiento se percibió como un rebote.

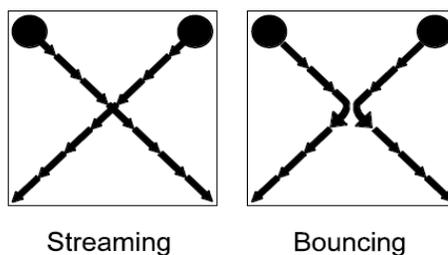


Figura 12. Cuando el cruce visual de los dos objetos estuvo acompañado por un sonido breve, la percepción movimiento se percibió como un rebote.

Otro estudio es el de Terramoto, Hidaka y Sugita (2010) quienes realizaron un experimento donde presentaron dos fases alternadas, una de adaptación y una de prueba. En la fase de adaptación, los observadores fueron expuestos a movimiento aparente visual durante 3 minutos en el que dos círculos blancos fueron colocados lado a lado, presentándose alternadamente. El círculo de la izquierda fue acompañado por un tono A y el círculo de la derecha un tono B. En la fase de prueba, un círculo blanco se presentó dos veces. Se registró el movimiento ocular de los participantes y los resultados mostraron que el círculo fue percibido como movimiento lateral de izquierda a derecha en la misma dirección en que fue expuesto anteriormente el movimiento aparente.

Dados los resultados reportados por estudios en incongruencia multimodal, se han propuesto dos modelos que intentan explicar cómo los observadores hacen juicios perceptivos cuando claves auditivo-visuales se encuentran en conflicto: Captura visual y Estimación de máxima verosimilitud (Battaglia et al., 2003). Estos modelos abordan dos estrategias que los organismos parecen utilizar al combinar información sensorial incongruente con el fin de maximizar la información de las diferentes modalidades sensoriales y, reducir la varianza en la estimación sensorial para aumentar su fiabilidad (Ernst & Bühlhoff, 2004).

Captura visual y Estimación de máxima verosimilitud

En especies altamente visuales como la nuestra, en condiciones de buena visibilidad el espacio visual parece prevalecer sobre los demás. Como se explica en el efecto ventrílocuo, aun cuando la percepción auditiva proviene de una dirección diferente al estímulo visual, la percepción de los dos estímulos estará altamente influenciada por el estímulo visual (Shams & Kim, 2010). Por otra parte, el espacio visual y el auditivo pueden variar en la cantidad y calidad de información que ofrecen, por ello, cuando uno de los sentidos es confuso (por ejemplo en la oscuridad), el espacio visual se desvanece y el auditivo se convierte en nuestra principal fuente de percepción espacial (Storms & Zyda, 1998). Así pues, la estimación de máxima verosimilitud afirma que, cuando la información proveniente de un sentido es difusa, la relevancia de otros sentidos aumenta su fiabilidad convirtiéndose en una fuente de percepción espacial alternativa (Battaglia et al., 2003; Alais & Burr, 2004).

¿Se altera la percepción de profundidad visual?

Como se ha explicado previamente, los estudios en incongruencia perceptual han sido realizados principalmente en el plano frontal, así mismo estas investigaciones nos motivaron a realizar una serie de experimentos con el objetivo de evaluar la posible distorsión perceptual de profundidad visual con movimiento aparente. En el primer experimento se investigó la discriminación de tamaño con y sin claves en movimiento aparente, en el segundo se estudió la discriminación de tamaño con juicios de tamaño vs juicios de profundidad y finalmente, en el tercer experimento se estudió la discriminación en profundidad de un estímulo visual (lejanía) en movimiento aparente acompañado por estímulos auditivos en cuatro condiciones multimodales: congruente (estímulos empatados), incongruente (orden invertido) y dos condiciones con desplazamiento.

SECCIÓN EXPERIMENTAL

Experimento 1

¿Se modifica la percepción de tamaño con claves de profundidad en movimiento?

Objetivo

El objetivo de este experimento fue analizar los efectos en la sensibilidad de discriminación de tamaño con y sin claves de profundidad en movimiento.

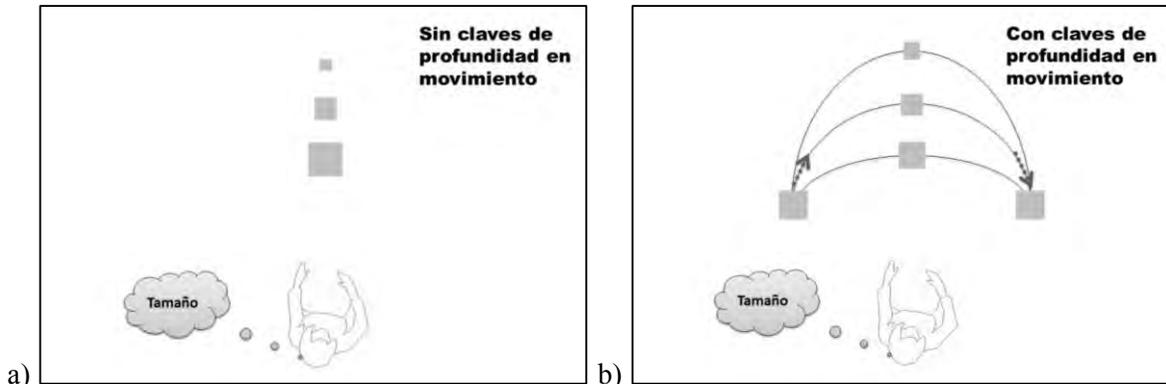


Figura 13. Representación de un ensayo en condición a) sin claves de movimiento y, b) con claves de movimiento.

Método

Participantes

Participaron 29 voluntarios (18 mujeres y 12 hombres) entre 18 y 34 años con visión normal o corregida y sin problemas auditivos. Diecinueve de ellos en la fase experimental (12 mujeres y 8 hombres) y diez participantes en la fase de selección de estímulos (6 mujeres y 4 hombres).

Estímulos visuales

Experimento 1. Se utilizaron 11 cuadrados gris oscuro con tamaños de 3.20 grados de ángulo visual (gav) (max) a 1.37 gav (min), en diferencias de 0.45, 0.22 y 0.17 gav sobre un fondo gris claro a una distancia del monitor de 0.5 m en una habitación oscura. Cada estímulo tuvo una duración de 80 ms y un intervalo inter estímulo de 30 ms.

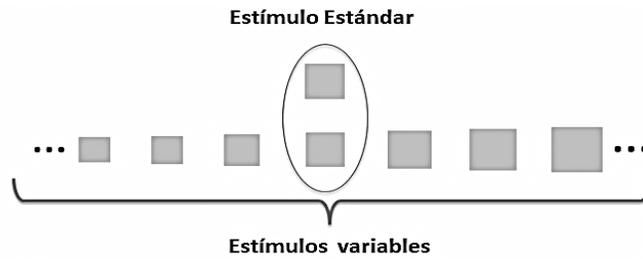


Figura 11. Representación de estímulos estándar y variables.

Programa y Equipo

El experimento fue programado en Matlab 2010™ y Psychtoolbox, en una computadora Dell Inspiron (2.2GHz) y los estímulos se presentaron en un monitor de 21'' (1600 x 1200 px).

Procedimiento

Previo al experimento, cada participante leyó y firmó un consentimiento informado. Una vez aceptados los términos y condiciones, se presentó una fase de entrenamiento (Figura 15) de diez ensayos para cada una de las condiciones (con y sin claves de movimiento aparente) y sus respectivas variables en la que se proporcionaron instrucciones con la finalidad de disipar dudas relacionadas con el procedimiento y su respuesta. Posteriormente, se procedió con las condiciones experimentales que a continuación se describen.

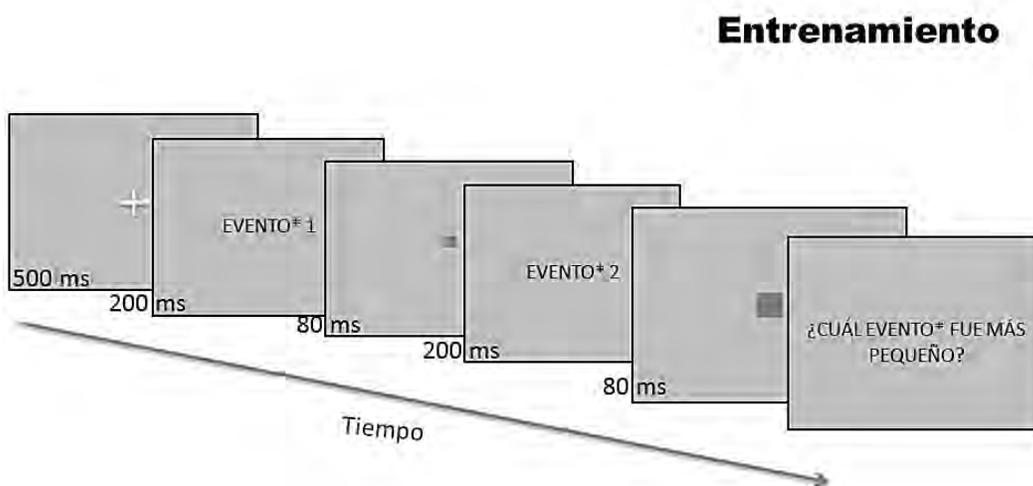


Figura 15. Representación de un ensayo de entrenamiento sin movimiento en profundidad.

Fase de elección de estímulos

Se utilizó el método de estímulos constantes con dos alternativas elección forzada para obtener las curvas psicométricas de tamaño de los estímulos mediante la presentación aleatoria y contrabalanceada de 190 ensayos (19 tamaños X 10 veces). Cada ensayo estuvo conformado por dos eventos al centro de la pantalla: un estándar y un variable (Figura 13). Al finalizar cada ensayo el participante debía contestar seleccionando tecla 1 (primer evento) o tecla 2 (segundo evento), cuál de los dos eventos contenían la figura central más pequeña. Una vez obtenidos los umbrales visuales, se seleccionaron 11 estímulos y se utilizaron en la fase experimental (Apéndice B).

Fase experimental

Se utilizó el método de estímulos constantes con dos intervalos de elección forzada para obtener las curvas psicométricas de tamaño mediante la presentación aleatoria y contrabalanceada de 110 ensayos (11 tamaños X 10 veces). Cada ensayo estuvo conformado por dos eventos al centro de la pantalla: un estándar (EE) y un variable (EV). El experimento 1 consistió de dos condiciones: una sin claves de movimiento (Figura 16) donde se presentaron únicamente las figuras centrales (Figura 13a) y, otra con claves de movimiento (Figura 17) donde la figura central fue flanqueada por un cuadro de mayor tamaño (4.5 gav) simulando un efecto de movimiento aparente (Figura 13b). Al finalizar cada ensayo el participante debía contestar seleccionando tecla 1 (primer evento) o 2 (segundo evento), cuál de los dos eventos contenían la figura central más pequeña (Apéndice C).

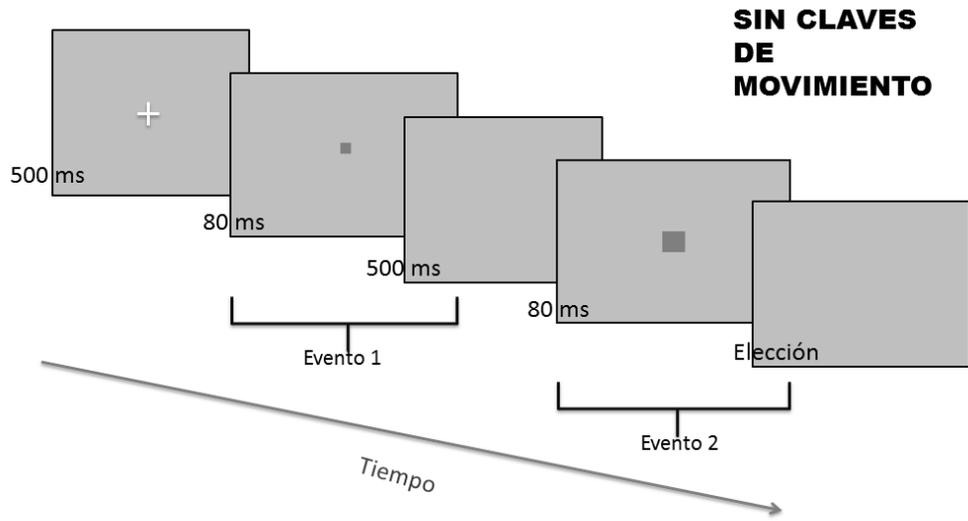


Figura 16. Especificaciones de ensayo sin claves de movimiento.

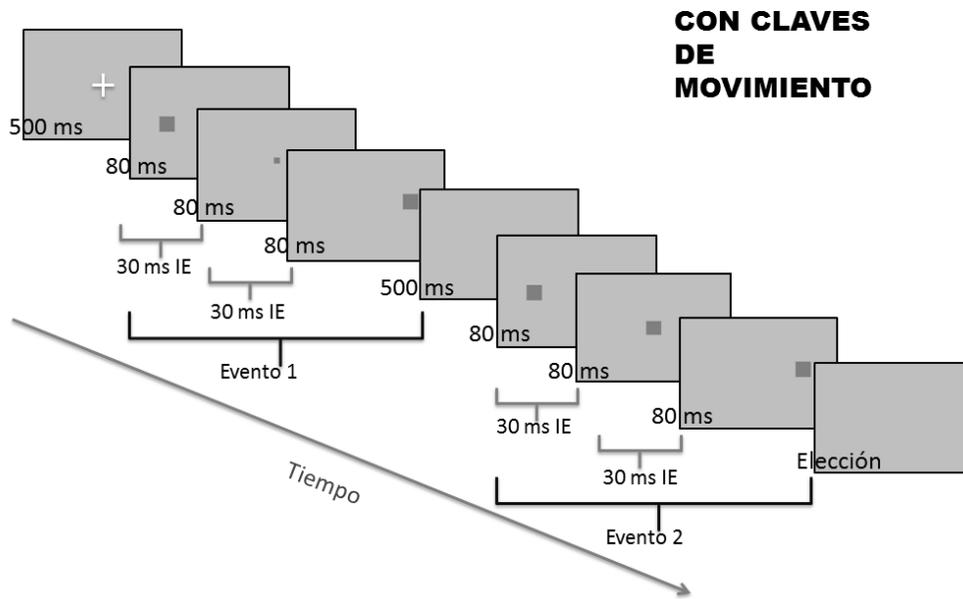


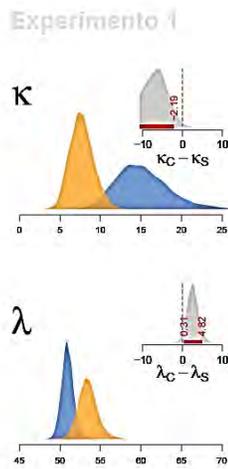
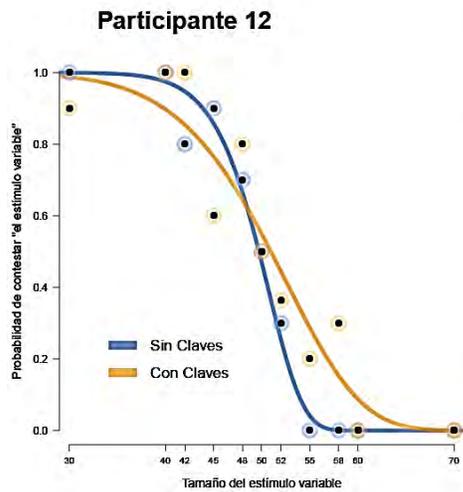
Figura 17. Especificaciones de ensayo con claves de movimiento aparente.

Resultados experimento 1

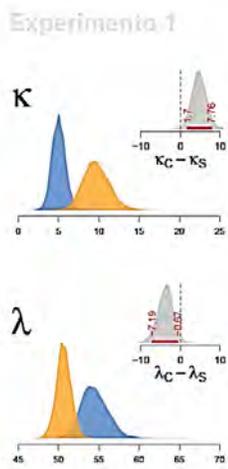
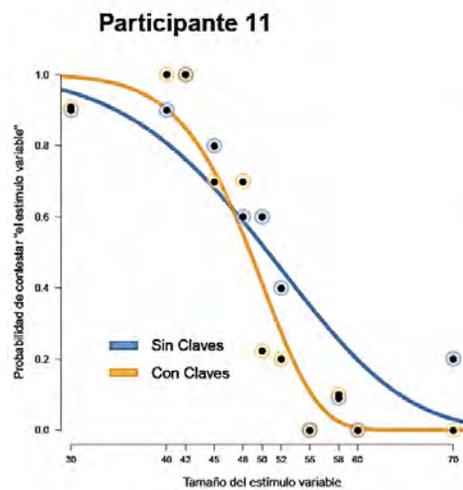
Nuestra hipótesis fue que, a mayor número de claves de comparación, habría una mayor sensibilidad en la discriminación del tamaño de un objeto. Ajustamos un modelo Weibull sobre los datos de cada participante en cada condición utilizando métodos Bayesianos. Este modelo presenta dos parámetros libres que reflejan la pendiente y el intercepto de la curva. No obstante, nuestros resultados indican que tres de diecinueve participantes (ver en Apéndice E, participantes: 4, 11 y 14) mostraron mayor sensibilidad al tamaño con claves de profundidad con movimiento (ver gráfica 2). Para estos participantes, los valores de las medias posteriores del parámetro κ fueron menores en la condición sin claves que en la condición con claves. En las medias posteriores del parámetro λ , dos participantes (4 y 14) mostraron valores similares en ambas condiciones y un participante (11) mostró valores menores para la condición con claves.

Contrario a nuestras predicciones, nueve de diecinueve (ver en Apéndice E, participantes: 1, 2, 3, 5, 6, 12, 15, 18 y 19) mostraron menor sensibilidad al tamaño con claves de profundidad con movimiento (ver gráfica 1). Para estos participantes, los valores de las medias posteriores del parámetro κ fueron menores en la condición con claves que para la condición sin claves. Mientras que las medias posteriores del parámetro λ , los nueve participantes obtuvieron valores menores para la condición con claves que para la condición sin claves.

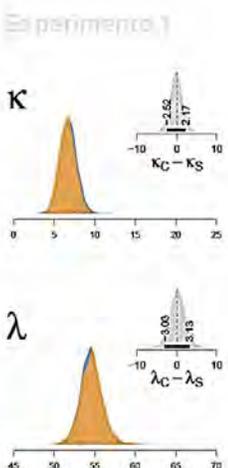
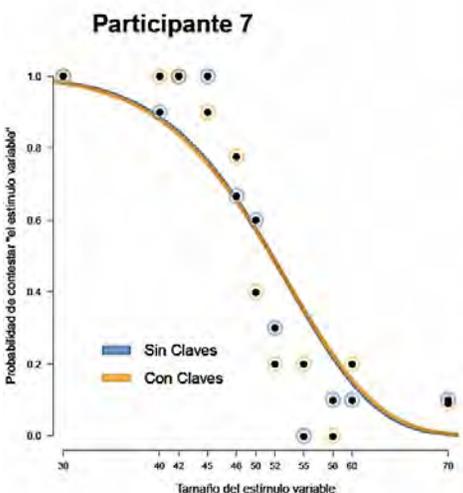
Finalmente siete participantes de diecinueve (ver en Apéndice E, participantes: 7, 8, 9, 10, 13, 16 y 17) mostraron una sensibilidad similar al tamaño en las condiciones con y sin claves (ver gráfica 3), mostrando medias posteriores similares para los parámetros κ y λ bajo las condiciones con claves y sin claves.



Gráfica 3. Resultados de un participante representativo que muestra menor sensibilidad en la discriminación de tamaño con claves en profundidad.



Gráfica 3. Resultados de un participante representativo que muestran mayor sensibilidad en la discriminación de tamaño con claves en profundidad.



Gráfica 3. Resultados de un participante representativo que muestran la misma sensibilidad en la discriminación de tamaño con claves en profundidad y sin claves en profundidad.

Conclusión y discusión Experimento 1

Diversos estudios han investigado la influencia de claves adyacentes en la sensibilidad de discriminación en un plano frontal, por lo que nosotros nos propusimos hacer los contrastes con claves adyacentes en profundidad con movimiento aparente.

El objetivo de este experimento fue investigar si la sensibilidad al tamaño es susceptible a modificaciones con claves adyacentes en profundidad con movimiento aparente. Los resultados de este primer experimento mostraron diferencias entre los participantes a través de las dos condiciones experimentales, y sugieren efectos pequeños de las interacciones sin claves de movimiento- con claves de movimiento. Además, la sensibilidad de discriminación del tamaño disminuyó al agregar claves de profundidad en movimiento. De este modo, no podemos concluir que claves extras para la discriminación de tamaño, puedan fungir como facilitadores en este tipo de arreglo experimental.

El sistema perceptual es muy sensible a las variaciones en tamaño, por lo que nos preguntamos de qué forma claves adyacentes podrían afectar la sensibilidad al tamaño. Así, siguiendo las conclusiones de Holway y Boring (1941), que al eliminar claves de información de profundidad, la percepción del tamaño tiende a determinarse, no por el verdadero tamaño, sino por el tamaño de su imagen en la retina, dificultando así el juicio del tamaño de un objeto. Nuestra hipótesis apuntaba a que a mayor número de claves de discriminación, mayor sensibilidad al tamaño. No obstante, nuestros resultados apuntan a que la sensibilidad al tamaño disminuye al agregar claves de profundidad con movimiento aparente.

Diversos estudios coinciden con los resultados obtenidos, pues concluyen que el sistema de discriminación de tamaño no es un sistema estático, sino que está determinado por el contraste con claves adyacentes (Gogel, 1965). Efectos relacionados los encontramos, por ejemplo, en las ilusiones de Ebbinghaus o el de la Luna, los cuales muestran que la sensibilidad al tamaño está determinada por las claves contextuales y no por el tamaño de su imagen en la retina.

Como resultado de este primer experimento, sugerimos investigar las siguientes condiciones experimentales: 1) Modificar la posición del punto de fijación, y explorar si la

sensibilidad al movimiento de la periferia ocular influye en la sensibilidad de discriminación de tamaño de la visión foveal. 2) Aumentar el valor perceptual (haciéndolas más salientes) de las claves contextuales que rodean al objeto, depreciando el valor perceptual del estímulo objetivo, sin eliminar el contexto en la discriminación.

Experimento 2

¿Es diferente la discriminación de tamaño y la discriminación de profundidad?

Objetivo

El objetivo de este experimento fue analizar los posibles efectos en la sensibilidad de discriminación de tamaño bajo instrucciones de tamaño y lejanía con claves de profundidad en movimiento.

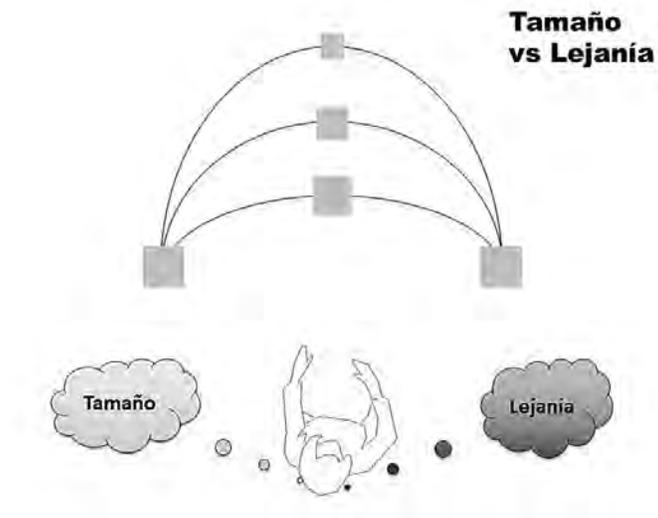


Figura 18. Representación de un ensayo con instrucción de discriminación por tamaño y lejanía.

Método

Participantes

Participaron voluntariamente 6 universitarios (5 mujeres y 1 hombre) cuyas edades fluctuaron entre 18 y 24 años, con visión normal o corregida y sin problemas auditivos.

Estímulos visuales

Se utilizaron 11 cuadrados gris oscuro con tamaños de 3.20 grados de ángulo visual (max) a 1.37 gav (min), en diferencias de 0.45, 0.22 y 0.17 gav sobre un fondo gris claro a una distancia del monitor de 0.5 m en una habitación oscura. Cada estímulo tuvo una duración de 80 ms y un intervalo inter estímulo de 30 ms.

Programa y Equipo

El experimento fue programado en Matlab 2010™ y Psychtoolbox, en una computadora Dell Inspiron (2.2GHz) y los estímulos se presentaron en un monitor de 21'' (1600 x 1200 px).

Procedimiento

Previo al experimento, cada participante firmó un consentimiento informado y, una vez aceptados los términos y condiciones, se presentó una fase de entrenamiento (Figura 15) de diez ensayos, para cada una de las condiciones y sus respectivas variables, en la que se proporcionaron instrucciones con la finalidad de disipar dudas relacionadas con el procedimiento y su respuesta. Posteriormente, se procedió con las condiciones experimentales que a continuación se describen.

En el experimento se utilizó el método de estímulos constantes con dos alternativas elección forzada, para obtener las curvas psicométricas de tamaño y lejanía mediante la presentación aleatoria y contrabalanceada de 110 ensayos (11 tamaños X 10 veces c/u) para cada condición. Cada ensayo estuvo conformado por dos eventos al centro de la pantalla: un estándar (EE) y un variable (EV). Los participantes resolvieron ambas tareas.

El experimento 2 lo conformaron dos condiciones: instrucción de discriminación por tamaño e instrucción de discriminación por lejanía (Figura 18). En ambas condiciones la figura central fue flanqueada por un cuadro de mayor tamaño simulando un efecto de movimiento aparente (Figura 17). Al finalizar el ensayo, el participante debía responder seleccionando tecla 1 (primer evento) o 2 (segundo evento), en cuál de los dos eventos (EV o EE) contenía la figura central más pequeña para el caso de discriminación por tamaño y, cuál contenía la figura central más lejana en el caso de discriminación por lejanía (Figura 19) (Apéndice C).

Instrucciones

Tamaño

→ En este experimento usted deberá juzgar
el **TAMAÑO** de dos **EVENTOS** como en el entrenamiento
Presione 1 cuando el **PRIMER EVENTO** parezca **MÁS PEQUEÑO** ↙
Presione 2 cuando el **SEGUNDO EVENTO** parezca **MÁS PEQUEÑO**
...
Presione cualquier tecla para INICIAR

Lejanía

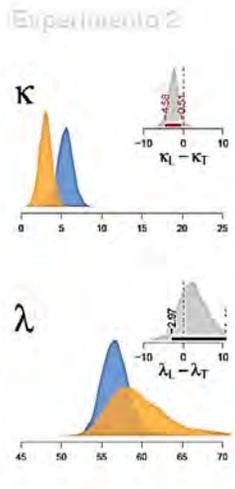
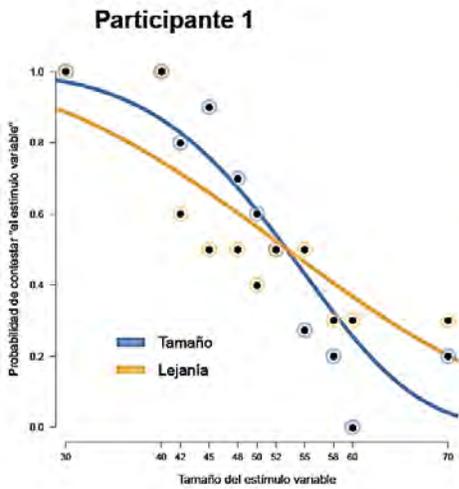
→ En este experimento usted deberá juzgar
la **LEJANÍA** de dos **EVENTOS** como en el entrenamiento
Presione 1 cuando el **PRIMER EVENTO** parezca **MÁS LEJANO** ↙
Presione 2 cuando el **SEGUNDO EVENTO** parezca **MÁS LEJANO**
...
Presione cualquier tecla para INICIAR

Figura 19. Instrucciones de discriminación por tamaño y lejanía.

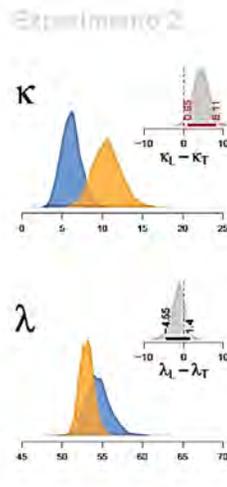
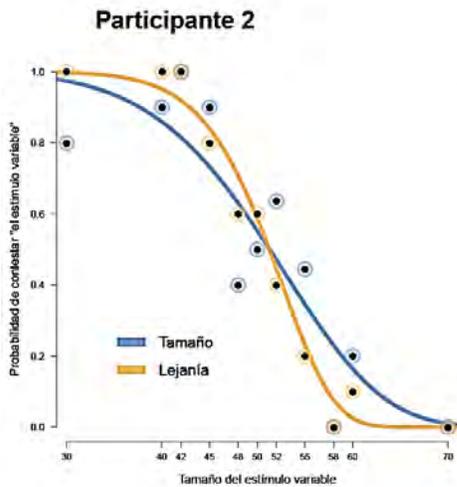
Resultados experimento 2

Nuestra hipótesis fue que, siendo la misma tarea de discriminación en ambas condiciones, el juicio para la discriminación de tamaño o lejanía no afectaría la sensibilidad al tamaño. Ajustamos un modelo Weibull sobre los datos de cada participante en cada condición utilizando métodos Bayesianos. Este modelo presenta dos parámetros libres que reflejan la pendiente y el intercepto de la curva. No obstante, nuestros resultados indican que cuatro de seis participantes (ver en Apéndice F, participantes: 1, 3, 4 y 6) mostraron mayor sensibilidad al tamaño con instrucciones de tamaño (ver gráfica 4). Para estos participantes, las medias posteriores del parámetro κ fueron menores en la instrucción tamaño mientras que para la media posterior del parámetro λ mostraron valores menores para la condición lejanía.

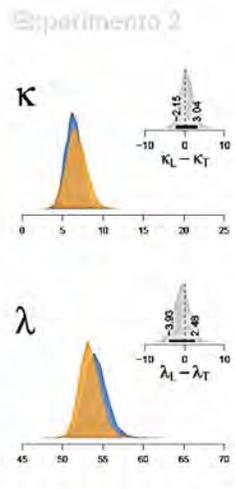
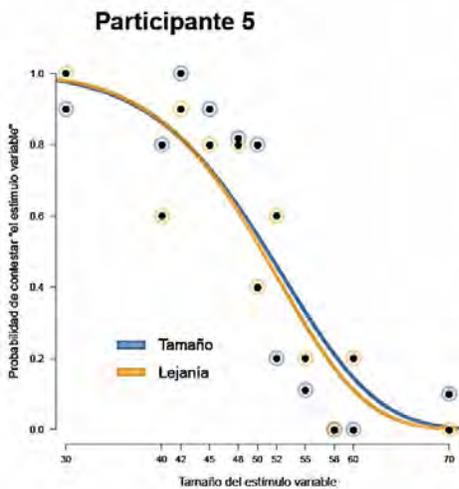
Un participante de seis (Apéndice F, participante 2) mostró mayor sensibilidad de discriminación con instrucciones de lejanía (ver gráfica 5), obteniendo medias posteriores en κ menores en la instrucción tamaño mientras que, para la media posterior de λ obtuvo valores menores en la condición lejanía. Finalmente un participante de seis (ver en Apéndice F, participante 5) mostró una sensibilidad similar al tamaño en las condiciones con y sin claves (ver gráfica 3), mostrando medias posteriores similares en los parámetros κ y λ bajo las instrucciones de lejanía y tamaño.



Gráfica 6. Resultados de un participante representativo que muestra menor sensibilidad al tamaño por juicios de lejanía.



Gráfica 6. Resultados de un participante representativo que muestra mayor sensibilidad al tamaño por juicios de lejanía, que por juicios de tamaño.



Gráfica 6. Resultados de un participante representativo que muestra sensibilidad similar al tamaño por juicios de lejanía y por juicios tamaño.

Conclusión y discusión Experimento 2

Como se observó en el experimento 1, la sensibilidad al tamaño puede modificarse al agregarse claves de movimiento aparente con profundidad. Algunos estudios indican que la variación de tamaño y el contraste con claves adyacentes, fungen como clave importante para la discriminación de la profundidad (Gogel, 1963). Por lo que el objetivo de este experimento fue investigar si la sensibilidad al tamaño es susceptible a modificaciones bajo juicios de discriminación de lejanía (es decir, ¿es lo mismo discriminar tamaño y lejanía?). Los resultados de este segundo experimento mostraron diferencias entre los participantes a través de las dos condiciones experimentales, y sugieren efectos pequeños de las interacciones discriminación de tamaño- discriminación de lejanía. Además, la sensibilidad de discriminación del tamaño disminuyó al realizar la tarea con juicios de lejanía. Así pues, no podemos concluir que juicios de discriminación de lejanía, puedan fungir como facilitadores en este tipo de arreglo experimental.

Dado que los estímulos eran los mismos para ambas condiciones experimentales, nuestra hipótesis apuntaba a que la sensibilidad al tamaño no se modificaría con juicios de discriminación diferentes (tamaño y lejanía). No obstante, los resultados obtenidos apuntaron a que si existe variación en la sensibilidad al tamaño por juicios de lejanía; es decir, discriminar tamaño y lejanía no es lo mismo.

Estos resultados podrían estar relacionados con los efectos que causan las figuras ambiguas (pe. Cubo de Necker), donde el sistema perceptivo selecciona una parte del estímulo para su interpretación, orientándolo selectivamente con la finalidad de confirmar las primeras impresiones, tendiendo a evitarse los que las contradicen. Otra investigación que presenta resultados relacionados (pero con tareas de discriminación diferentes), es el efecto Stroop (1935), donde el tiempo que tarda una persona en nombrar colores, puede ser interferido al agregar nombres de colores en diferente color al que corresponde.

Otros argumentos que sustentan estos resultados, son la ley de la simplificación propuesta por la Gestalt, y la ley de la conexión propuesta por Rock y Palmer (1990), en las cuales se proponen que los elementos relacionados tenderán a percibirse como una estructura en conjunto. De esta forma, al resolver la tarea de discriminación con movimiento aparente,

los participantes pudieron haber estructurado de forma diferente cada tarea para una resolución óptima. Enfocándose en el estímulo central para la discriminación de tamaño, y conjuntando los tres elementos para la tarea de discriminación de lejanía; siendo más costosa, en términos de sensibilidad perceptual, la tarea de lejanía.

Experimento 3

¿Existe distorsión en la percepción de profundidad con claves variables de sonido?

Objetivo

El objetivo de este experimento fue analizar los posibles efectos en la sensibilidad de discriminación de tamaño de estímulos visuales acompañados de estímulos auditivos con claves de profundidad en movimiento.

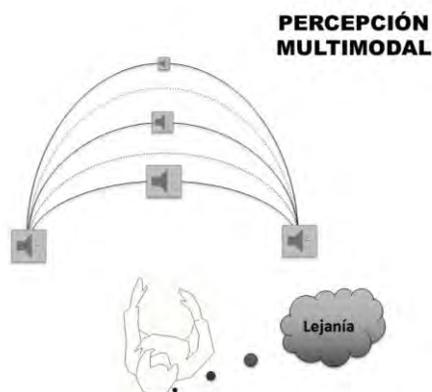


Figura 20. Representación de un ensayo de percepción de profundidad multimodal (audio-visual).

Método

Participantes

Participaron voluntariamente 16 universitarios. Diez de ellos en la fase experimental (6 mujeres y 4 hombres) y 6 de ellos en la fase de calibración (2 hombres y 4 mujeres) entre 18 y 26 años, con visión normal o corregida y sin problemas auditivos.

Estímulos visuales

Se utilizaron un total de 7 cuadrados gris oscuro con tamaños de 2.6 grados de ángulo visual (gav) a 1.9 gav, en diferencias de 0.45, 0.22 y 0.17 gav sobre un fondo gris claro. Cada estímulo tuvo una duración de 80 ms y un intervalo inter estímulo de 30 ms. Los estímulos fueron presentados de forma aleatoria y contrabalanceada a una distancia del monitor de 0.5 m en una habitación oscura. Para la fase de calibración, se utilizaron 11 cuadrados gris oscuro con tamaños de 2.6 grados de ángulo visual a 1.9 gav, en diferencias de 0.45, 0.22 y 0.17 gav sobre un fondo gris claro. Cada estímulo tuvo una

duración de 80 ms y un intervalo inter estímulo de 30 ms. Los estímulos fueron presentados de forma aleatoria y contrabalanceada a una distancia del monitor de 0.5 m en una habitación oscura.

Estímulos Auditivos

Se utilizaron 11 estímulos auditivos (beeps) con valores desde 0.2375 hasta 0.5196 obtenidos de la fase de calibración. El valor del estímulo constante fue de 0.396 y los flancos de 0.8 (para especificaciones de los valores auditivos ver Apéndice I).

Programa y Equipo

El experimento fue programado en Matlab 2010™ y Psychtoolbox, en una computadora Dell Inspiron (2.2GHz). Los estímulos visuales se presentaron en un monitor de 21'' (1600 x 1200 px) y los auditivos en un par de bocinas Dell (5V, 0.5 A).

Procedimiento

Previo a la fase de calibración, cada participante leyó y firmó un consentimiento informado y una vez aceptados los términos y condiciones, se presentó una fase de entrenamiento auditivo-visual de diez ensayos en la que se proporcionaron instrucciones con la finalidad de disipar dudas relacionadas con el procedimiento y su respuesta. Posteriormente, se procedió con la fase de calibración que a continuación se describen.

Fase de calibración

Requerimos una fase de 110 ensayos para calibración, en la que seis participantes asignaron a 11 estímulos visuales (11 x 10 veces cada uno) su correspondiente estímulo auditivo. Durante la fase de calibración se presentaron dos secuencias, ambas con claves de movimiento (ver procedimiento experimento 2) acompañadas por sus equivalentes auditivos, con excepción del elemento central de la segunda secuencia que se presentó sin sonido para que los participantes ajustaran aumentando (tecla A) o disminuyendo (tecla B) la intensidad del sonido hasta que consideraran equivalente para el estímulo visual presentado (Figura 21), y seleccionando finalmente (tecla X) el sonido que creían correspondiente para cada estímulo variable. Una vez obtenidos los resultados por

participante, se promediaron los valores asignados por tamaño obteniendo once valores auditivos para las condiciones de la fase experimental (ver Apéndice I).

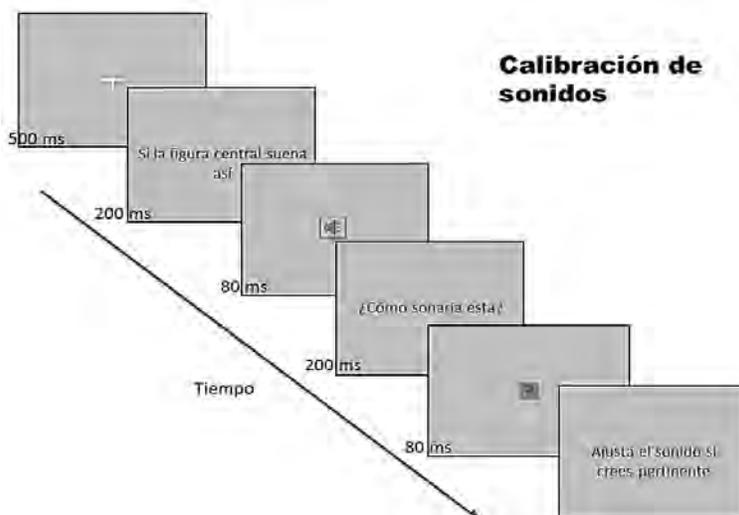


Figura 21. Ensayo de calibración audio- visual

Experimento 3

Una vez aceptados los términos y condiciones, se aplicó una fase de entrenamiento auditivo-visual (congruente) de diez ensayos en la que se proporcionaron instrucciones con la finalidad de disipar dudas relacionadas con el procedimiento y su respuesta. Posteriormente, se procedió con las condiciones experimentales que a continuación se describen.

Tabla 2. Cinco condiciones auditivas y visuales del experimento 3.

Condiciones Audio-visuales Experimento 3			
# Ensayos	Condición Sonido		Correspondencia con estímulo visual
140 ensayos (por condición)	A	Congruente	Estímulo auditivo correspondiente
	B	Desfase +	Estímulo auditivo más alto en relación con el constante
	C	Desfase -	Estímulo auditivo bajo en relación con el constante
	D	Invertido	Estímulo auditivo inverso en relación con el constante
	E	Silencio	Sin estímulo auditivo

Durante la fase experimental cada participante pasó por cinco condiciones experimentales divididas en dos sesiones de 40 minutos aproximadamente (Tabla 3 y Apéndice H). Se utilizó el método de estímulos constantes con dos alternativas elección forzada para obtener las curvas psicométricas de profundidad multimodal mediante la presentación aleatoria y contrabalanceada de 140 ensayos por condición (7 tamaños X 20 veces c/u), obteniendo un total de 700 ensayos experimentales por participante.

En cada ensayo se presentaron dos secuencias con claves de movimiento (Figura 22), que contenían en el centro de la pantalla uno de los 7 estímulos variables y un estímulo estándar (procedimiento experimento 2) acompañadas de su respectivo estímulo auditivo, exceptuando la condición silencio. En la secuencia estándar (SE) se presentaron estímulos audiovisuales congruentes; mientras que en la secuencia variable (SV) los valores auditivos variaron según la condición asignada (ver Tabla 3 y Apéndice D). Al finalizar cada ensayo el participante respondió seleccionando tecla 1 (primer evento) o 2 (segundo evento), cuál de las dos secuencias consideraba contenía la figura central más lejana (Apéndice D).

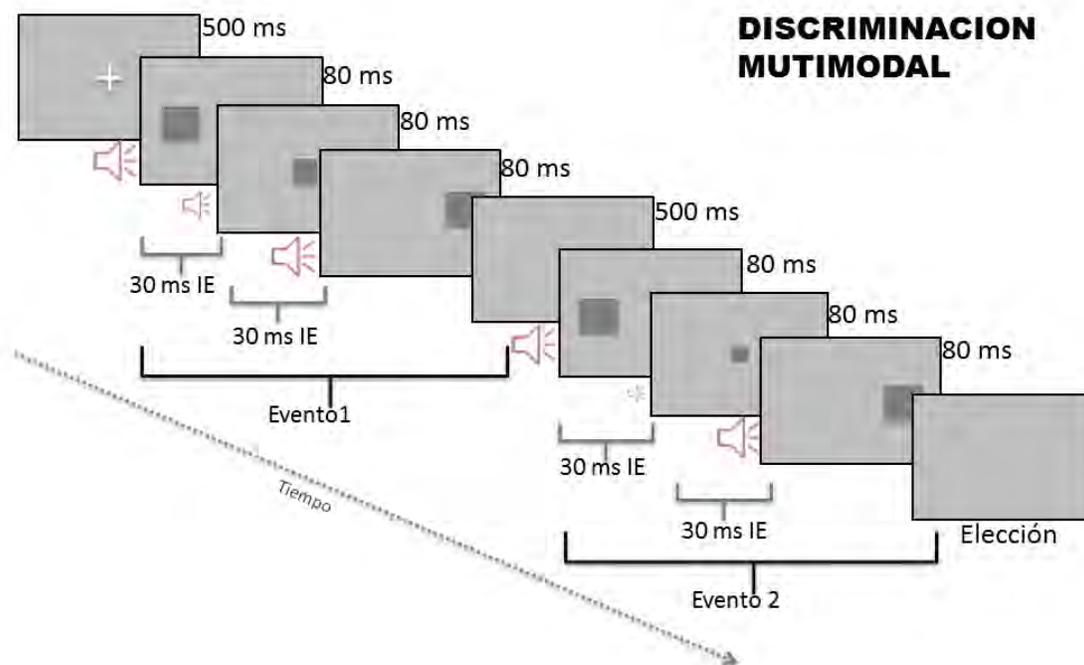


Figura 22. Ensayo de discriminación multimodal.

Resultados Experimento 3

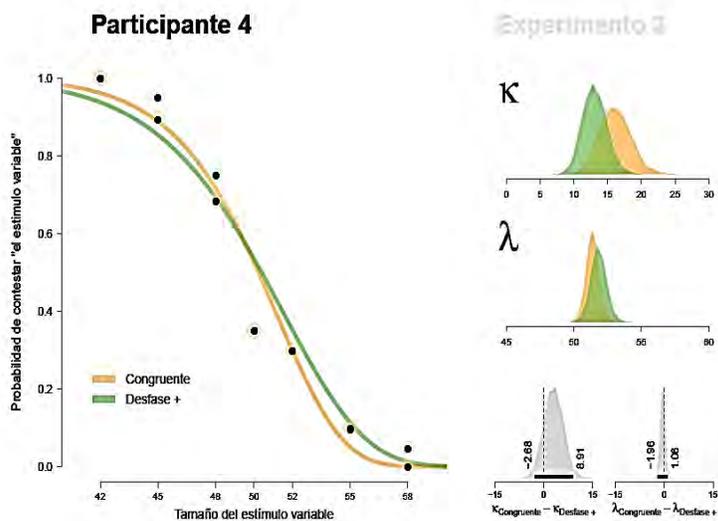
El objetivo de este experimento fue investigar el efecto que claves auditivas podrían tener sobre la discriminación visual de lejanía con movimiento. Ajustamos nuestros resultados a un modelo Weibull sobre los datos de cada participante en cada condición utilizando métodos Bayesianos. Este modelo presenta dos parámetros libres, que reflejan la pendiente y el intercepto de la curva. Nuestros resultados muestran diferencias entre los participantes a través de las diferentes condiciones experimentales, y sugieren efectos pequeños de las interacciones intensidad-profundidad.

Contrastes Congruente vs Desfase+

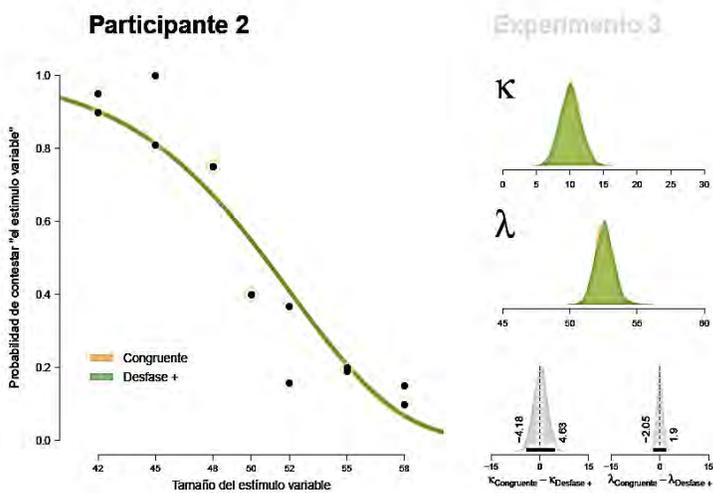
Para el contraste de condiciones Congruente- Desfase+, nuestra hipótesis fue que existirían diferencias en la sensibilidad para la discriminación de lejanía cuando los estímulos visuales eran acompañados por claves auditivas más intensas.

Nuestra hipótesis para el contraste entre la condición congruente y la condición desfase + (los sonidos con relación al tamaño eran más intensos respecto a la condición congruente) fue que la sensibilidad de lejanía fuera menor en la condición desfase + como se muestra en la gráfica del participante 8. No obstante, nuestros resultados indicaron que tres de diez participantes (ver en Apéndice G, participantes: 4, 9 y 10) mostraron mayor sensibilidad a la lejanía con claves multimodales Congruentes (ver gráfica 7). Para estos participantes, los valores de las medias posteriores del parámetro κ fueron menores en la condición Desfase + que para la condición congruente. Mientras que los valores de las medias posteriores de λ fueron menores para la condición con claves congruentes.

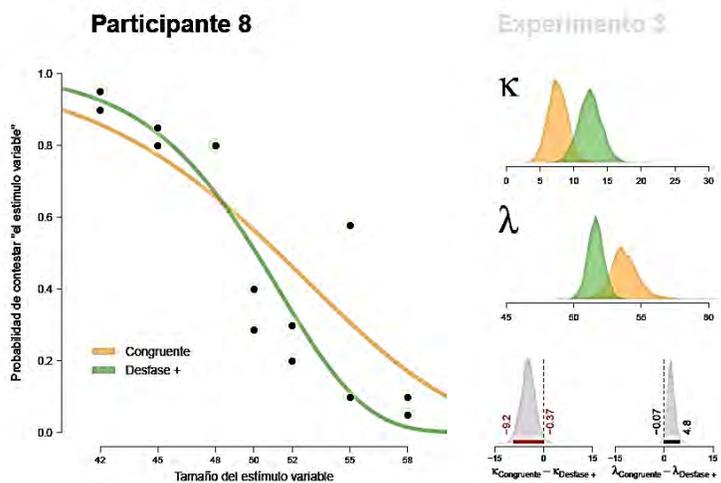
Contrario a nuestras predicciones, cinco participantes de diez (ver en Apéndice G, participantes: 1, 3, 6, 7 y 8) mostraron mayor sensibilidad a la lejanía con claves multimodales con Desfase + (ver gráfica 9), donde las medias posteriores del parámetro κ fueron menores en la condición congruente. Mientras que para las medias posteriores del parámetro λ , dos participantes obtuvieron valores menores para la condición Desfase + (participantes 1 y 8). Y finalmente, dos participantes (ver en Apéndice G, participantes: 2 y 5) obtuvieron valores similares entre claves congruentes y desfase + (ver gráfica 8).



Gráfica 9. Resultados de un participante representativo que muestra mayor sensibilidad a la profundidad con claves multimodales Congruentes.



Gráfica 9. Resultados de un participante representativo que muestra sensibilidad similar a la profundidad con claves multimodales Congruentes y Desfase+.



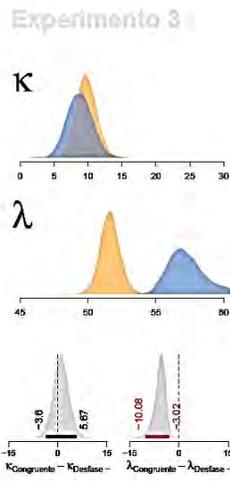
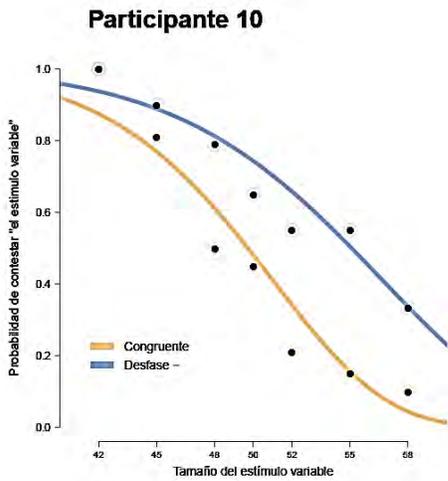
Gráfica 9. Resultados de un participante representativo que muestra mayor sensibilidad a la profundidad con claves multimodales en Desfase+.

Contraste Congruente vs Desfase-

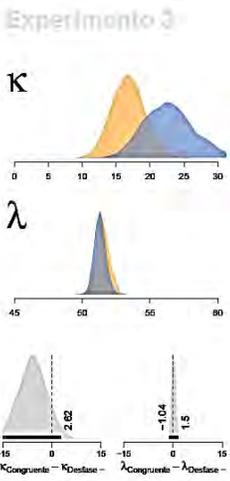
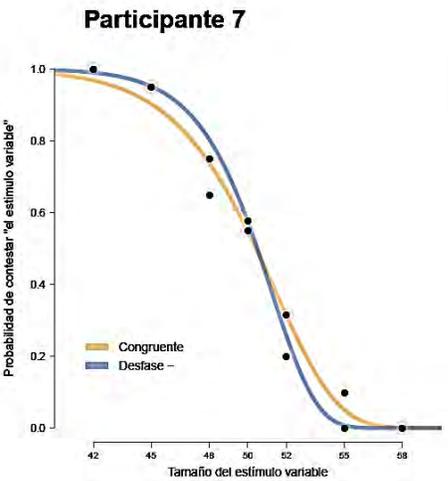
Para el contraste de condiciones Congruente- Desfase- (los sonidos con relación al tamaño eran menos intensos respecto a la condición congruente), nuestra hipótesis fue que existirían diferencias en la sensibilidad para la discriminación de lejanía cuando los estímulos visuales estuvieran acompañados por claves auditivas menos intensas. No obstante, nuestros resultados indicaron que tres de diez participantes (ver en Apéndice G desfase -, participantes: 4, 6 y 10) mostraron mayor sensibilidad a la lejanía con claves multimodales Congruentes (ver gráfica 10). Para estos participantes, los valores de las medias posteriores del parámetro κ fueron menores en la condición Desfase - que para la condición congruente. Mientras que los valores de las medias posteriores de λ fueron menores para la condición con claves congruentes.

Contrario a nuestras predicciones, seis participantes de diez (ver en Apéndice G, participantes: 2, 3, 5, 7, 8 y 9) mostraron mayor sensibilidad a la lejanía con claves multimodales con Desfase- (ver gráfica 11). Para cinco participantes (3, 5, 7, 8 y 9), las medias posteriores del parámetro κ fueron menores en la condición congruente y uno obtuvo valores similares entre congruente y desfase- (participante 2). En las medias posteriores del parámetro λ , dos participantes obtuvieron valores menores para la condición Desfase - (participantes 2 y 8) y cuatro obtuvieron valores similares entre claves congruentes y desfase - (participantes 3, 5, 7 y 9).

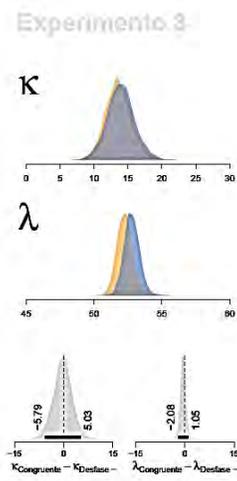
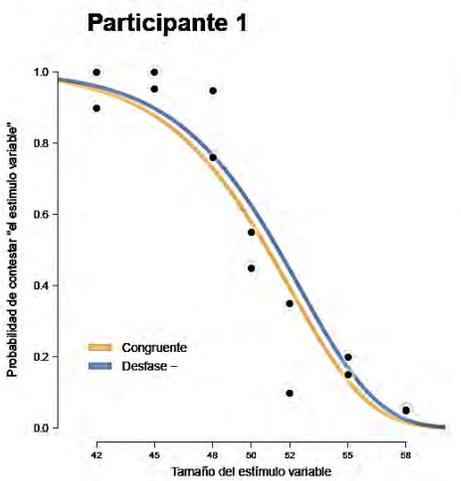
Finalmente un participante de diez (ver en Apéndice G, participante 1) mostró una sensibilidad a la lejanía con claves multimodales congruentes y con Desfase- (ver gráfica 12), mostrando medias posteriores similares en los parámetros κ y λ .



Gráfica 12. Resultados de un participante representativo que muestra mayor sensibilidad a la profundidad con claves multimodales Congruentes.



Gráfica 12. Resultados de un participante representativo que muestra mayor sensibilidad a la profundidad con claves multimodales en Desfase-.



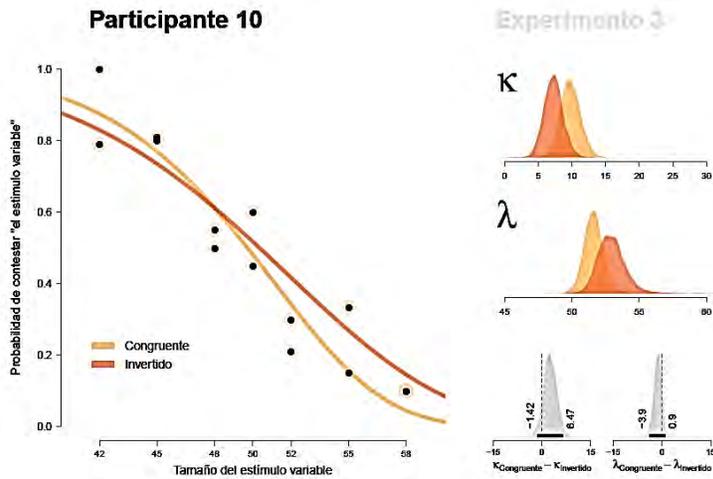
Gráfica 12. Resultados de un participante representativo que muestra sensibilidad similar a la profundidad con claves multimodales Congruentes y Desfase-.

Contraste Congruente vs Invertido

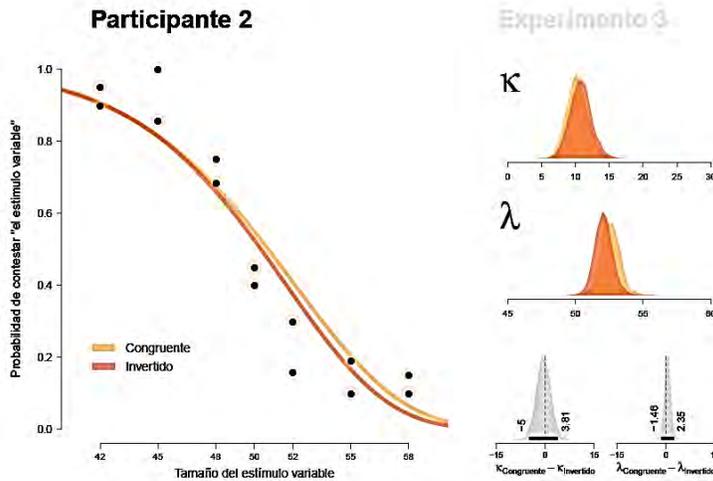
Para el contraste de condiciones Congruente-Invertido (los sonidos con relación al tamaño eran contrarios respecto a la condición congruente), nuestra hipótesis fue que existirían diferencias en la sensibilidad para la discriminación de lejanía cuando los estímulos visuales fueran acompañados por claves auditivas invertidas. No obstante, nuestros resultados indicaron que cuatro de diez participantes (ver en Apéndice G inverso, participantes: 4, 7, 9 y 10) mostraron mayor sensibilidad a la lejanía con claves multimodales Congruentes (ver gráfica 13). Para estos participantes, los valores de las medias posteriores del parámetro κ fueron menores en la condición Congruente que para la condición invertido. Mientras que los valores de las medias posteriores de λ fueron, para el participante 8 menores en la condición con claves invertidas y similares para el participante 1.

Tres de diez participantes (ver en Apéndice G, participantes: 1, 5 y 8) mostraron mayor sensibilidad a la lejanía con claves multimodales Invertidas (ver gráfica15). Para ambos participantes las medias posteriores del parámetro κ fueron menores en la condición congruente. Mientras que las medias posteriores del parámetro λ , el participante 8 obtuvo un valor menor para la condición Invertido y el participante 1 obtuvo valores similares entre claves congruentes e invertidas.

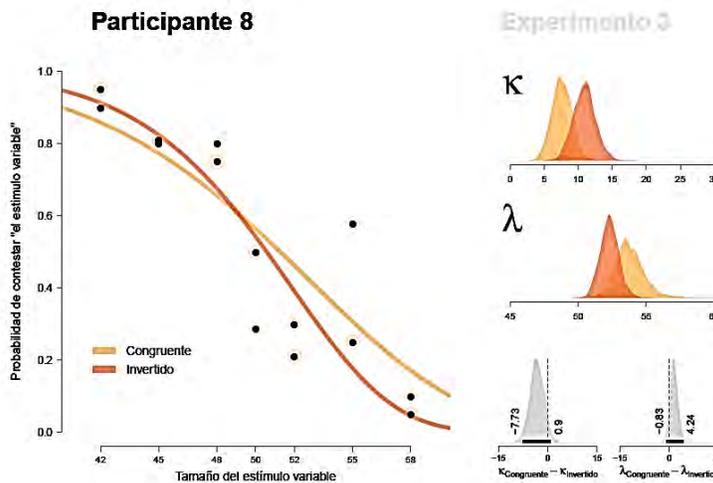
Finalmente tres participante de diez (ver en Apéndice G, participantes 2, 3 y 6) mostraron medias posteriores similares en los parámetros κ y λ con claves multimodales congruentes e Invertidas (ver gráfica 14).



Gráfica 15. Resultados de un participante representativo que muestra mayor sensibilidad a la profundidad con claves multimodales Congruentes.



Gráfica 15. Resultados de un participante representativo que muestra sensibilidad similar a la profundidad con claves multimodales Congruentes e Invertidas.



Gráfica 15. Resultados de un participante representativo que muestra mayor sensibilidad a la profundidad con claves multimodales Invertidas.

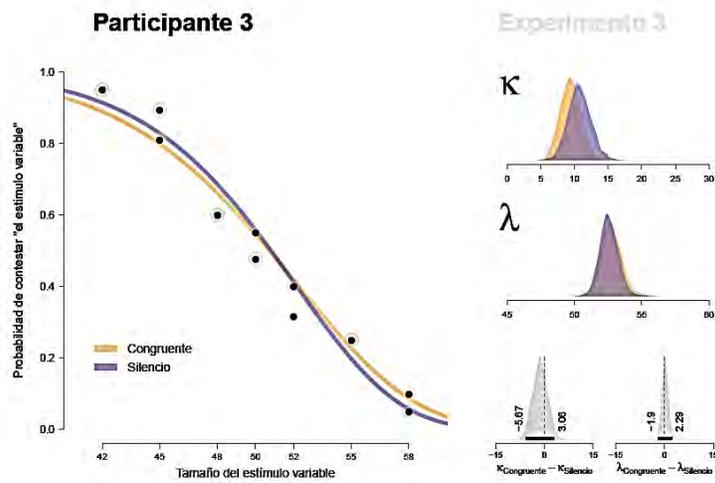
Contraste Congruente- Silencio

Para el contraste de condiciones Congruente- Silencio, nuestra hipótesis fue que no existirían diferencias en la sensibilidad para la discriminación de lejanía cuando los estímulos visuales no fueron acompañados por sonido.

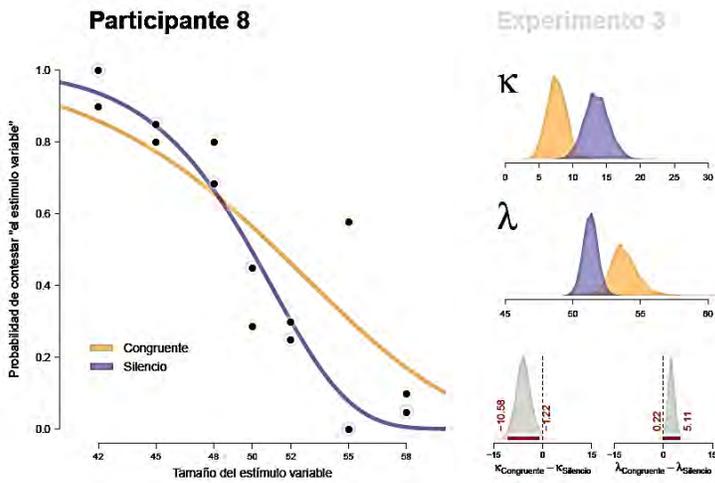
Nuestros resultados indicaron que tres de diez participantes (ver en Apéndice G inverso, participante 4, 9 y 10) mostraron mayor sensibilidad a la lejanía en Congruente (ver gráfica 18). Los valores de la media posterior del parámetro κ fueron menores en la condición Congruente que para la condición silencio. Mientras que el valor de la media posterior de λ fue menor en la condición Congruente.

Dos de diez participantes (ver en Apéndice G, participantes: 8 y 5) mostraron mayor sensibilidad a la lejanía en Silencio (ver gráfica 17). Obteniendo una media posterior en el parámetro κ menor en la condición congruente y una media posterior menor en el parámetro λ en la condición silencio.

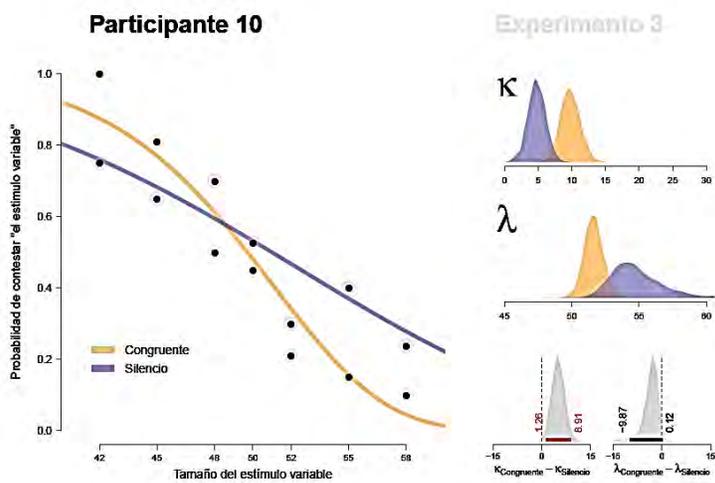
Finalmente cinco participante de diez (ver en Apéndice E, participantes 1, 2, 3, 6 y 7) mostraron medias posteriores similares en los parámetros κ y λ con claves multimodales congruentes y en silencio (ver gráfica 16).



Gráfica 18. Resultados de un participante representativo que muestra sensibilidad similar a la profundidad con claves multimodales Congruentes e Invertidas.



Gráfica 18. Resultados de un participante representativo que muestra mayor sensibilidad a la profundidad con claves unimodales visuales.



Gráfica 18. Resultados de un participante representativo que muestra mayor sensibilidad a la profundidad con claves multimodales Congruentes.

Conclusiones y discusiones Experimento 3

Las representaciones multimodales organizan la percepción espacial, así la información de diferentes modalidades sensoriales se integra con el fin de construir representaciones útiles del espacio. No obstante, la información perceptual a veces puede presentarse de forma incongruente (fragmentada o desfasada) espacio-temporalmente. Diversos estudios han investigado en el plano frontal, que la información procedente de una modalidad sensorial puede sesgar la información procedente de otra modalidad sensorial (Battaglia et al., 2003; Sekuler & Lau, 2006; Våljamäe & Soto-Faraco, 2008; Teramoto, Hidaka, & Sugita, 2010). Por lo que en este tercer experimento, nos propusimos investigar si la sensibilidad a la lejanía es susceptible a modificaciones cuando le acompañan claves auditivas, con movimiento aparente en profundidad.

Los resultados de este tercer experimento mostraron diferencias entre los participantes a través de las cinco condiciones experimentales, y sugieren efectos pequeños de las interacciones discriminación de estímulos auditivo-visuales. Cuando claves auditivo-visuales se encontraron en diferente localización espacial (claves incongruentes), en tareas de competencia sensorial, las curvas psicométricas de las condiciones Congruente vs Desfase+ y Desfase- mostraron que, la sensibilidad para discriminar el tamaño de los estímulos en un contexto auditivo-visual, fue ligeramente mayor que en un contexto auditivo-visual Congruente. Mientras que la sensibilidad para discriminar la profundidad de los estímulos en un contexto auditivo-visual Incongruente y en Silencio no fueron significativamente diferentes. Así pues, no podemos concluir que en todos los casos, claves auditivas puedan fungir como facilitadores en este tipo de arreglo experimental.

Nuestra hipótesis para el contraste Congruente- Desfase +, apuntaba a que aumentando la intensidad de las claves auditivas (con relación a las congruentes), existiría una modificación en sensibilidad de la lejanía, haciendo que el espacio perceptual de profundidad “se viera menos profundo”. Contrario a esta hipótesis, nuestros resultados sugieren que cuando el estímulo multimodal fue incongruente, los participantes aumentaron la atención al estímulo con mayor relevancia, en este caso, el visual. Obteniendo un aumento en la sensibilidad a la lejanía en a condición Desfase +.

Similar a la condición anterior, para el contraste Congruente- Desfase - nuestra hipótesis apuntaba a que disminuyendo la intensidad de las claves auditivas (con relación a las congruentes), existiría una modificación en sensibilidad de la lejanía, haciendo que el espacio perceptual de profundidad “se viera más profundo”. Contrario a esta hipótesis, nuestros resultados sugieren que cuando el estímulo multimodal fue incongruente, los participantes aumentaron la atención al estímulo con mayor relevancia, en este caso, el visual. Obteniendo un aumento en la sensibilidad a la lejanía en la condición de Desfase -.

Para el contraste Congruente- Inverso, queríamos saber cómo resolvía el sistema la discriminación multimodal de lejanía con claves invertidas (con relación a las congruentes). El sistema daría más peso a las claves visuales o auditivas, o realizaría un promedio de estos dos sentidos haciendo que el espacio perceptual de profundidad “se percibiera indiferente”. Nuestros resultados mostraron mayor variabilidad intraparticipantes, por lo que sugieren que cuando el estímulo multimodal fue invertido, los participantes no mostraron diferencias significativas en la sensibilidad a la lejanía en la condición Invertida.

De forma similar, para el contraste Congruente- Silencio nuestra hipótesis apuntaba a que la sensibilidad de lejanía unimodal no sería significativamente diferente al agregar claves auditivas (con relación a las congruentes multimodales). Ya que perceptual y adaptativamente, los estímulos visuales son más relevantes que los auditivos (Efecto ventrílocuo). Nuestros resultados mostraron que agregando claves auditivas para la discriminación de lejanía no fueron significativamente diferentes a la discriminación de lejanía unimodal visual.

El espacio visual y el auditivo pueden variar en la cantidad y calidad de información que ofrecen. Así pues, los resultados de los contrastes entre las condiciones Congruente-Desfase + y Desfase- concuerdan con la propuesta de estimación de máxima verosimilitud la cual afirma que, cuando la información proveniente de un sentido es difusa, la relevancia de otros sentidos aumenta su fiabilidad convirtiéndose en una fuente de percepción espacial alternativa (Battaglia et al., 2003; Alais & Burr, 2004). No así para la condición de Silencio e Inversa, ya que las claves auditivas no mostraron ser un estímulo relevante para la discriminación de lejanía, ya que la sensibilidad para ambas condiciones (con relación a la congruente) no presentó cambios significativos para ambas condiciones. Por lo que

sugerimos explorar los efectos que conlleva la pregunta de la condición Inversa y Desfases (- y+) en dos condiciones de discriminación de profundidad con estímulos nítidos y con bordes borrosos (Alais & Burr, 2004).

Discusión general

Comprender la percepción representa un avance significativo en el ámbito intelectual y práctico, ya que las mediciones precisas de las capacidades perceptuales han permitido, describir y prevenir las pérdidas perceptuales que ocurren debido a enfermedades (por ejemplo: retinopatía diabética, ictericia neonatal, ingesta de medicamentos ototóxicos, astigmatismo, miopía), envejecimiento (Kaas et al., 1991; Merzenich et al., 1984) o lesiones. Estos hallazgos, además han repercutido en el diseño de dispositivos con el fin de reestablecer la percepción a los que han sufrido una pérdida parcial o total de algún sentido (Sadato, Okada, Honda, & Yonekura, 2002), y en la elaboración de tratamientos para problemas perceptuales como la incapacidad para reconocer objetos, el dolor crónico de, por ejemplo, pacientes que sufren el efecto de miembro fantasma (Katz & Gagliese, 1999; Margalit, Heled, Berger, & Katzir, 2013) y los problemas de pensamiento relacionados con la percepción como la prosopagnosia (Baudouin & Humphreys, 2006).

Así como prever las demandas perceptuales que el avance tecnológico requiere y su repercusión en el sistema perceptual en campos de aplicación como son dispositivos de reconocimiento máquina- humano (Pourtois, de Gelder, Bol, & Crommelinck, 2005; Sirovich & Meytlis, 2009) prótesis (Dagnelie, 2012, 2013; Schiller & Tehovnik, 2008), inteligencia artificial (Natural and artificial minds, 1994), y modificaciones perceptuales en exploraciones espaciales (Clément, Skinner, Lathan, 2013), entre otros.

Referencias

1. Alais, D., & Burr, D. (2004). The Ventriloquist Effect Results from Near-Optimal Bimodal Integration. *Current Biology*, 14(3), 257–262. doi:10.1016/j.cub.2004.01.029
2. Aronson, E. & Rosenbloom, S. (1971). Space perception in early infancy: perception within a common auditory-visual space. *Science* 172, 1161–1163.
3. Battaglia, P. W., Jacobs, R. a, & Aslin, R. N. (2003). Bayesian integration of visual and auditory signals for spatial localization. *Journal of the Optical Society of America. A, Optics, Image Science, & Vision*, 20(7), 1391–1397. doi:10.1364/JOSAA.20.001391
4. Baudouin, J. Y., & Humphreys, G. W. (2006). Compensatory strategies in processing facial emotions: Evidence from prosopagnosia. *Neuropsychologia*, 44, 1361–1369. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.006
5. Bower, T.G.R. (1971). The object in the world of the infant. *Scientific American* 225, 30–
6. Cañabate, Antonio (1997). Toma de decisiones: análisis y entorno organizativo. Univ. Politèc. de Catalunya.
7. Castillo, M. & Butterworth, G. (1981). Neonatal localisation of a sound in visual space. *Perception*, vol. 10 no. 3331-338
8. Chey, J., Grossberg, S., & Mingolla, E. (1998). Neural dynamics of motion processing and speed discrimination. *Vision Research*, 38, 2769–2786.
9. Clément, G., Skinner, A., & Lathan, C. (2013). Distance and Size Perception in Astronauts during Long-Duration Spaceflight. *Life*, 3, 524–537. doi:10.3390/life3040524
10. Dagnelie, G. (2012). Retinal implants: emergence of a multidisciplinary field. *Current Opinion in Neurology*, 25(1), 67–75. doi:10.1097/WCO.0b013e32834f02c3
11. Dagnelie, G. (2013). Age-related psychophysical changes and low vision. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 54, 88–93. doi:10.1167/iovs.13-12934
12. Doherty MJ, Campbell NM, Tsuji H, & Phillips, WA(2010). The Ebbinghaus illusion deceives adults but not young children. *Developmental Science* 13: 714–721
13. Ernst, M. O., & Bühlhoff, H. H. (2004). Merging the senses into a robust percept. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(4), 162–169. doi:10.1016/j.tics.2004.02.002
14. Fujita, K. (2004). How do nonhuman animals perceptually integrate figural fragments? *Japanese Psychological Research*, 46(3), 154–169. doi:10.1111/j.1468-5584.2004.00248.x
15. Ghazanfar, A. a, & Schroeder, C. E. (2006). Is neocortex essentially multisensory? *Trends in Cognitive Sciences*, 10(6), 278–85. doi:10.1016/j.tics.2006.04.008
16. Gibson, E. J. (1969). Principles of perceptual learning and development. New York: Appleton-Century Crofts.
17. Gogel, W. C. (1965). Size Cues and the Adjacency Principle. *Journal of Experimental Psychology*, 70(3), 289–293. doi:10.1037/h0022211
18. Goldstein, Bruce (2005). Sensación y percepción. International. México: Thomson Editores.
19. Hebb, D. O. (1949). The Organization of Behavior: A neuropsychological theory. New York: Wiley.
20. Heelan, Patrick (1989). Space-Perception and the Philosophy of Science. Unites States of America: University California Press
21. Hidaka, S., Kawachi, Y., & Gyoba, J. (2008). Depth representation of moving 3-D objects in apparent-motion path. *Perception*, 37(1991), 688–703. doi:10.1068/p5766

22. Hidaka, S., Teramoto, W., & Nagai, M. (2012). Sound can enhance the suppression of visual target detection in apparent motion trajectory. *Vision Research*, 59, 25–33. doi:10.1016/j.visres.2012.02
23. Hidaka, S., Teramoto, W., Kobayashi, M., & Sugita, Y. (2011). Sound-contingent visual motion aftereffect. *BMC Neuroscience*, 12(1), 44. doi:10.1186/1471-2202-12-44
24. Holway. A. H. Boring, E. G. (1941). Determinants of apparent visual size with distance variant. *Amer. J. Psycho.* 54, 21-37.
25. Hothersall, D. (1997) *Historia de la psicología*. México: Mcgraw-Hill Interamericana.
26. Kanizsa, G. (1976). Subjective contours. *Scientific American*, 234(4), 48–52.
27. Kass, J.H., (1991). Plasticity of sensory and motor maps in adult mammals. *Ann Review Neuroscience*; 14:137-167
28. Katz, J. & L. Gagliese, L. (1999) “Phantom Limb Pain: A Continuing Puzzle,” In: R. J. Gatchel and D. C. Turk, Eds., *Psychosocial Factors in Pain: Critical Perspectives*, Guilford Press, New York, pp. 284-300.
29. Kennett, S., Taylor-Clarke, M., & Haggard, P. (2001). Noninformative vision improves the spatial resolution of touch in humans. *Current Biology*, 11, 1188–1191. doi:10.1016/S0960-9822(01)00327-X
30. Köhler, W. (1947). *Gestalt psychology* (2nd Edition). New York: Liveright.
31. Komatsu, H. (2006). The neural mechanisms of perceptual filling-in. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(3), 220–231. doi:10.1038/nrn1869
32. Koser, K. (2010). Introduction: International migration and global governance. *Global Governance*, 16(March 2015), 301–315. doi:10.1093/acprof
33. Krekelberg, B., & Lappe, M. (2001). Neuronal latencies and the position of moving objects. *Trends in Neurosciences*, 24(6), 335–339. doi:10.1016/S0166-2236(00)01795-1
34. Leahey, Thomas (2012). *Historia de la Psicología*. Madrid: Pearson Educación.
35. Lewkowicz, D.J., & Turkewitz, G. (1980). Cross-modal equivalence in early infancy: Auditory-visual intensity matching. *Developmental Psychology*, 16, 597-607.
36. Luna, Dolores (2011). *Percepción Visual*. Madrid: Ed. Trotta.
37. Margalit, D., Heled, e., Berger, C., & Katzir, H., (2013). "Phantom Fighters: Coping Mechanisms of Amputee Patients with Phantom Limb Pain: A Longitudinal Study," *Open Journal of Orthopedics*, Vol. 3 No. 7, pp. 300-305. doi: 10.4236/ojo.2013.37055.
38. Marks, L.E. (1974). On associations of light and sound: The mediation of brightness, pitch, and loudness. *American Journal of Psychology*, 87, 173-188.
39. Marks, L.E. (1975). On colored-hearing synesthesia: Cross-modal translations of sensory dimensions. *Psychological Bulletin*, 83, 303-331
40. Massaro, D. M. (2004). From multisensory integration to talking heads and language learning. In G. Calvert, C. Spence, & B. E. Stein (Eds.), *Handbook of multisensory processes* (pp. 153–176). Cambridge: MIT Press.
41. McGurk, H. & Lewis, M. (1974). Space perception, in early infancy: perception within a common auditory-visual space? *Science* 186, 649–650.
42. Merzenich, M. M., Nelson, R. J., Stryker, M. P., Cynder, M.S., Shoppmann A., Zook, J.M., (1984). Somatosensory cortical map changes following digit amputation in adult monkeys. *J Comp Neurol*; 224:591-605.

43. Monserrat, Javier (2008). *La percepción visual: La arquitectura del psiquismo desde el enfoque de la percepción visual*. Madrid: Biblioteca Nueva.
44. Morrongiello, B.A. & Rocca, P.T. (1987). Infants' localization, of sounds in the horizontal plane: effects of auditory and visual cues. *Child Development* 58, 918–927.
45. Natural and artificial minds. (1994). *Choice Reviews Online* (Vol. 31). doi:10.5860/CHOICE.31-2659
46. Navarra, J., & Soto-Faraco, S. (2007). Hearing lips in a second language: Visual articulatory information enables the perception of L2 sounds. *Psychological Research*, 71, 4–12.
47. Piaget, J. (1954). *The construction of reality in the child*. Basic Books New York.
48. Platón (1994). *Diálogos* (Republica). Madrid, Gredos.
49. Pourtois, G., de Gelder, B., Bol, A., & Crommelinck, M. (2005). Perception of facial expressions and voices and of their combination in the human brain. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 41, 49–59. doi:10.1016/S0010-9452(08)70177-1
50. Ramachandran, S., & Hubbard, E. M. (2001). *Perception, Thought and Language*, (12), 3–34.
51. Ramachandran, V. S. (1992). Filling in gaps in perception: Part 1. *Current Directions in Psychological Science*, 1(6), 199–205.
52. Rock, I. & Palmer, S. E. (1990) The legacy of Gestalt psychology. *Scientific American*, December, 262, 84-90.
53. Rodríguez, A., & Mora, E. C. (2006). The Echolocation Repertoire of *Eptesicus fuscus* (Chiroptera : Vespertilionidae) in Cuba, 42(1), 121–128.
54. Romo, R., & Salinas, E. (2003). Flutter discrimination: neural codes, perception, memory and decision making. *Nature Reviews. Neuroscience*, 4(March), 203–218. doi:10.1038/nrn1058
55. Sadato N, Okada T, Honda M, Yonekura Y. Critical period for cross-modal plasticity in blind humans: a functional MRI study. *Neuroimage* 2002; 16(2):389–400.
56. Schiller, P. H., & Tehovnik, E. J. (2008). Visual prosthesis. *Perception*, 37(7), 1529–1559. doi:10.1068/p6100
57. Schwartz, J. L., Berthommier, F., & Savariaux, C. (2004). Seeing to hear better: Evidence for early audio-visual interactions in speech identification. *Cognition*, 93, 69–78. doi:10.1016/j.cognition.2004.01.006
58. Sekuler, B. Sekuler, A. & Laur, R. (1997). Sound alters visual motion perception. *Nature Review*. 385(1), 308.,
59. Shams, L., & Kim, R. (2010). Crossmodal influences on visual perception. *Physics of Life Reviews*, 7, 269–284. doi:10.1016/j.plrev.2010.04.006
60. Sirovich, L., & Meytlis, M. (2009). Symmetry, probability, and recognition in face space. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 6895–6899. doi:10.1073/pnas.0812680106
61. Soto-Faraco, S., Spence, C., & Kingstone, A. (2004). Cross-modal dynamic capture: congruency effects in the perception of motion across sensory modalities. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 30(2), 330–345. doi:10.1037/0096-1523.30.2.330

62. Stein, B. E., Burr, D., Constantinidis, C., Laurienti, P. J., Alex Meredith, M., Perrault, T. J., Lewkowicz, D. J. (2010). Semantic confusion regarding the development of multisensory integration: A practical solution. *European Journal of Neuroscience*, 31, 1713–1720. doi:10.1111/j.1460-9568.2010.07206.x
63. Storms, R. L. & Zyda, M. J., (1998). Monterey, California by Dissertation Supervisor : Security, (September).
64. Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology* 18 (6):643.
65. Sumbly, W., & Pollack, I. (1954). Visual contribution to speech intelligibility in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 26, 212–215.
66. Szinte, M., & Cavanagh, P. (2011). Spatiotopic apparent motion reveals local variations in space constancy. *Journal of Vision*, 11, 1–20. doi:10.1167/11.2.4
67. Teramoto, W., Hidaka, S., & Sugita, Y. (2010). Sounds move a static visual object. *PLoS ONE*, 5(8), 1–5. doi:10.1371/journal.pone.0012255
68. Våljamäe, A., & Soto-Faraco, S. (2008). Filling-in visual motion with sounds. *Acta Psychologica*, 129, 249–254. doi:10.1016/j.actpsy.2008.08.004
69. Wagemans, J., Elder, J. H., Kubovy, M., Palmer, S. E., Peterson, M. a., Singh, M., & von der Heydt, R. (2012). A century of Gestalt psychology in visual perception: I. Perceptual grouping and figure–ground organization. *Psychological Bulletin*, 138(6), 1172–1217. doi:10.1037/a0029333
70. Wallace, Mark y Stein, Barry (2007). Early experience determines how the senses will interact. *J Neurophysiol* 97: 921–926.
71. Wasserman, E. & Zentall (2006). *Comparative cognition: Experimental explorations of animal intelligence*. Oxford University press. USA.
72. Whitney, D., Murakami, I., & Cavanagh, P. (2000). Illusory spatial offset of a flash relative to a moving stimulus is caused by differential latencies for moving and flashed stimuli. *Vision Research*, 40, 137–149. doi:10.1016/S0042-6989(99)00166-2

APÉNDICES

Apéndice A

Isomorfismo psicofísico

Se dice que un sistema es isomórfico con otro respecto de sus relaciones espaciales si cada punto en uno de ellos corresponde a un punto en el otro y las relaciones topológicas de orden espacial de los puntos es la misma en los dos sistemas. En pocas palabras, para los teóricos de la Gestalt existía una perfecta correspondencia entre los acontecimientos físicos del funcionamiento cerebral y los acontecimientos mentales. El isomorfismo es, por tanto, una forma especial de paralelismo psicofísico.

Apéndice B

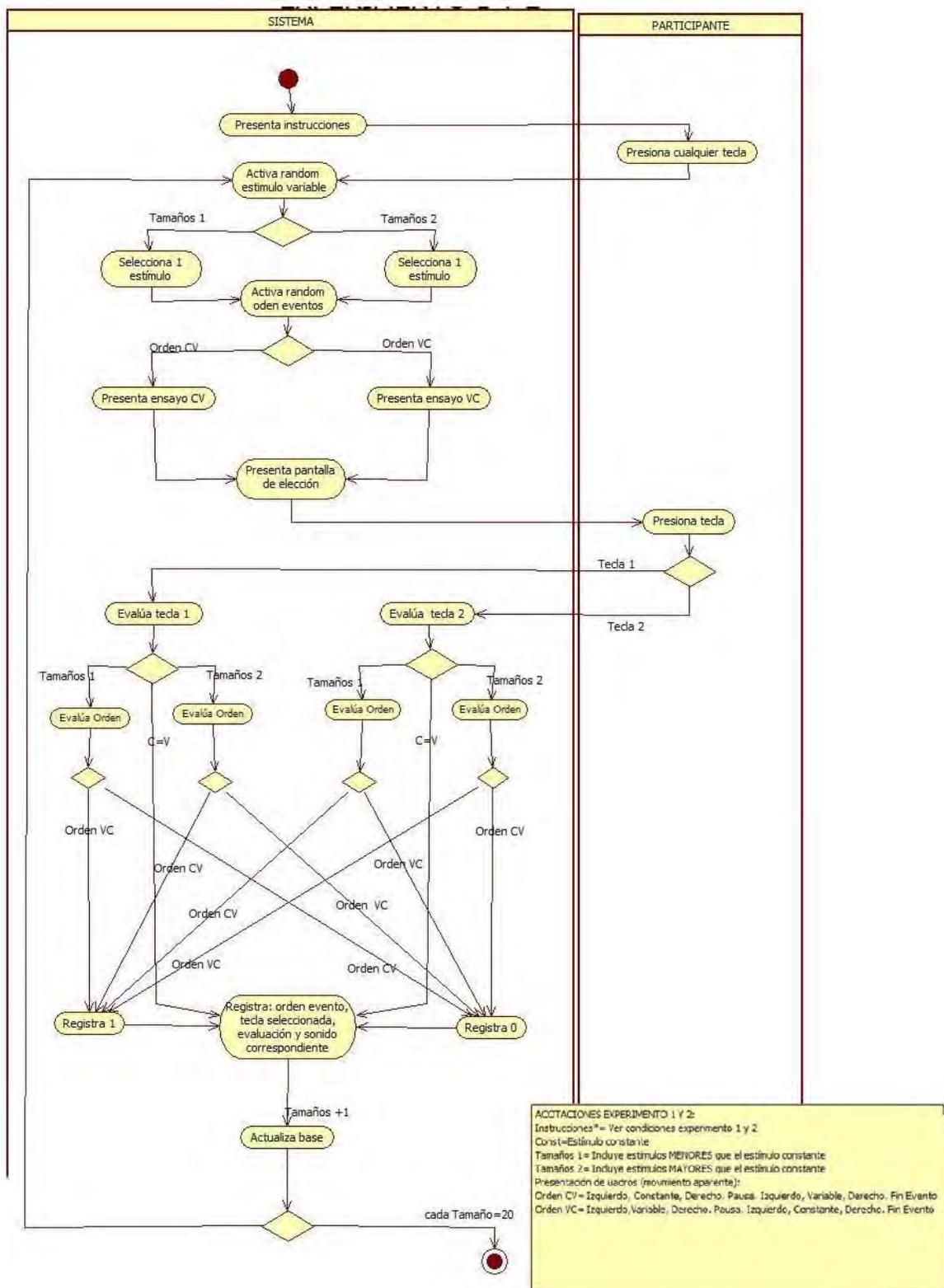
Selección de estímulos visuales

Para la selección de estímulos, en experimento 1 se utilizaron 19 cuadrados gris oscuro con tamaños de 4.0 grados de ángulo visual (max) a 0.18 gav (min), en diferencias de 0.45, 0.22 y 0.17 gav. En la siguiente tabla se muestran Los valores de los estímulos visuales en grados de ángulo visual y sus equivalentes en pixeles y centímetros.

Proporciones de estímulos visuales			
Pixeles	Centímetros	Tan (α)	Grados de ángulo visual
5	0.2	0.004	0.2
10	0.4	0.008	0.4
20	0.8	0.016	0.8
30	1.2	0.024	1.2
35	1.4	0.028	1.4
40	1.6	0.032	1.6
42	1.7	0.034	1.7
45	1.8	0.036	1.8
48	1.9	0.038	1.9
50	2.0	0.04	2.0
52	2.1	0.042	2.1
55	2.2	0.044	2.2
58	2.3	0.046	2.3
60	2.4	0.048	2.4
65	2.6	0.052	2.6
70	2.8	0.056	2.8
80	3.2	0.064	3.2
90	3.6	0.072	3.6
100	4.0	0.08	4.0

Apéndice C

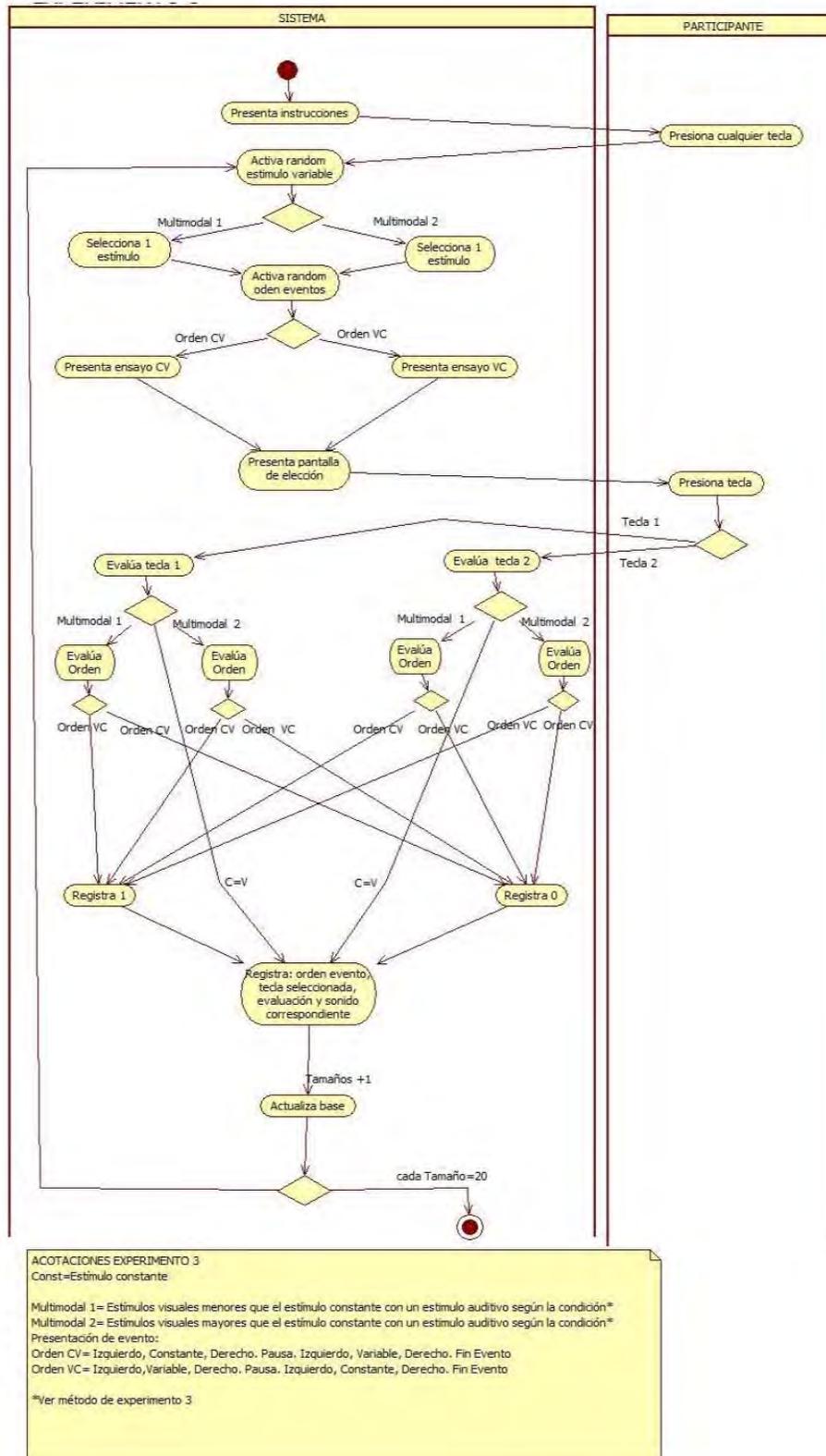
Diagrama Experimento 1 y 2



ACOTACIONES EXPERIMENTO 1 Y 2:
 Instrucciones* = Ver condiciones experimento 1 y 2
 Const = Estímulo constante
 Tamaños 1 = Incluye estímulos MENORES que el estímulo constante
 Tamaños 2 = Incluye estímulos MAYORES que el estímulo constante
 Presentación de uacros (movimiento aparente):
 Orden C/ = Izquierdo, Constante, Derecho, Pausa, Izquierdo, Variable, Derecho, Fin Evento
 Orden VC = Izquierdo Variable, Derecho, Pausa, Izquierdo, Constante, Derecho, Fin Evento

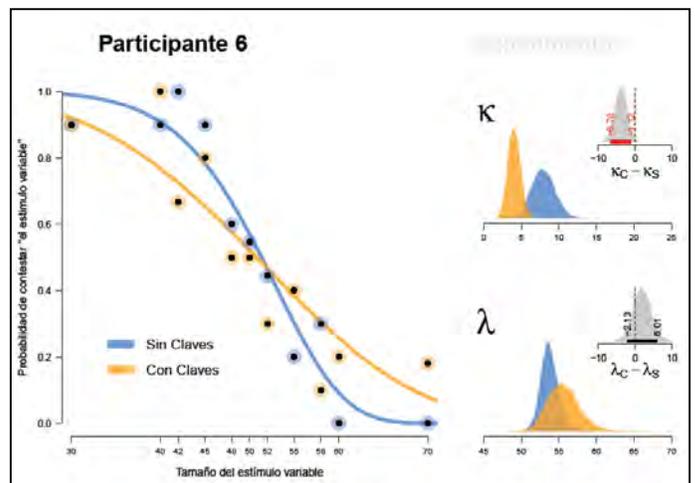
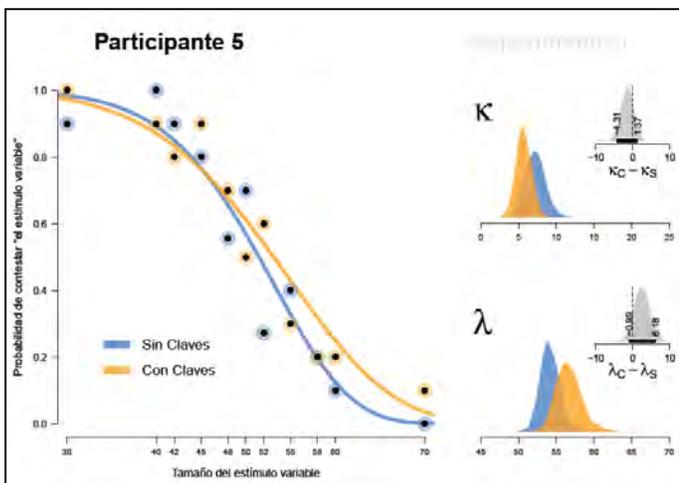
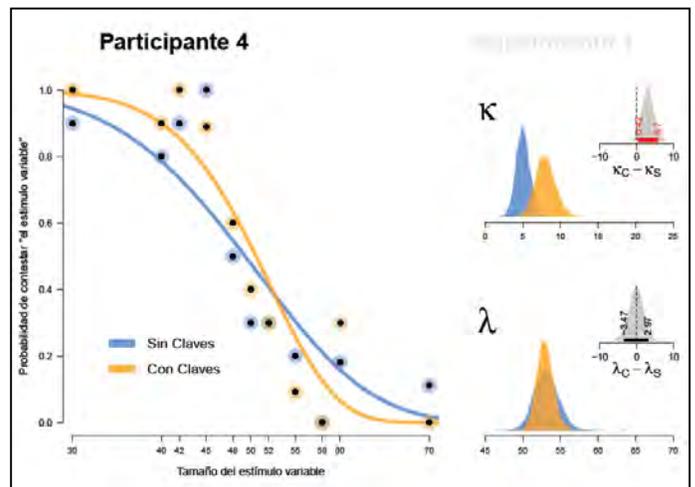
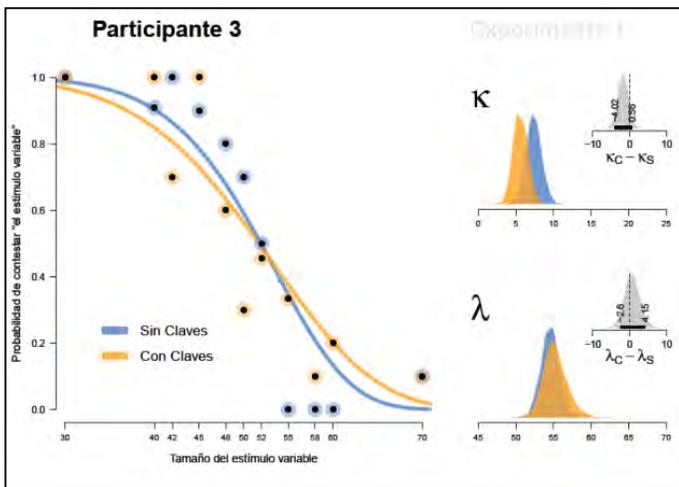
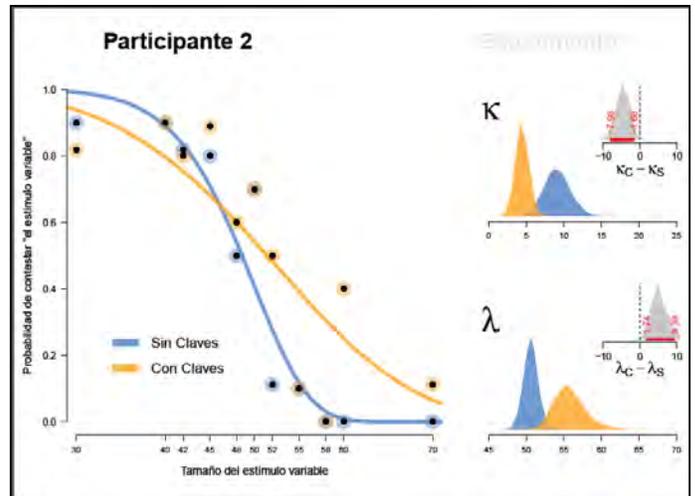
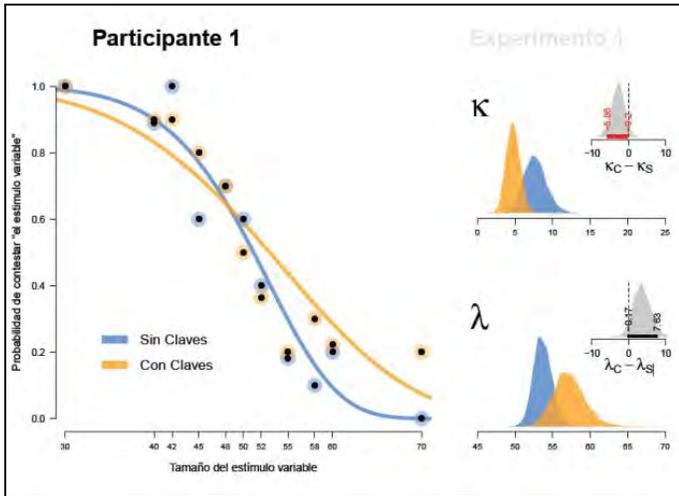
Apéndice D

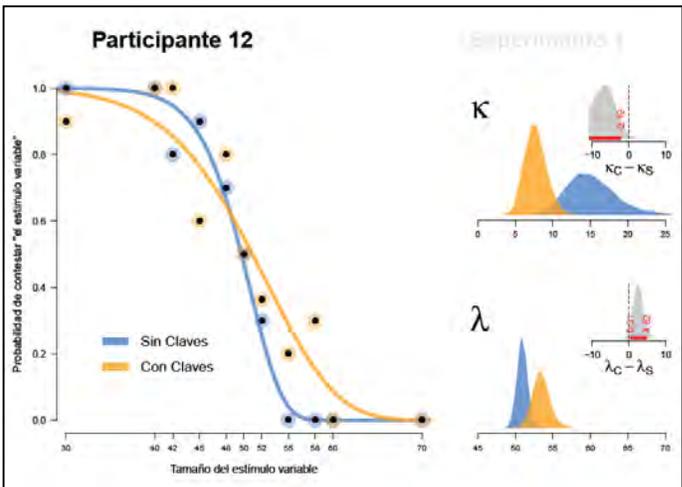
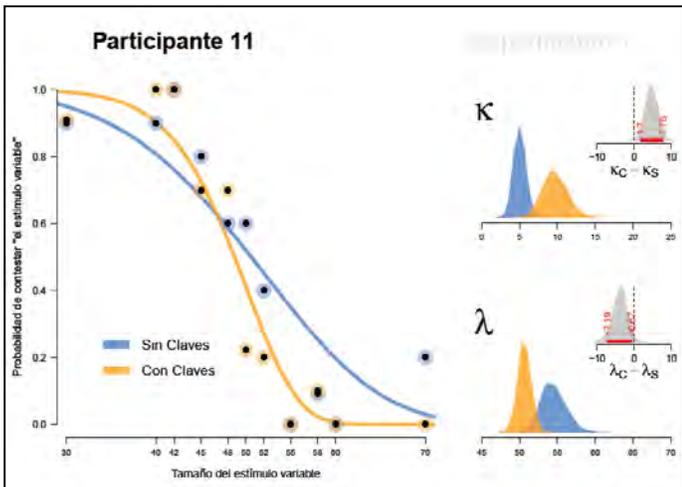
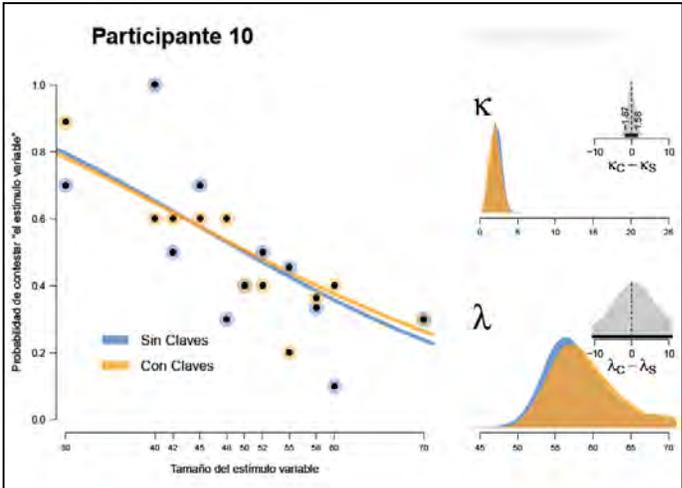
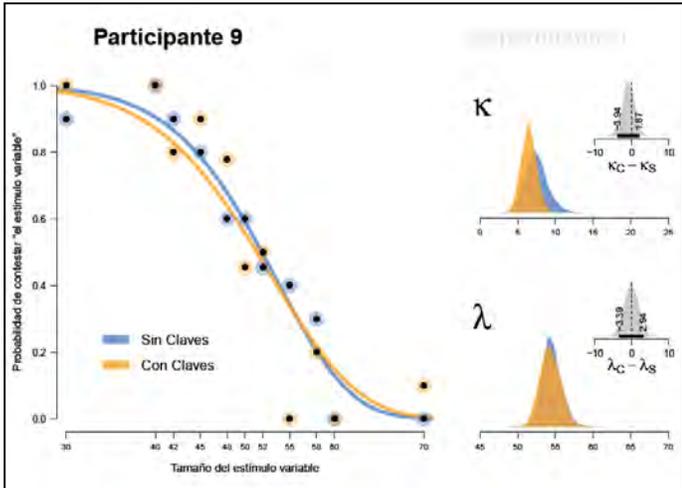
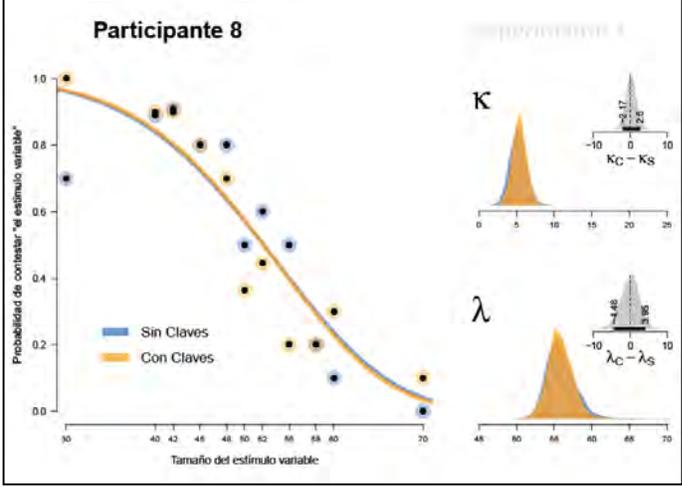
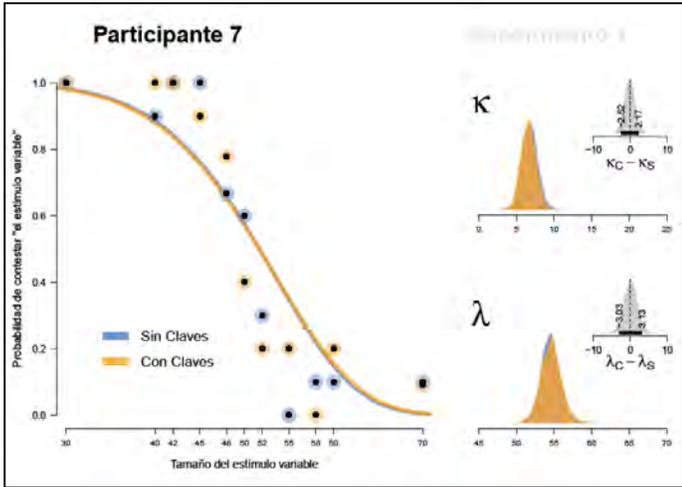
Diagrama Experimento 3

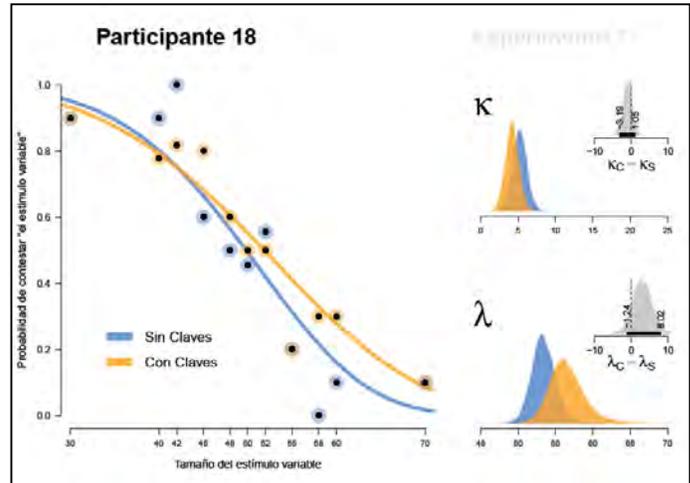
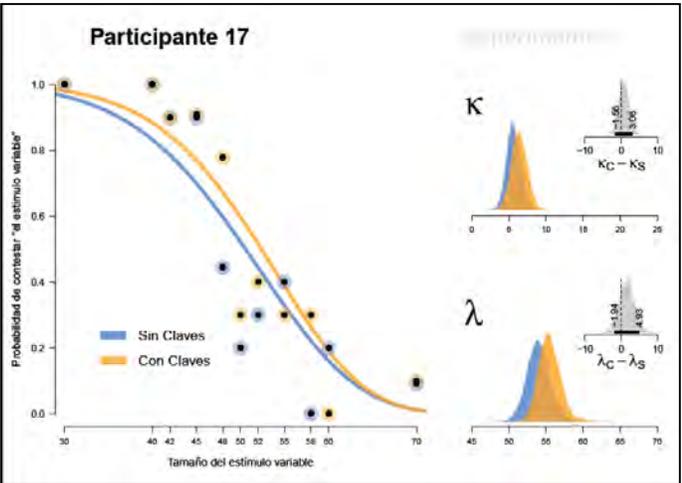
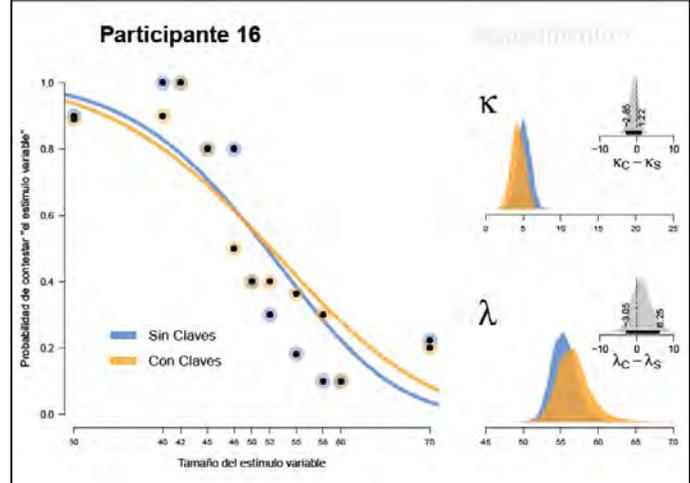
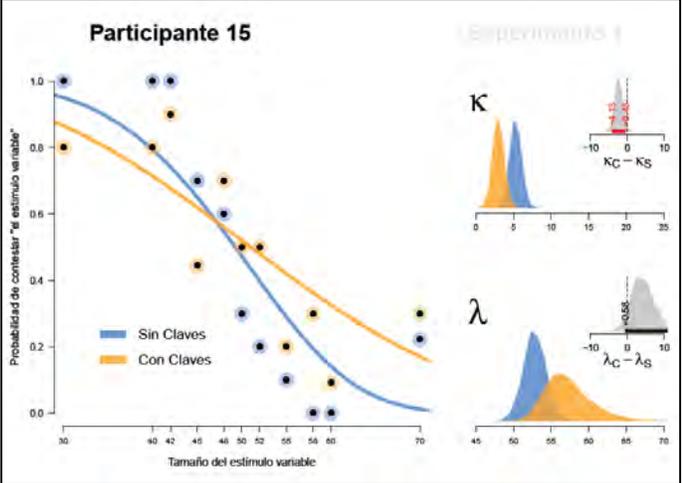
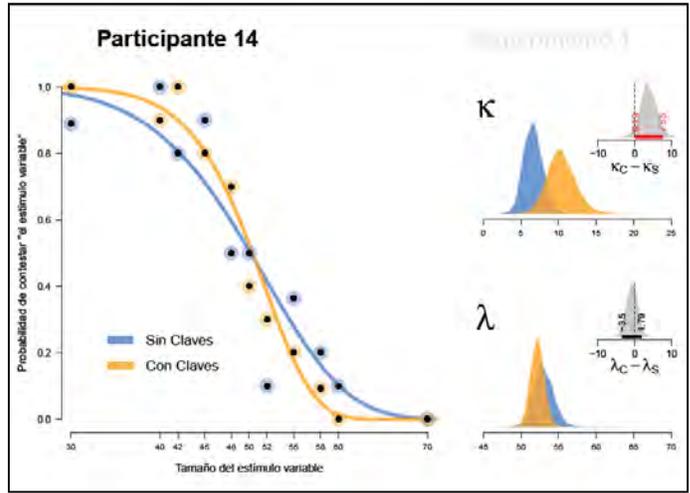
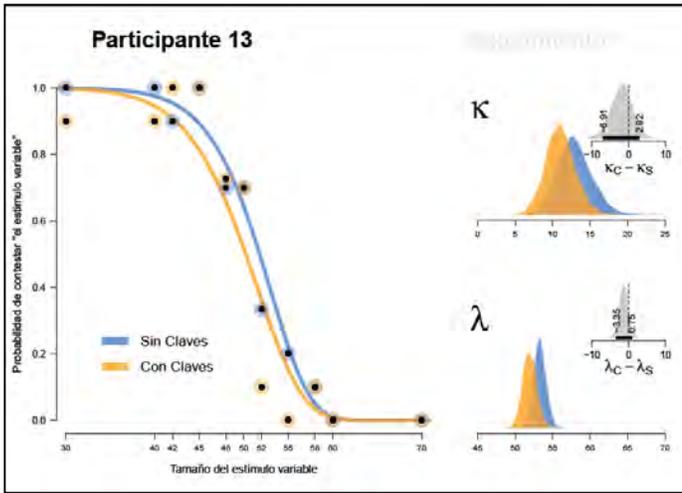


Apéndice E

Resultados Experimento 1

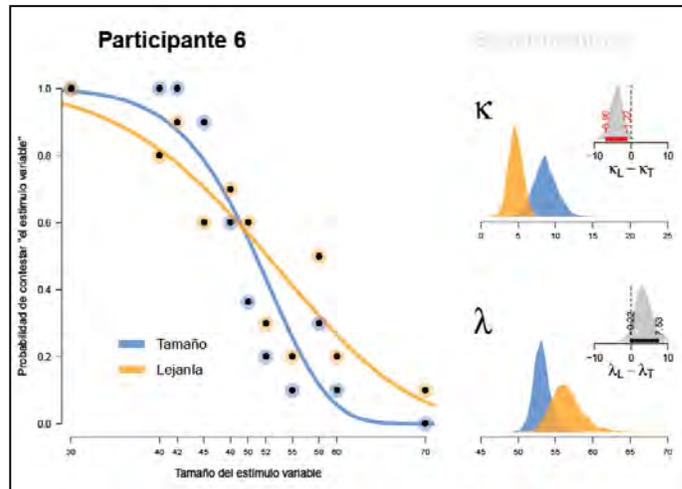
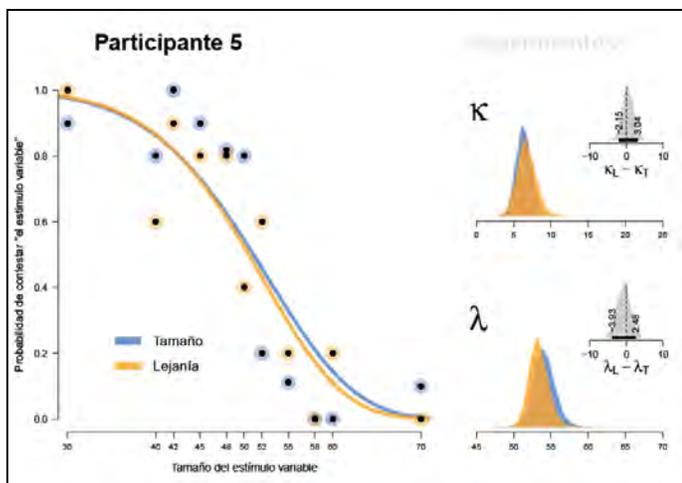
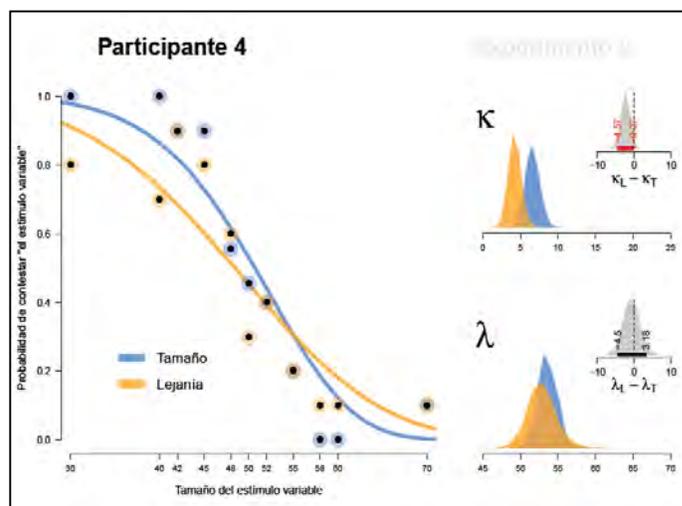
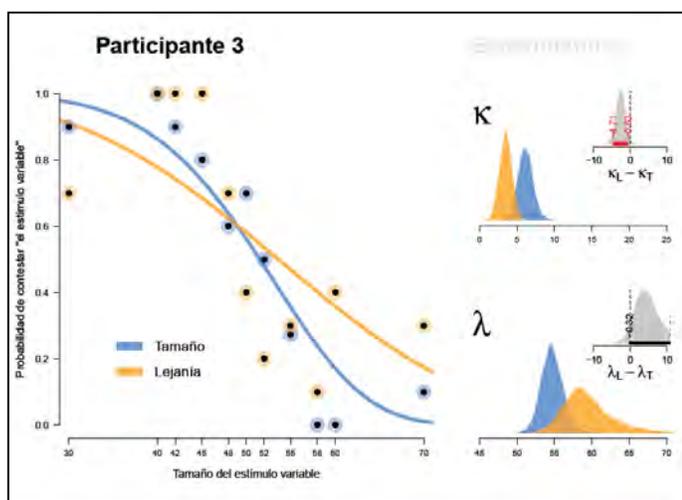
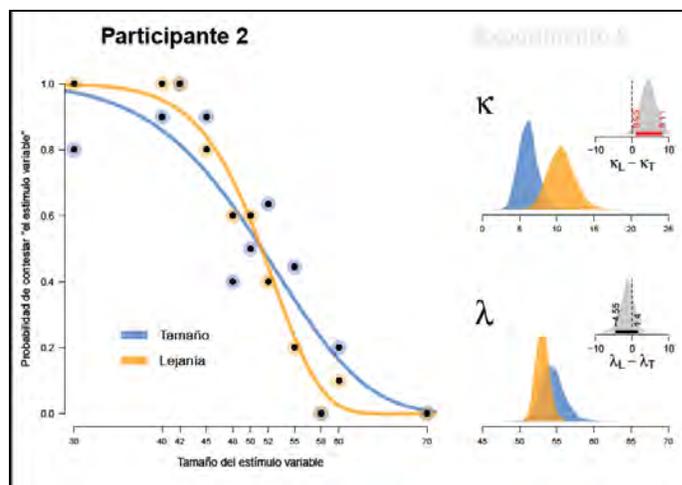
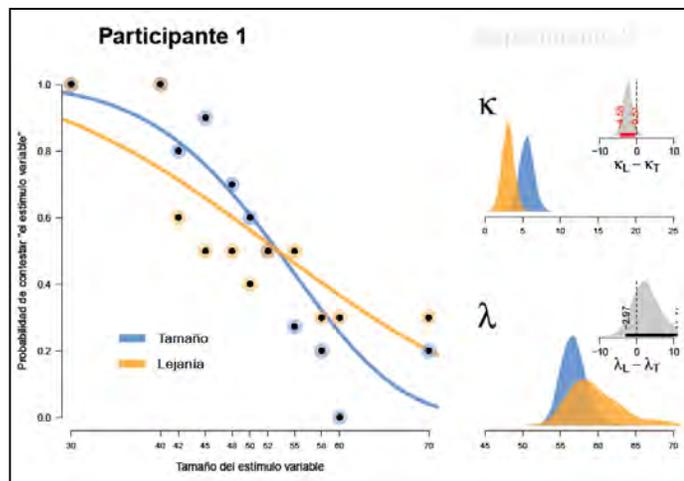






Apéndice F

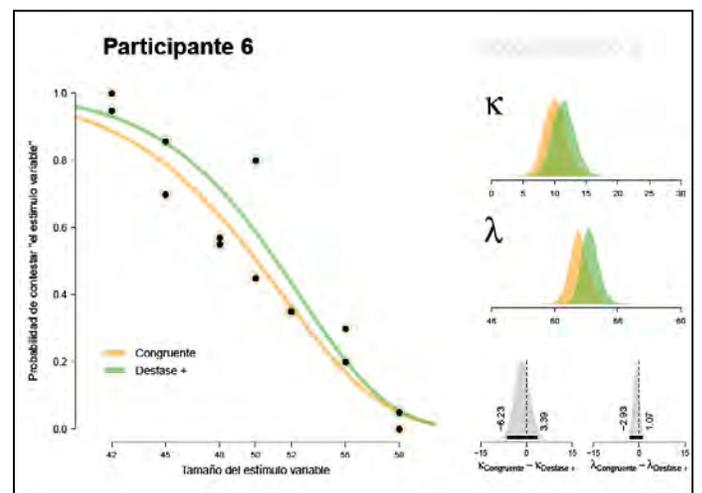
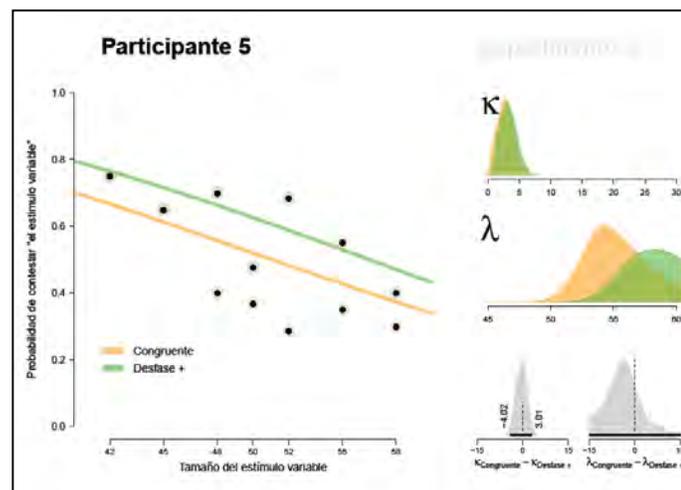
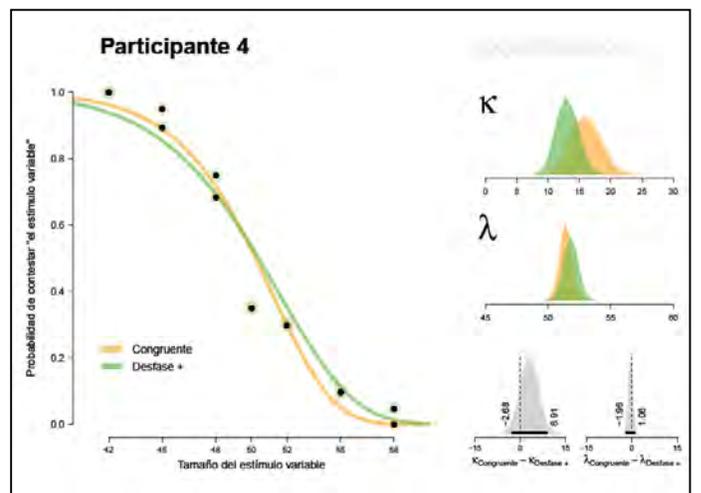
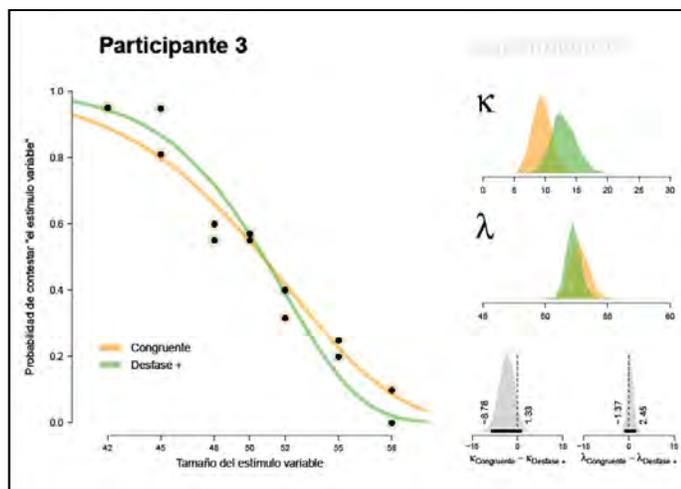
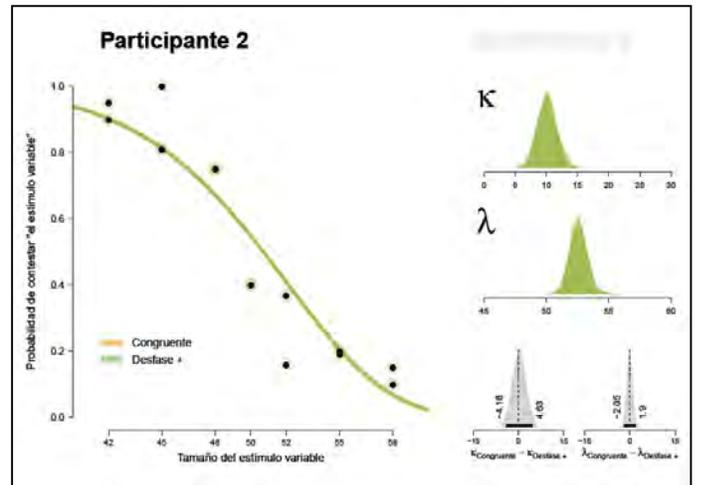
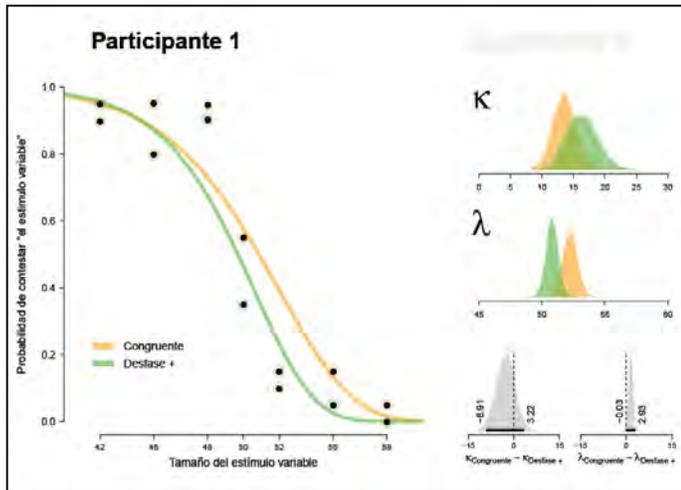
Resultados Experimento 2

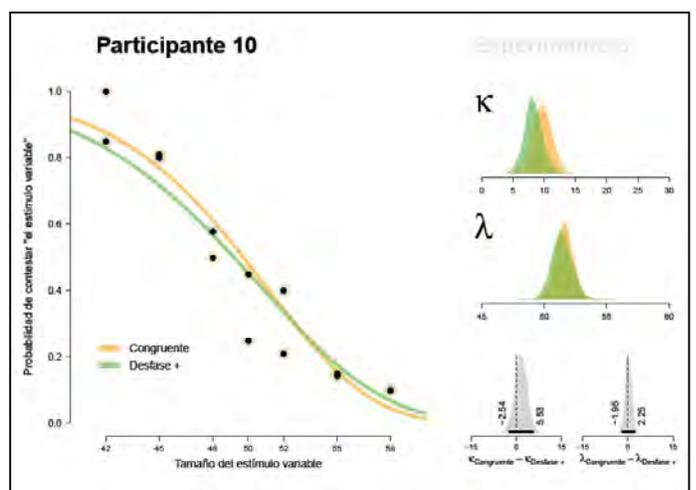
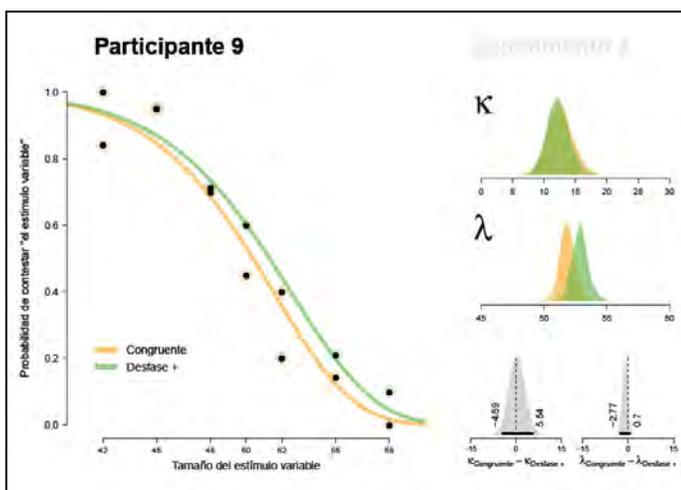
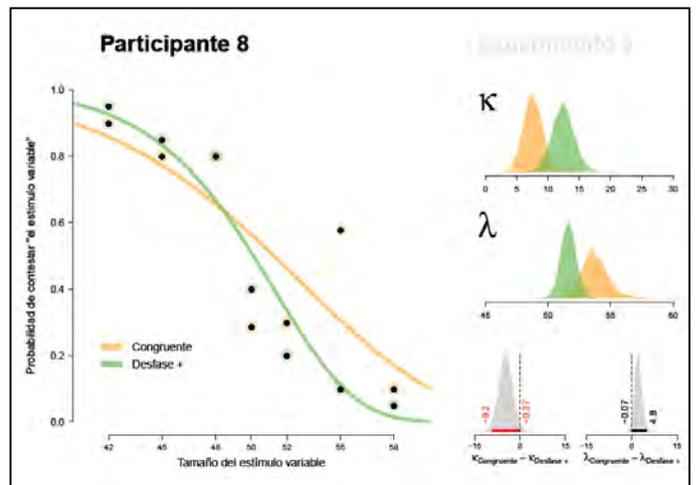
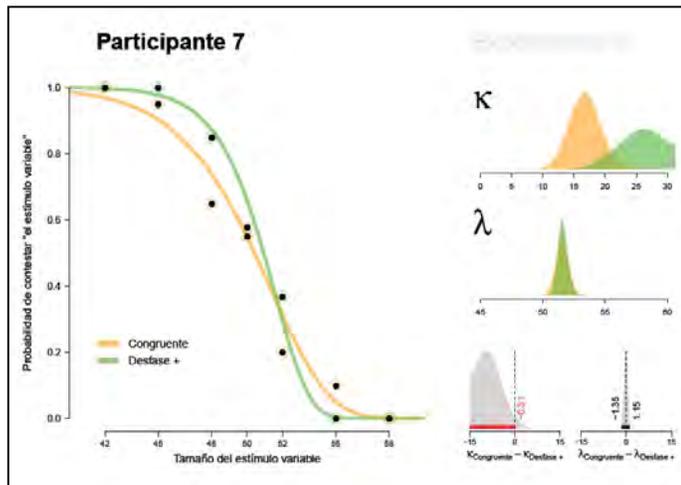


Apéndice G

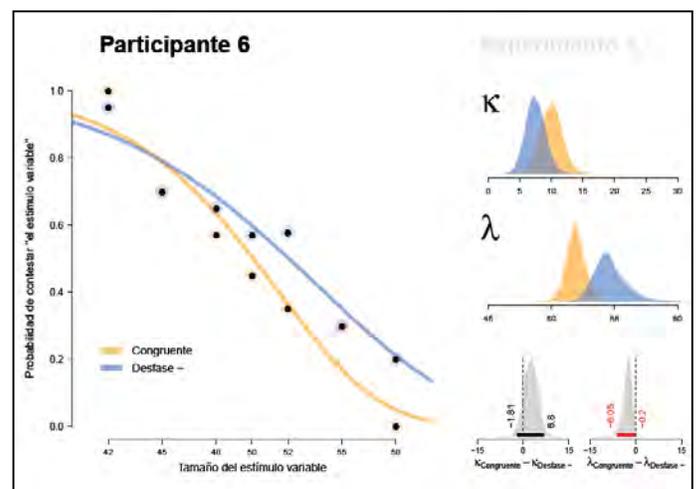
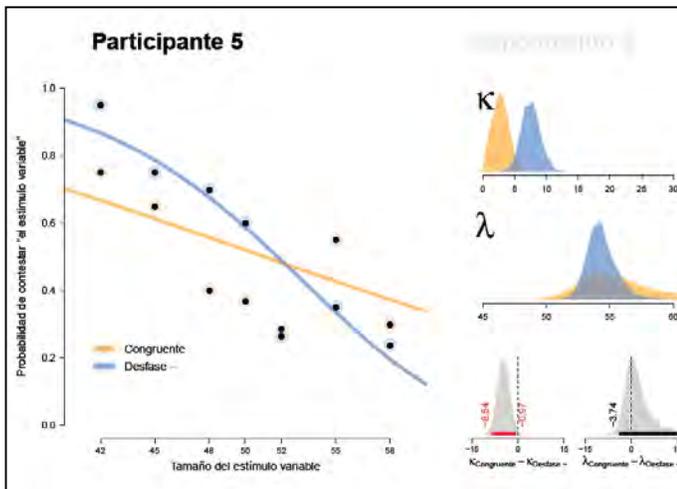
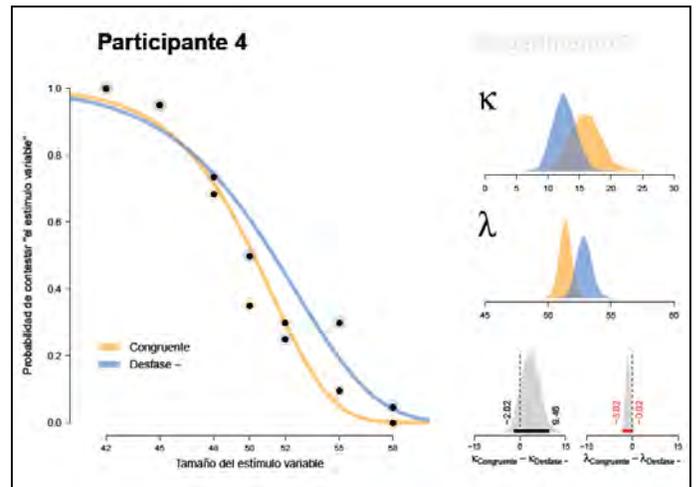
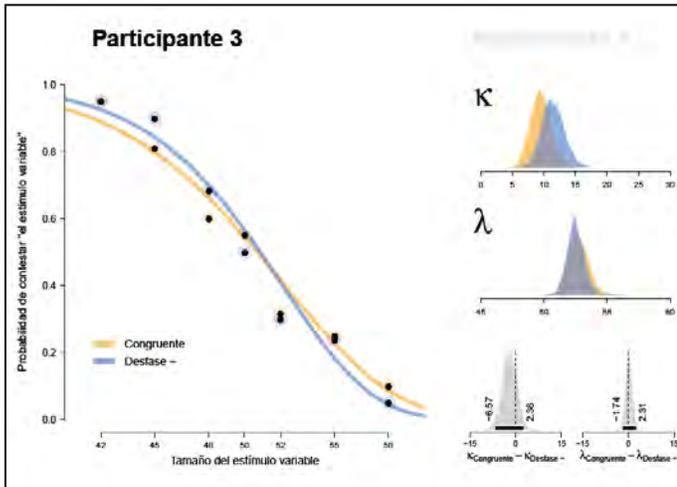
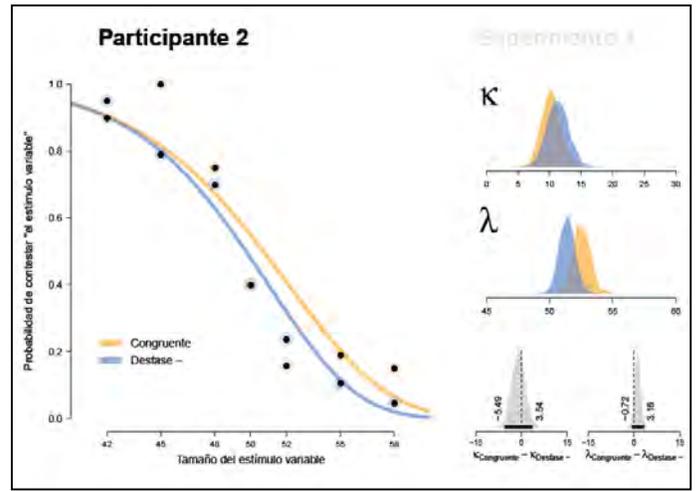
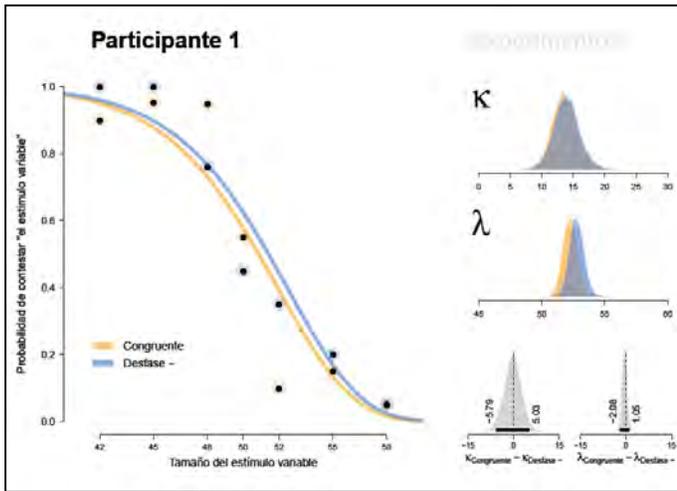
Resultados Experimento 3

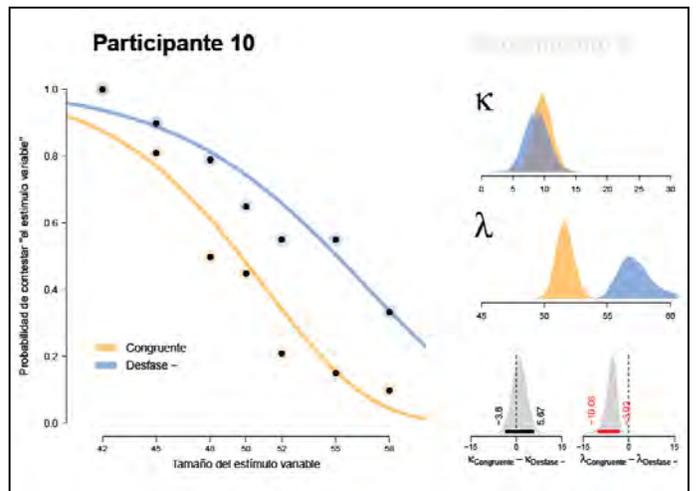
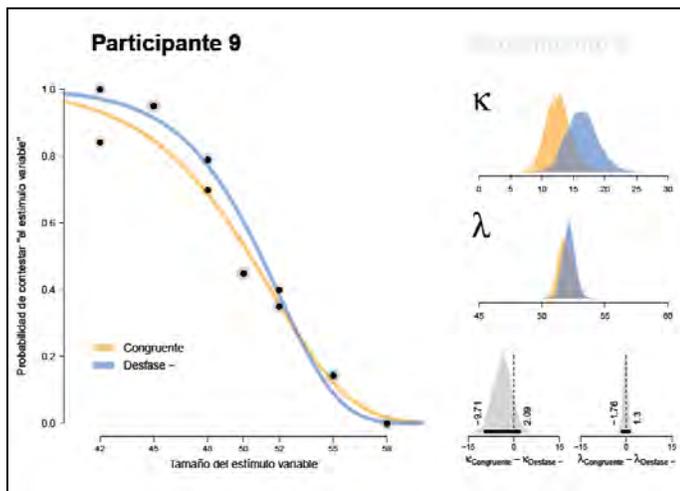
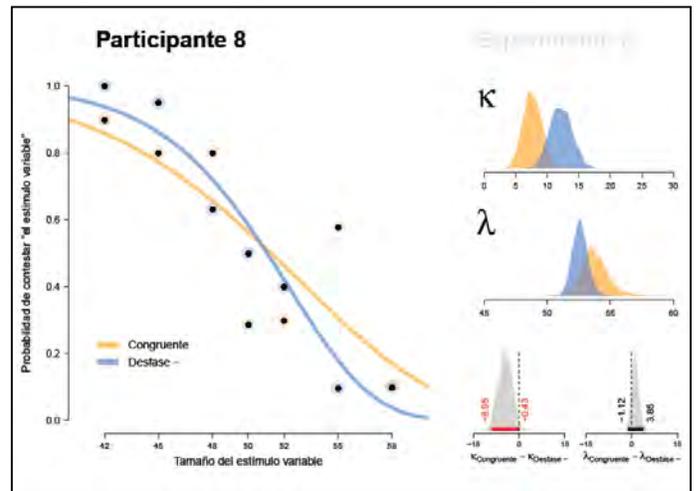
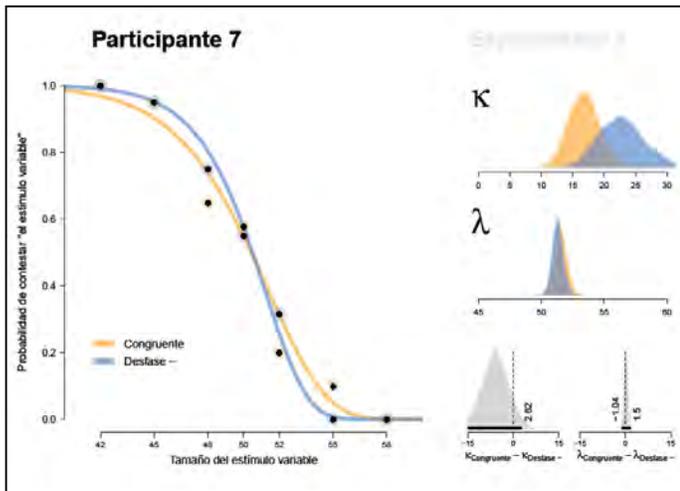
Contraste Congruente- Desfase +



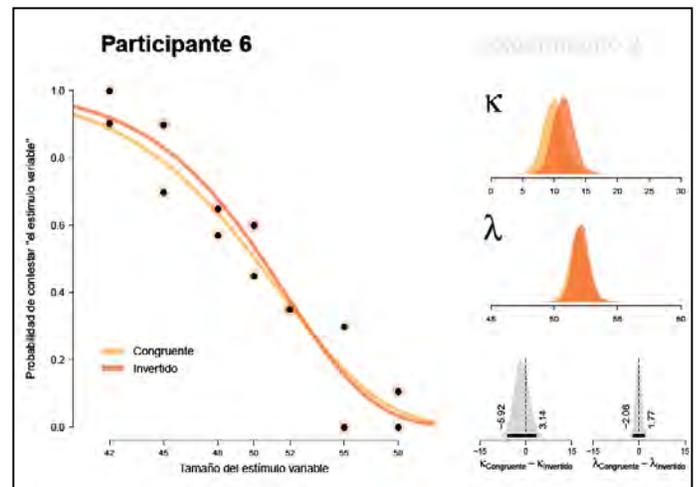
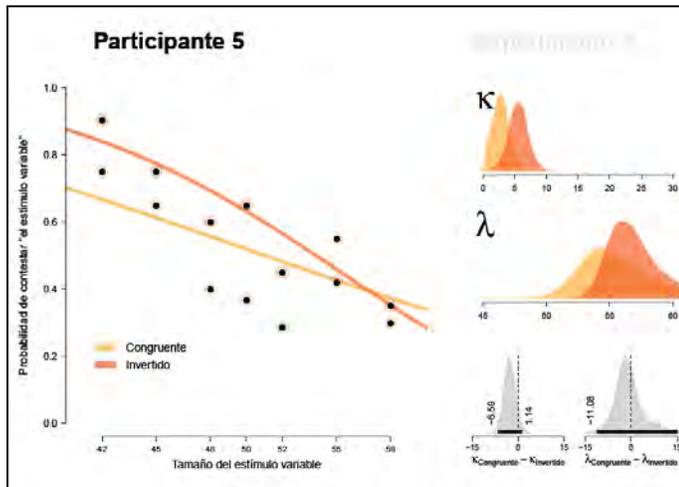
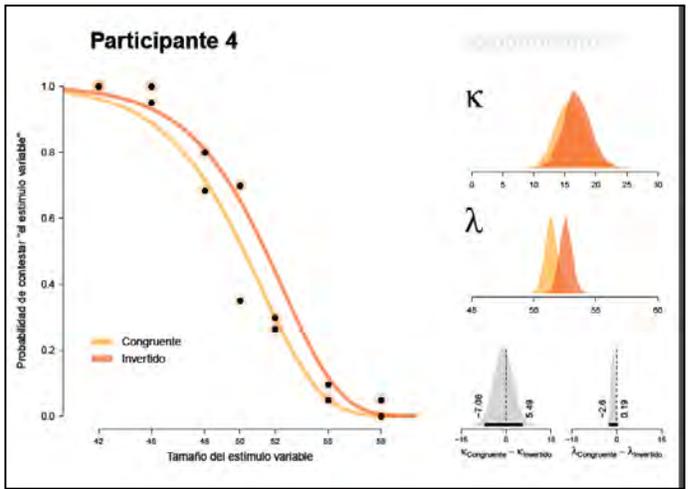
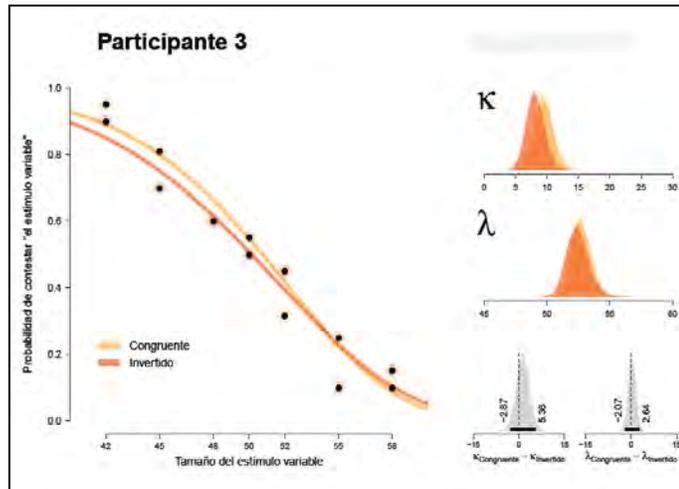
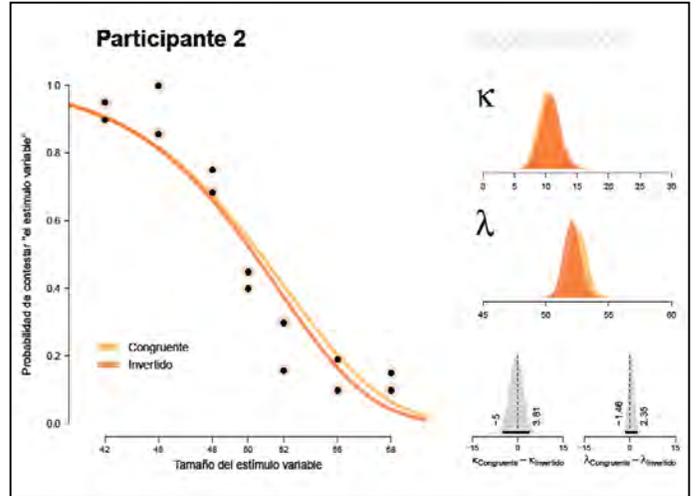
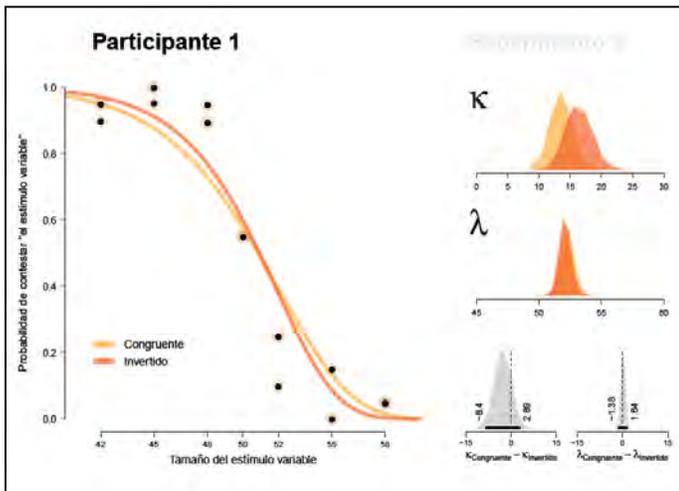


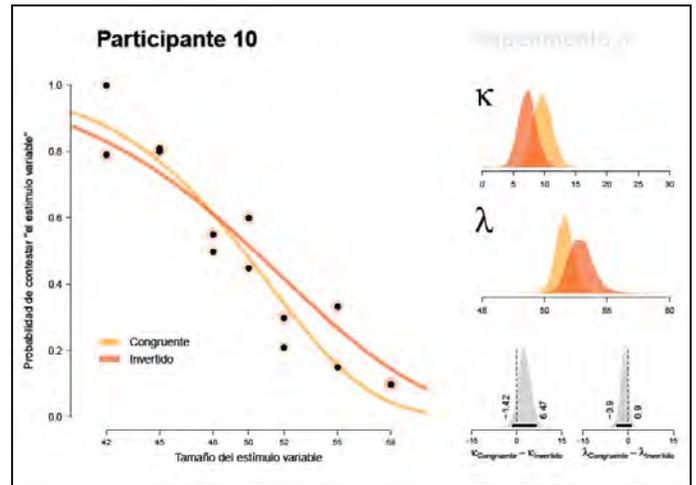
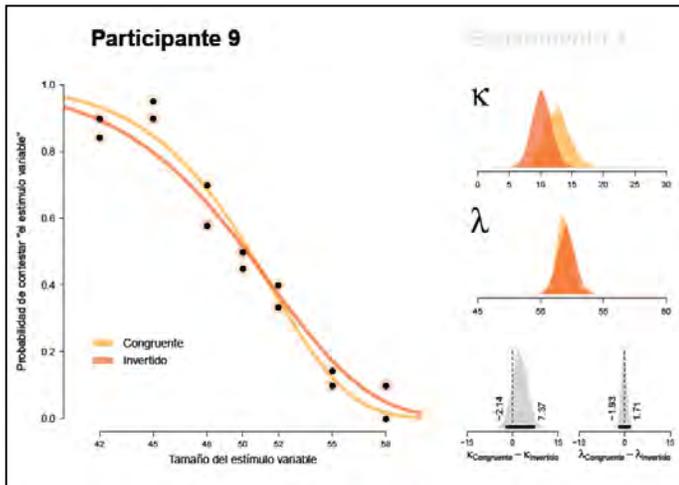
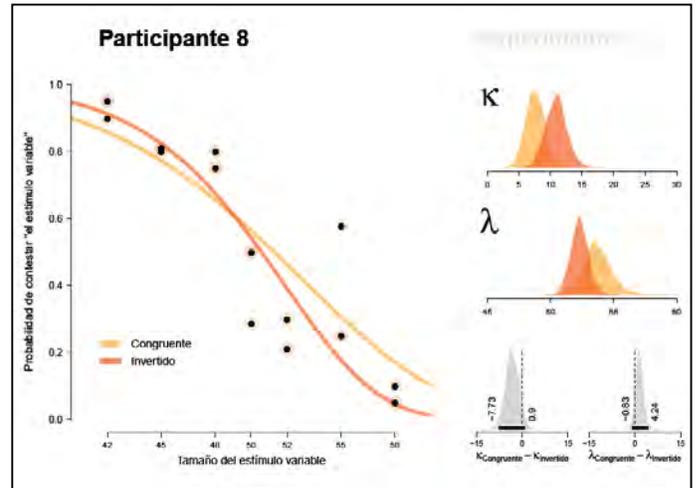
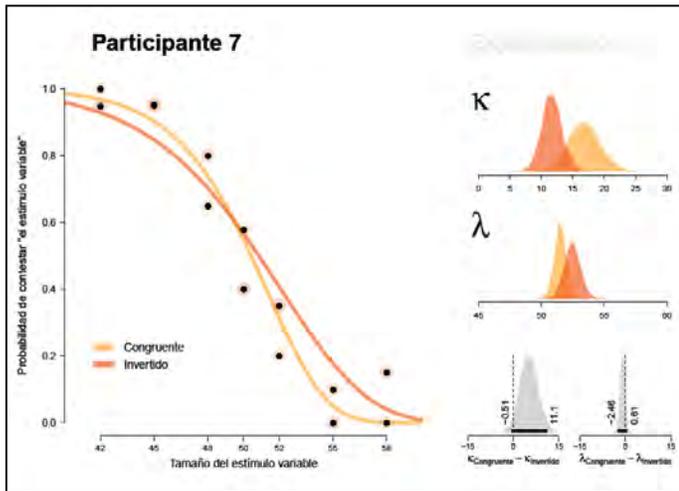
Contraste Congruente- Desfase –



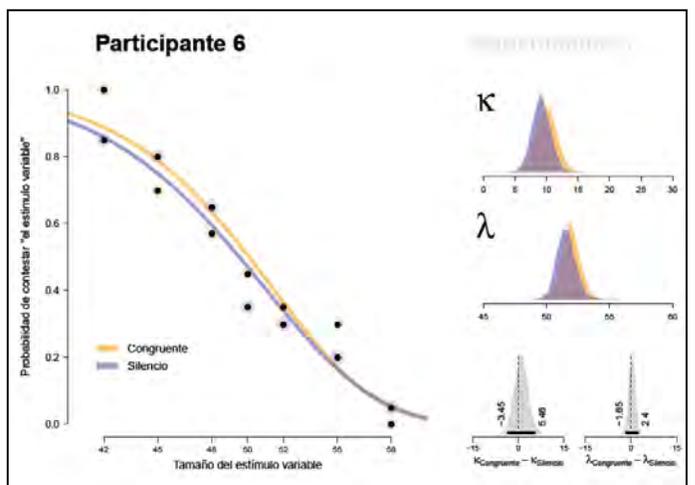
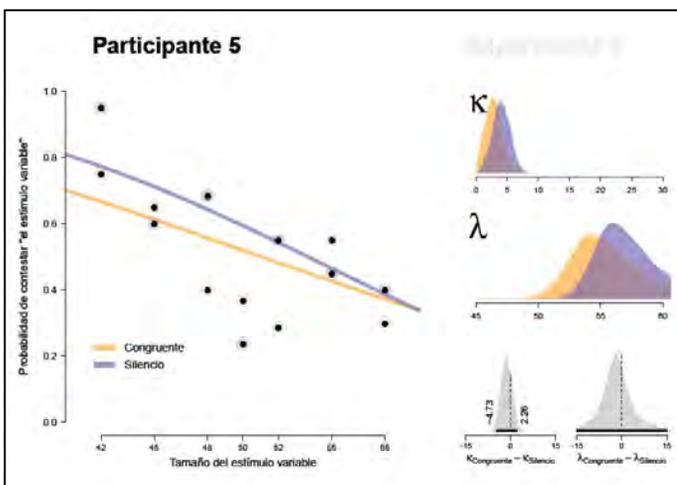
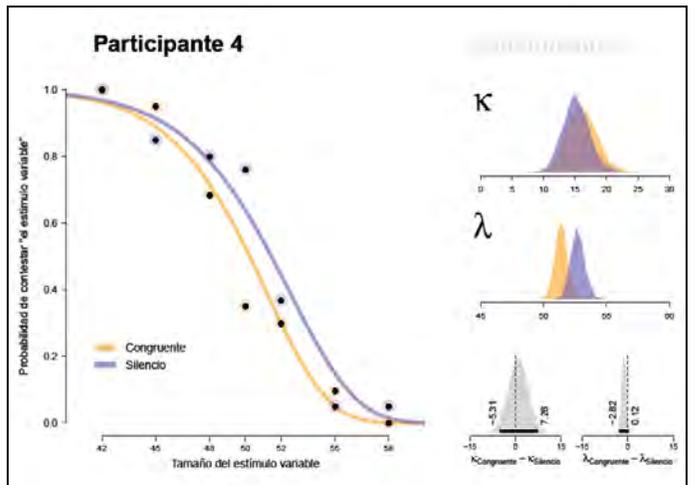
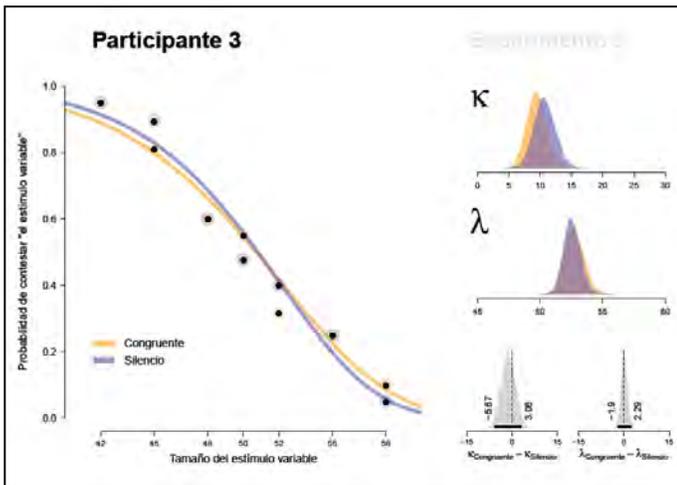
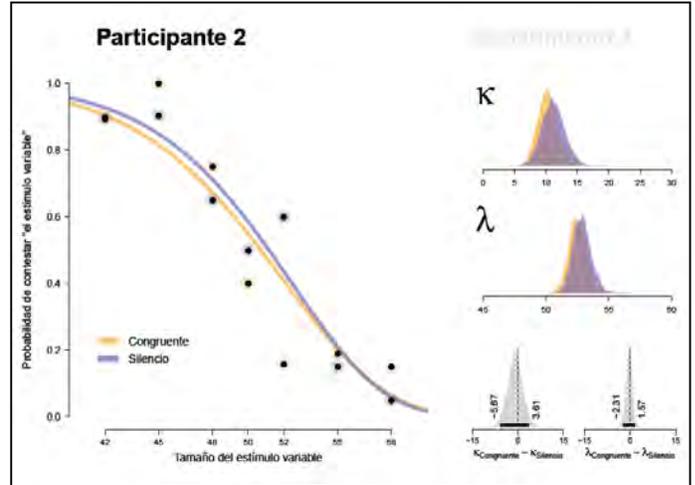
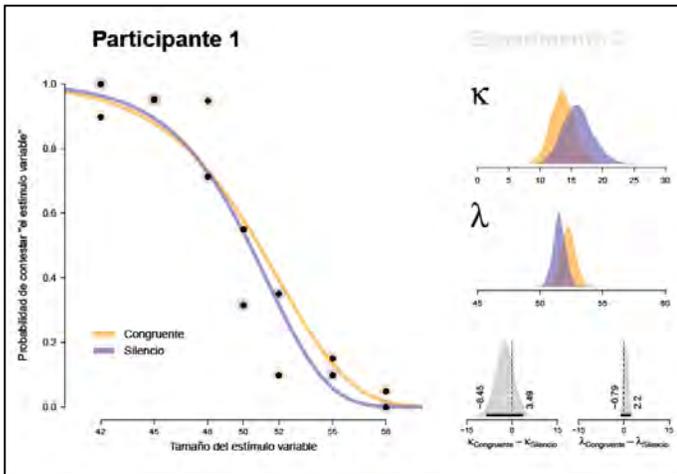


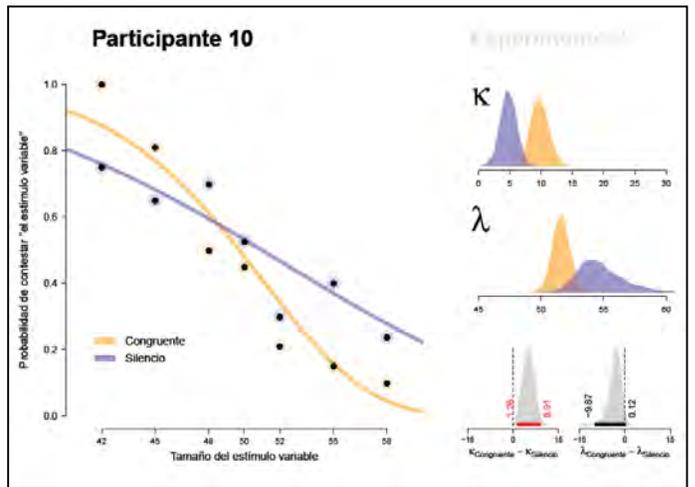
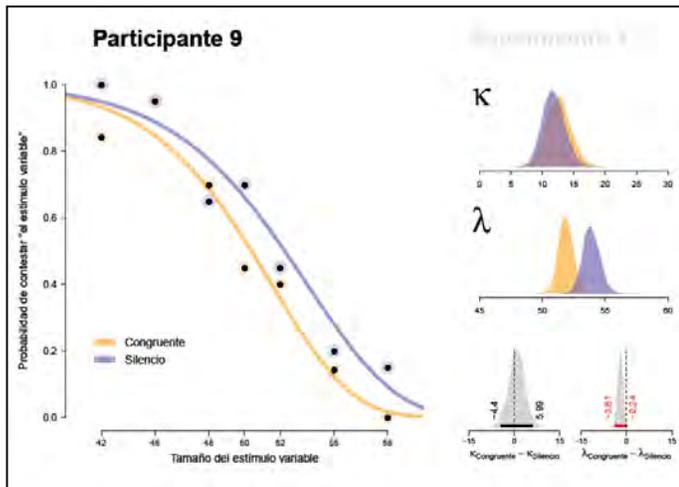
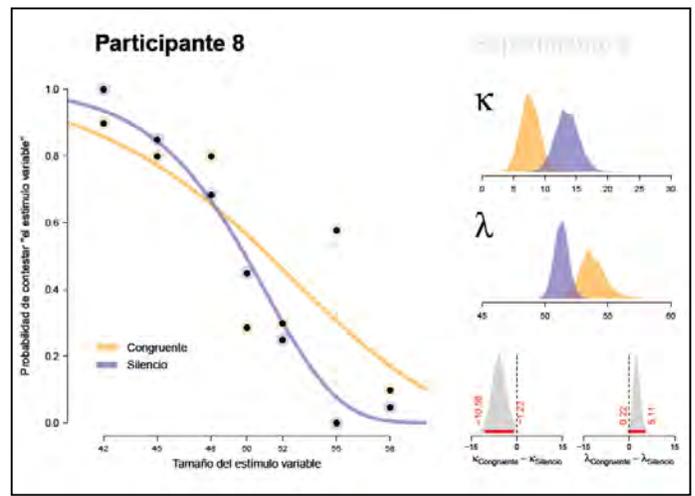
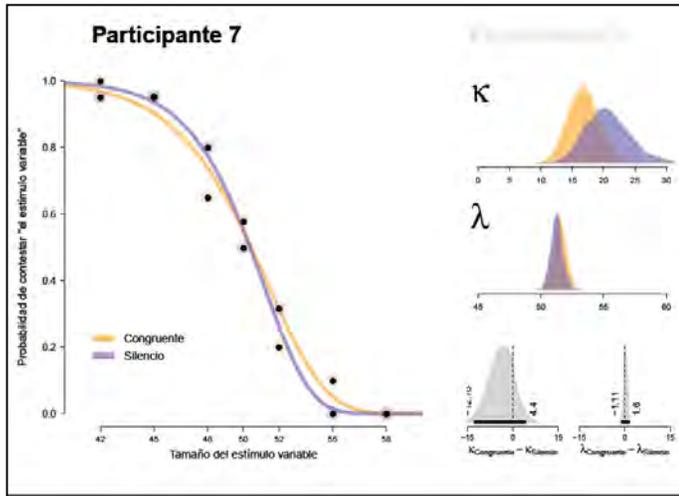
Contraste Congruente- Invertido





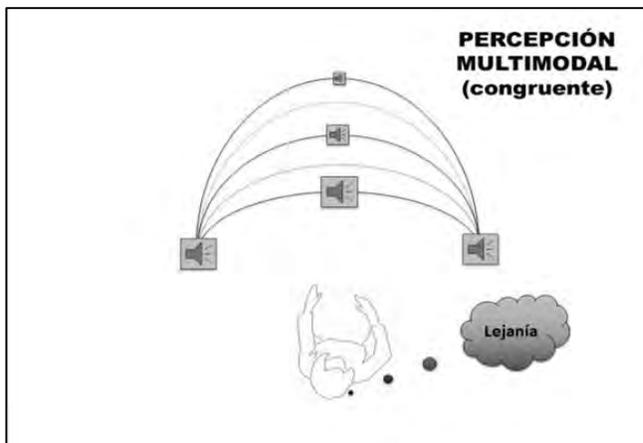
Contraste Congruente- Silencio



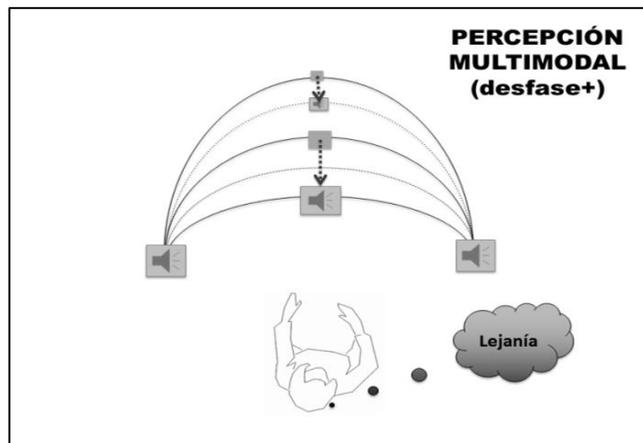


Apéndice H

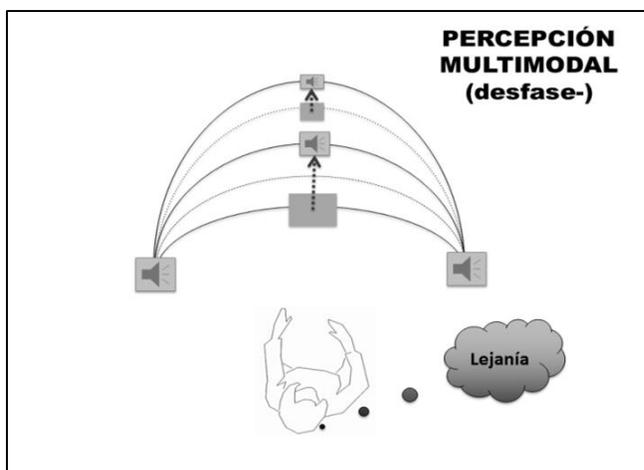
Claves Multimodales



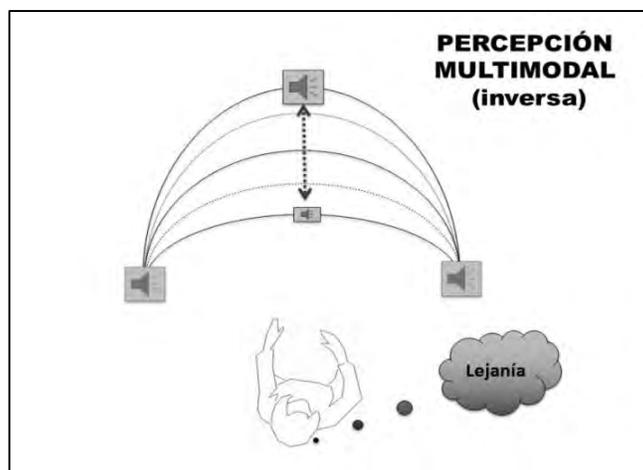
Condición E. Congruente



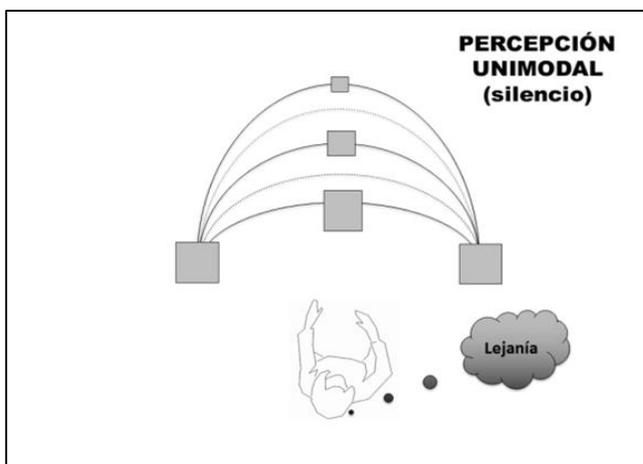
Condición E. Desfase +



Condición E. Desfase -



Condición E. Inverso



Condición E. Silencio

Apéndice I

En la siguiente tabla se muestran las equivalencias audiovisuales de la fase de calibración del experimento 3. Los valores de los estímulos auditivos fueron obtenidos promediando los resultados de los 6 participantes por estímulo, por condición.

Se utilizó la escala de intensidad de sonido, con valores desde 0 a 1 disponible en MATLAB 2010™. Los aumentos y reducciones de intensidad en la fase de calibración se hicieron en diferencias de 0.05.

Equivalencias audiovisuales por condición						
Estímulos EXP. 3	Estímulo visual (Tamaño píxeles)	Estímulo auditivo (Intensidad)				
		Congruente	Invertido	Desfase +	Desfase -	Sin sonido
Calibración	30	0.2375	0.5196	0.325	0	0
Calibración	40	0.2982	0.4607	0.3714	0	0
1	42	0.325	0.4535	0.3928	0.2375	0
2	45	0.3714	0.4089	0.3964	0.2982	0
3	48	0.3928	0.4053	0.4053	0.325	0
4	50	0.3964	0.3964	0.4089	0.3714	0
5	52	0.4053	0.3928	0.4535	0.3928	0
6	55	0.4089	0.3714	0.4607	0.3964	0
7	58	0.4535	0.325	0.5196	0.4053	0
Calibración	60	0.4607	0.2982	0	0.4089	0
Calibración	70	0.5196	0.2375	0	0.4535	0