

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

---



**“MODULACIÓN DE LA PERCEPCIÓN VISUAL BIESTABLE  
POR ESTÍMULOS AUDITIVOS EN UN AMBIENTE  
MULTISENSORIAL CON CONTROL ATENCIONAL”**

**GIULIANA BUCCI MANSILLA**

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

**DIRECTOR DE TESIS: PROF. DR. PEDRO MALDONADO ARBOGAST**

**2019**

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE POSTGRADO

INFORME DE APROBACION TESIS DE MAGISTER

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

Giuliana Bucci Mansilla

ha sido aprobada por la Comisión Informante de Tesis como requisito para optar al Grado de Magister en Neurociencias en el Examen de Defensa de Tesis rendido el día 29 de Julio de 2019.

Prof. Dr. Pedro Maldonado Arbogast  
Director de Tesis  
Universidad de Chile

COMISION INFORMANTE DE TESIS

Prof. Dr. Christ Devia

Prof. Dr. Rómulo Fuentes

Prof. Dr. José Luis Valdés

Prof. Dr. Paul Délano  
Presidente Comisión

A todos los que me han enseñado  
a amar la ciencia

## **Agradecimientos**

El desarrollo de este magister ha sido un proceso de arduo trabajo, constancia en la reflexión y contrariedad en cada paso. En estos dos años y medio he requerido aprender nuevas habilidades, tanto en lo técnico como en lo personal. Sin duda alguna, no habría podido finalizar triunfante sin la ayuda de personas que me brindaron su sabiduría, ya sea para reflexionar de los métodos y análisis del ámbito de la ciencia, como para generar en mí calma, paciencia y tolerancia a la adversidad.

Agradezco a mi tutor de tesis, el Profesor Pedro Maldonado por todos sus consejos y horas de reflexión durante este proceso. A Christ Devia, Rodrigo Vergara y Gonzalo Boncompte por todo el tiempo que se sentaron conmigo a escuchar, pensar y compartir conmigo sus ideas para la mejor realización de este trabajo. A Miguel Concha y Christian Joana, por su aporte como programadores, sin ellos esta tesis no podría haberse llevado a cabo. A mi pareja, Sergio Vicencio por días y noches de paciencia, comprensión, reflexión y amor. A todos los compañeros del laboratorio de Neurosistemas por su apoyo constante, críticas y consejos hacia mi trabajo. Por último, a mi gran amigo R. Casanovas por su gran amistad durante este último año.

## Índice

<b>1. Resumen</b> .....	6
1.1 Abstract:.....	7
<b>2. Introducción:</b> .....	8
<b>3. Hipótesis:</b> .....	12
<b>4. Objetivos:</b> .....	12
<b>5. Materiales y métodos:</b> .....	13
5.1 Experimento I:.....	13
5.1.a- sujetos: .....	13
5.1.b- Estímulo visual biestable móvil – “Structure from motion”: .....	13
5.1.c- Estímulo auditivo:.....	14
5.1.d- Procedimiento:.....	16
5.2 Experimento II: .....	19
5.2.a- sujetos: .....	19
5.2.c- Procedimiento:.....	19
<b>6. Resultados:</b> .....	20
6.1- Reversiones:.....	20
6.2- Tiempo Perceptual:.....	26
6.3- Control Tiempo Perceptual: .....	37
6.4-Resultads Experimento II, Control Sonido: .....	41
<b>7. Discusión:</b> .....	43
<b>8. Conclusiones</b> .....	48
<b>9. Referencias</b> .....	49
<b>10. Anexos</b> .....	51

## 1. Resumen

La integración de los múltiples estímulos que presenta el ambiente facilita la percepción coherente y moldea nuestro comportamiento. Entender como las características de los estímulos tienen un efecto en la integración sensorial es importante para la comprensión de esta misma. Más aun, se sabe que la presencia de un estímulo en una modalidad sensorial puede afectar la percepción de otro estímulo en una modalidad sensorial diferente, especialmente cuando el segundo estímulo es ambiguo y por lo tanto difícil de percibir. Sin embargo, aún no es claro que características debe presentar un estímulo con el objetivo de permitir la desambiguación de otro estímulo en una modalidad diferente y generar un percepto que es coherente con el ambiente, especialmente cuando el estímulo presenta movimiento. En este trabajo se estudió como la dirección de movimiento de un estímulo en una modalidad sensorial puede influir en la percepción de movimiento de otro estímulo en otra modalidad sensorial. Para esto se estudió si la dirección de un estímulo auditivo era capaz de generar un cambio en la percepción visual de las personas al observar un estímulo biestable, controlando los cambios de arousal y/o de atención de los estímulos que pudiesen generar un cambio en la percepción visual. Los resultados encontrados en este trabajo muestran que, bajo este paradigma experimental, la dirección del sonido no afecta el cambio perceptual de los sujetos, pero la dirección del sonido si afecta de forma significativa el tiempo en que los sujetos se mantienen en el percepto derecha, sin embargo, esto no ocurre de igual forma en el tiempo del percepto izquierda. Los resultados encontrados llevan a discutir el diseño experimental planteado y soportan una nueva hipótesis donde se plantea que es necesario un mínimo nivel de atención para que ocurra una integración audiovisual.

## 1.1 Abstract:

The integration of the multiple stimuli presented by the environment facilitates coherent perception and shapes our behavior. Understanding how the characteristics of stimuli influence sensory integration is important to understanding this phenomenon. Evidence has shown how one stimulus in one sensory modality can influence the perception of another stimulus in a different modality, especially when the latter stimulus is ambiguous and therefore difficult to perceive. However, it is not yet clear what characteristics a stimulus must present in order to allow the disambiguation in a different sensory modality and generate a perception that is coherent with the environment, especially in stimuli that present movement. We set out to investigate how the direction of a stimulus in one sensory modality could influence the perception of the direction of another one in a different sensory modality. For this, we observed whether the direction of a sound was able to generate a change in the visual perception of people. The subjects had to sit 70 centimeters from a screen in a totally dark room. On the screen, a bistable visual stimulus was presented with "structure from motion" movement. This bistable stimulus can be perceived in two possible ways: rotating to the right or to the left. Subjects had to respond each time they perceived a change in the direction of the stimulus. Simultaneously, the subjects heard a directional white noise (that could have a right or left direction). The direction of the sound was presented randomly. Changes in the level of arousal and attention evoked by auditory stimuli were controlled so that they could not explain the results. To date, 14 subjects have been recorded, 6 men and 8 women, with an average age of 27.57 years. We evaluated the effect of the direction of sound on the visual perception reported by the subjects. So far, no significant differences were observed between coherent audiovisual and incoherent audiovisual events. These results show that in the absence of significant changes in arousal, the direction of the sound does not affect the perceptual change of the subjects. This finding supports the hypothesis that a minimum level of attention is required for audiovisual sensory integration to occur.

## 2. Introducción:

El ser humano se desarrolla en un mundo complejo, está inmerso en un ambiente que lo inunda con múltiples señales sensoriales (como las ondas sonoras que producen las olas del mar, o los fotones de luz que impactan en la retina, permitiendo formar la imagen del mar). Así nuestras experiencias son completas gracias a que estas señales son procesadas e integradas por nuestro cerebro generando un percepto único y coherente. De esta manera, cuando estamos en el mar, no lo entendemos como un conjunto de características individuales (azul, fresco, ruido, movimiento), sino que, al estar en presencia de estas características, las unificamos en el percepto de mar. En pocas palabras, “Para formar un percepto coherente y estable en un ambiente natural, el cerebro necesita integrar inputs desde más de una modalidad sensorial” (Zhao, Wang, Xu, Feng, & Feng, 2018). Una vez que existe el percepto en nuestra memoria, con solo verlo, olerlo, sentir el tacto del agua o escuchar el romper de las olas, podemos rápidamente reconocer el percepto “mar” y guiar nuestro comportamiento (Pressnitzer & Hupé, 2006).

¿Cómo los estímulos provenientes de distintas modalidades sensoriales interactúan en nuestro cerebro para formar un percepto coherente?

Múltiples estudios han mostrado que la integración de dos o más estímulos facilita la percepción coherente (W. Feng, Stormer, Martinez, McDonald, & Hillyard, 2014; Wenfeng Feng, Störmer, Martinez, McDonald, & Hillyard, 2017; Pennartz, 2009; Zhao et al., 2018). Más específicamente, hay evidencia de como la integración de dos estímulos de diferentes modalidades sensoriales facilita la percepción visual. Los estudios de W. Feng y colaboradores mostraron que señales auditivas pueden generar saliencia hacia un estímulo visual y mejorar el procesamiento perceptual de dicho estímulo, así también se observó la aparición de potenciales evocados en la corteza visual extraestriada relacionados a la aparición del estímulo auditivo (W. Feng et al., 2014; Wenfeng Feng et al., 2017).

Así este grupo de investigadores ha mostrado que la percepción sobre una modalidad sensorial puede ser modificada por la ocurrencia de otro estímulo proveniente de otra modalidad sensorial.

Múltiples investigaciones han mostrado evidencia de cómo cambia la percepción visual variando la presentación del estímulo auditivo. Es decir, la percepción visual está sujeta a factores contextuales de los estímulos ambientales (Baker & Graf, 2010; Kayser, Philiastides, & Kayser, 2017; Matusz, Retsa, & Murray, 2016; Wittekindt, Kaiser, & Abel, 2014). Por ejemplo, la influencia moduladora del estímulo auditivo sobre la percepción visual depende de la cercanía temporal de los estímulos. Cuando los estímulos visual y auditivo coinciden en el tiempo en una ventana no mayor a 120 ms, estos estímulos pueden percibirse simultáneos. Algo similar ocurre con la coincidencia espacial, mientras más cerca estén los estímulos en el espacio, pueden percibirse como si provinieran de una misma fuente (Pennartz, 2009).

Al parecer, la integración multisensorial permite crear una experiencia unificada y consistente gracias a que estaría resolviendo la ambigüedad que se genera con un solo input sensorial (Pennartz, 2009; Plass, Guzman-Martinez, Ortega, Suzuki, & Grabowecky, 2017). Un buen ejemplo de esto es el efecto McGurk, este es un fenómeno de interacción entre la percepción visual y la auditiva. Ocurre cuando un sonido es pareado con el componente visual de la articulación de otro sonido diferente, generando una ilusión, donde el sujeto reporta escuchar el sonido que es coherente con el estímulo visual (Burr, Banks, & Morrone, 2009). Este es un ejemplo claro donde la integración de dos sistemas (visual y auditivo) permite eliminar la ambigüedad de los inputs provenientes de múltiples fuentes, facilitando la percepción coherente (Pennartz, 2009). Dicho de otra forma, la integración adecuada de dos sistemas que provienen de distintos sentidos, estarían desambiguando la información sensorial generada por los estímulos por separado.

La pregunta que se eleva es, ¿Cómo podemos estudiar la desambiguación en la percepción visual por estímulos externos, sin cambiar el estímulo visual propiamente tal?

Por varias décadas en los estudios de percepción visual se han utilizado estímulos biestables, estos se han transformado en una herramienta poderosa para investigar la organización perceptual visual. Estas imágenes ambiguas consisten en un

estímulo visual único e invariable, donde la información visual es compatible con diferentes interpretaciones perceptuales (Kornmeier, Hein, & Bach, 2009). Al observar estos estímulos la percepción se va alternando en el tiempo de forma espontánea, pasando de un percepto a otro, mostrando que la percepción visual puede cambiar en ausencia de cambios en el ambiente (Baker et al., 2015).

Baker y colaboradores proponen un modelo de facilitación hacia uno de los dos perceptos visuales posibles utilizando estímulos visuales biestables móviles. En sus estudios, concluyen que la modulación de la percepción visual se puede dar tanto por propiedades intrínsecas del estímulo visual, como la luminancia o el color, así como también por factores visuales extrínsecos (o ambientales) que no pertenecen al estímulo visual target (Baker & Graf, 2010). De forma novedosa, Becker muestra que existe una facilitación hacia uno de los dos perceptos en figuras biestables, dado por un factor contextual.

Por otro lado, W. Feng y colaboradores mostraron la desambiguación de estímulos visuales biestables por un estímulo auditivo (Zhao et al., 2018). Estos investigadores utilizaron el estímulo biestable “Streaming / Bouncing Bistable Motion” (Sekuler, Sekuler, & Lau, 1997), en el cual dos esferas equidistantes se acercan una hacia la otra. En el momento en que las esferas coinciden, el estímulo puede ser percibido como si las esferas simplemente se cruzaran, o bien, las esferas pueden ser percibidas chocando y rebotando. La presentación de un estímulo auditivo en el momento del impacto de las esferas aumenta la probabilidad de percibir el efecto de rebote de las esferas, por sobre el percepto de las esferas que se cruzan. Concluyendo que la presentación de un estímulo auditivo puede afectar la percepción visual.

Sin embargo, este experimento abre un debate. El efecto en la percepción visual puede estar dado por un aumento del “arousal”, dada la aparición repentina del estímulo auditivo, generando un cambio atencional en los sujetos. (Wittekindt et al., 2014). De hecho, Choi y colaboradores presentan una propuesta interesante: El aumento del arousal de un estímulo recluta una mayor atención, de esta forma, cuando una modalidad sensorial es más saliente que otras, domina sobre ellas,

disminuyendo el efecto de la integración multisensorial y sesgando la percepción hacia el estímulo que presenta mayor arousal (Choi, Lee, & Lee, 2018).

El debate acerca de cómo se genera la integración multisensorial y logra la desambiguación de estímulos biestables, en escenas naturales sigue abierta en la actualidad(Choi et al., 2018). Más aun, la evaluación de los factores contextuales en la modulación perceptual ha sido pobremente entendida y en laboratorios experimentales, históricamente la aparición de los estímulos presenta el problema de tener un comienzo repentino y por tanto impredecible para el sujeto que integra dichos estímulos. ¿Cómo se afecta la percepción por factores contextuales no repentinos o predecibles?, ¿Qué es exactamente lo que genera una facilitación hacia un percepto cuando se observa una figura biestable?, ¿Es solo la sumatoria de estímulos que coinciden en el tiempo, o es el aumento del arousal que implica un cambio en la percepción, o la integración sensorial y por tanto el cambio perceptual pudiese ocurrir independiente de estos factores mencionados?

Este trabajo propone crear un modelo de integración multisensorial coherente, utilizando un experimento novedoso con dos estímulos provenientes de diferentes modalidades sensoriales que se presentan simultanea y continuamente durante el experimento, donde el cambio en los factores contextuales no genere un cambio en el estado de alerta en los sujetos. Para ello, los sujetos observaran un estímulo visual biestable que no ha sido utilizado en este campo de estudio, mientras escuchan un ruido blanco. Ambos estímulos serán presentados durante todo el trial, esperando que esto pueda generar un estado de alerta estable a lo largo de un trial. Este trabajo pretende ampliar el conocimiento previo acerca de los factores ambientales que influyen en la integración multisensorial y explicar de mejor manera qué factores ambientales son los que influyen en la percepción visual.

### **3. Hipótesis:**

Las características específicas de un estímulo de una modalidad sensorial facilitan la percepción de esas mismas características en otra modalidad sensorial.

#### **Corolario:**

La dirección de movimiento del estímulo auditivo genera una facilitación sobre la percepción visual de un estímulo biestable móvil, hacia la dirección de movimiento que genera un percepto unificado.

### **4. Objetivos:**

#### Objetivo General:

Estudiar el cambio en el comportamiento de la percepción visual al observar un estímulo biestable móvil en un ambiente multisensorial.

#### Objetivos específicos:

- 1- Montar el diseño experimental, con la presentación de dos estímulos de diferente modalidad sensorial.
- 2- Medir el cambio perceptual que reportan los sujetos al observar un estímulo biestable móvil, en términos de cambios perceptuales por minuto y tiempo de mantención de un percepto.
- 3- Describir el cambio perceptual que reportan los sujetos al observar un estímulo biestable móvil, mientras simultáneamente escuchan un sonido con direccionalidad.
- 4- Comparar el cambio perceptual al observar un estímulo visual biestable móvil, con un sonido sin direccionalidad y dos sonidos con direccionalidad.
- 5- Comparar el cambio en el tiempo perceptual de los sujetos al escuchar un sonido sin dirección y dos sonidos con dirección.

## **5. Materiales y métodos:**

Para probar la hipótesis se realizaron dos experimentos. En el experimento I, un grupo de sujetos observaron un estímulo biestable con movimiento acompañado de sonidos con movimiento, los sujetos debían reportar el cambio de su percepción visual. En el experimento II, un grupo diferente de sujetos debían escuchar una serie de sonidos con movimiento y reportar la dirección de movimiento del sonido, sin observar un estímulo visual con movimiento.

### 5.1 Experimento I:

#### 5.1.a- sujetos:

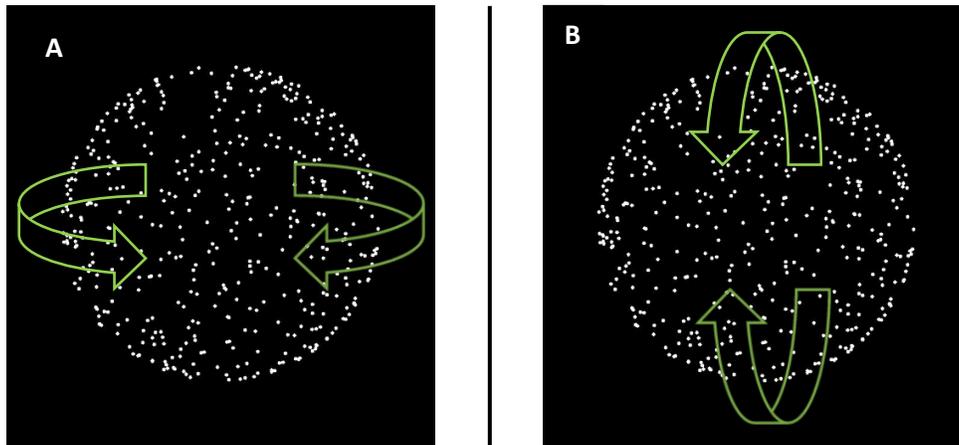
Se registraron 14 voluntarios sanos, 6 hombres y 8 mujeres, entre 19 y 34 años (promedio = 27.57 años), todos ellos firmaron el consentimiento informado. Todos declararon tener audición normal. La visión era normal o corregida, con anteojos o lentes de contacto. Todos reportaron no presentar enfermedades psiquiátricas. Dos de los sujetos eran de dominancia izquierda.

#### 5.1.b- Estímulo visual biestable móvil – “Structure from motion”:

El estímulo visual es un estímulo biestable móvil, el cual consiste en una esfera que gira. Está hecha de puntos blancos que se desplazan sobre un fondo negro. Esta esfera presenta dos posibles perceptos, la esfera puede ser percibida girando hacia la derecha, o bien, girando hacia la izquierda (ver figura 1A).

Este estímulo visual fue construido utilizando MatLab R2016a. Tiene un tamaño de 12 grados visuales, en su interior contiene 900 puntos blancos de 0.075 grados visuales ubicados de forma aleatoria siguiendo una distribución gamma, 450 de estos puntos se desplazan hacia la derecha y los otros 450 puntos se desplazan hacia la izquierda, a una velocidad de 80° por segundo. Un periodo completo tiene una duración de 4 segundos, de esta forma desde que 450 puntos comienzan en un vértice hasta llegar al vértice opuesto demoran 2 segundos. Este estímulo se mantenía en movimiento durante 1 minuto.

A modo de control, este mismo estímulo visual será rotado en 90°. De esta manera, los puntos al interior de la esfera se moverán en sentido vertical, 450 puntos se desplazarán hacia arriba y 450 puntos se desplazarán hacia abajo, generando un efecto de biestabilidad diferente, la esfera puede ser percibida como si girara hacia arriba o hacia abajo (Figura 1B).



**Figura 1:** Structure From Motion, Esfera de 12° visuales, con 900 puntos blancos en su interior, dispuestos de forma aleatoria, sobre un fondo negro. Los puntos se mueven a una velocidad de 80°/seg. En la figura 1A (izquierda), la esfera tiene dos estados perceptuales, gira hacia la derecha o gira hacia la izquierda. La figura 1B (Derecha), es una esfera control rotada en 90°, tiene dos estados perceptuales, gira hacia arriba o gira hacia abajo.

### 5.1.c- Estímulo auditivo:

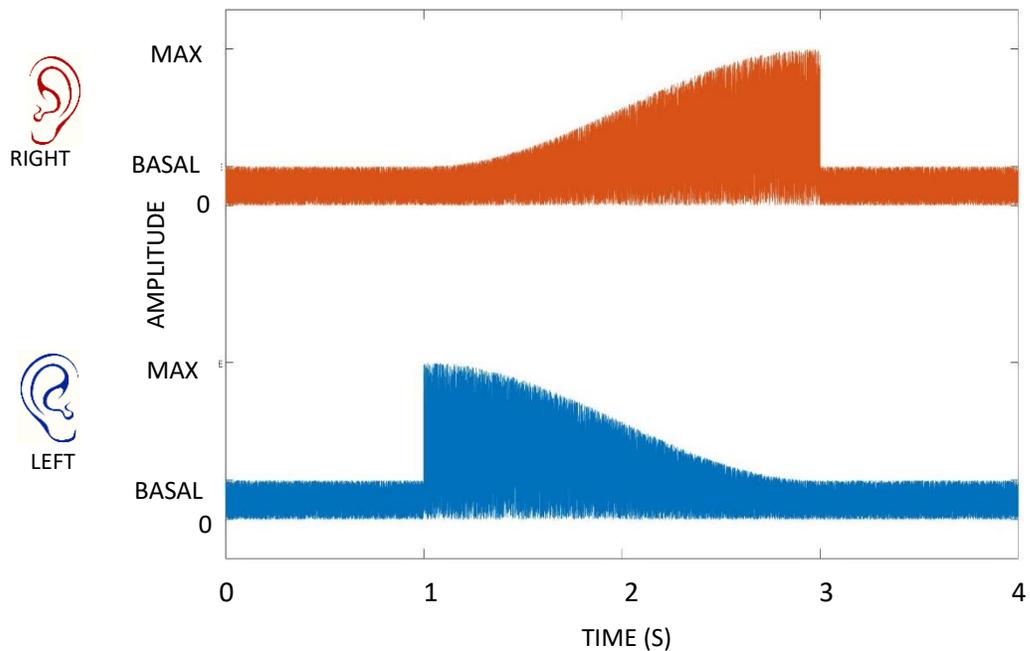
El estímulo auditivo consiste en un ruido blanco, el cual fue programado en MatLab R2016a. Este varía de amplitud de 0 a 1 para generar el efecto de movimiento. Si la amplitud disminuye en el oído izquierdo, mientras va aumentando en el oído derecho, genera el efecto de movimiento hacia la derecha, a su vez, si la amplitud va disminuyendo en oído derecho y va aumentando en el oído izquierdo, genera el movimiento de dirección hacia la izquierda. El estímulo auditivo tiene dos segundos de duración desde que comienza a disminuir su amplitud en un oído hasta que termina de aumentar su amplitud en el oído opuesto (ver figura 2A).

Además, como control, se generó un ruido blanco que aumenta de amplitud de igual manera en los dos oídos, este ruido no presenta movimiento, más bien presenta un

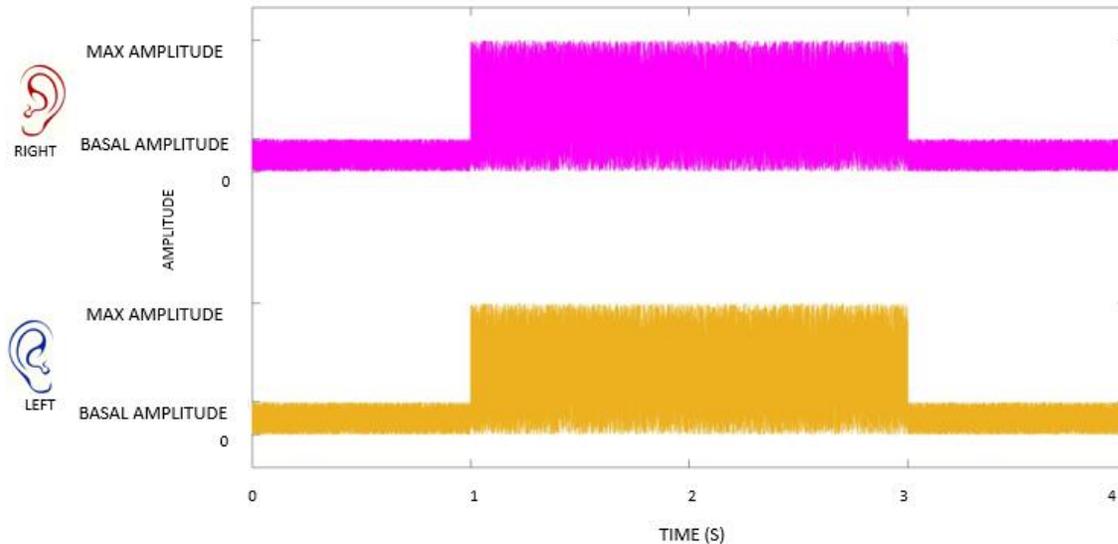
nivel de arousal similar a los sonidos direccionados a izquierda y a derecha (ver figura 2B).

De esta manera, la variación de amplitud del ruido blanco puede generar: efecto de dirección a la derecha, efecto de dirección a la izquierda o ruido neutro.

Se generaron archivos “.wav” de 1 minuto de duración los cuales presentaban 15 estímulos auditivos en periodos regulares de 4 segundos, 2 segundos de ruido blanco y dos segundos de estímulo auditivo (figura 3B).



**Figura 2A:** Estímulo auditivo con dirección. Se observa el ruido blanco basal, el cual aumenta su amplitud por un oído, mientras, la amplitud del sonido disminuye en el oído opuesto, simultáneamente. Generando la sensación de dirección. En la imagen se observa un ejemplo de sonido direccionado hacia la derecha.



**Figura 2B:** Estímulo auditivo sin dirección. Se observa el ruido blanco basal, el cual aumenta su amplitud por ambos oídos, simultáneamente.

#### 5.1.d- Procedimiento:

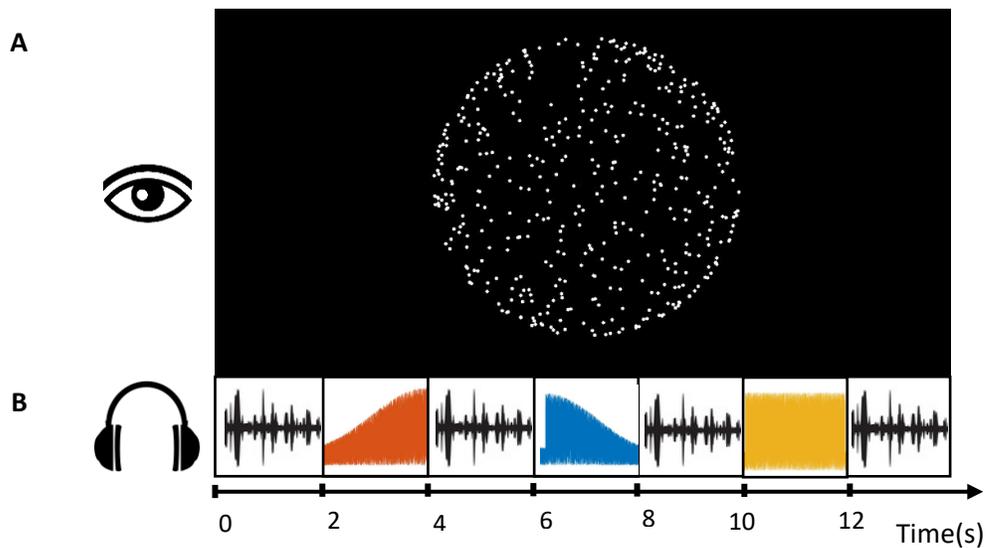
Los sujetos se sentaron frente a un monitor (Viewsonic de resolución 1080p y refresh rate de 60 Hz) a 70 centímetros de distancia, donde se presentarán los estímulos biestables. Simultáneamente los sujetos utilizaron audífonos con cancelación de sonido externo (EDIFIER H850, respuesta de frecuencia de 20Hz a 20KHz) donde se presentaron los estímulos auditivos. La tarea fue programada en Python.

Previo al inicio de la tarea, todos los sujetos realizaron un ensayo donde conocieron los estímulos visuales y auditivos de forma separada. En el estímulo visual, los sujetos debían explorar los estímulos biestables (horizontal y vertical) y percibir los dos estados para cada estímulo biestable. En el estímulo auditivo, los sujetos debían escuchar y reconocer cada uno de los tres estímulos auditivos (derecha, izquierda y neutro) de forma separada.

Durante la tarea los sujetos deben observar el estímulo biestable mientras escuchan los estímulos auditivos. Mediante un botón del teclado numérico los sujetos debían reportar cada vez que tenían un cambio en su percepción visual. De esta forma el

sujeto podía reportar tantas veces como cambios perceptuales tuviese a lo largo de un ensayo.

Cada ensayo tenía una duración de un minuto, durante el cual se presentaba el estímulo visual junto al estímulo auditivo. Los distintos estímulos auditivos fueron presentados de forma azarosa con el objetivo de que el sujeto no pudiese predecir la dirección del estímulo auditivo (ver figura 3).

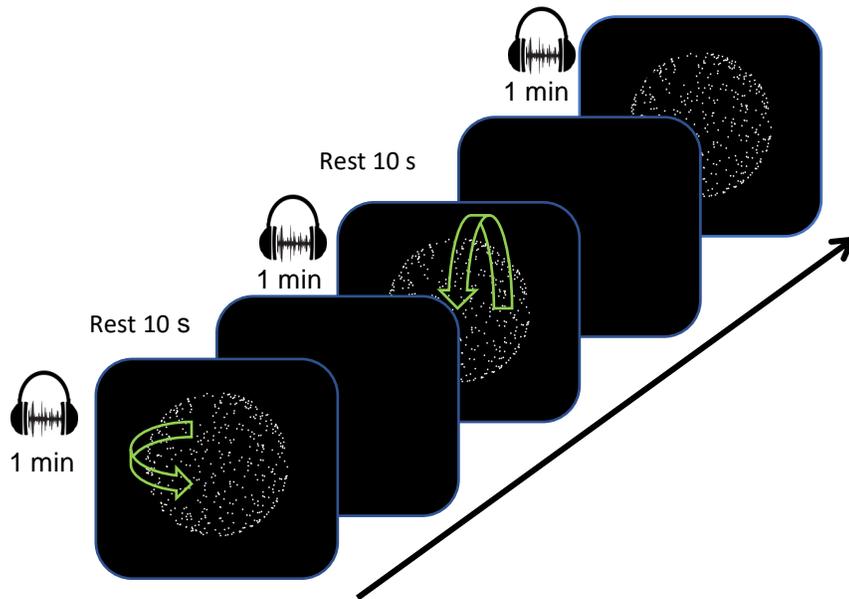


**Figura 3:** Esquema de un ensayo. En esta figura se muestran 14 segundos de un ensayo de 60 segundos de la tarea de integración multisensorial. En la parte superior (3A) se observa el estímulo visual y en la parte inferior (3B) se observan los estímulos auditivos intercalados con el ruido blanco basal. Tanto los estímulos auditivos, como el ruido blanco basal, tienen una duración de 2 segundos cada uno, presentados en intervalos regulares. Los estímulos auditivos: derecha (naranja), izquierda (azul) y neutro (amarillo), son presentados de forma azarosa.

La tarea en total tenía 24 ensayos, en 12 de ellos se presentaba el estímulo visual con los puntos que se mueven en dirección horizontal (condición horizontal) y en los otros 12 se presentaba el estímulo visual control con los puntos que se mueven en dirección vertical (condición vertical). Estas dos condiciones fueron presentadas de forma azarosa en 6 bloques de 4 ensayos (ver figura 4).

Al finalizar un ensayo de la tarea audiovisual, aparece una pantalla negra que le permite a los sujetos descansar 10 segundos antes de iniciar el ensayo siguiente. De esta forma un bloque tenía una duración fija de 4 minutos y 40 segundos. Entre

cada bloque, los sujetos tenían permitido descansar tanto tiempo como ellos consideraran necesario. Esto generó que el tiempo total de duración de la tarea fuese variable, entre 45 minutos y 1 hora.



**Figura 4:** Ejemplo de un bloque. Un bloque está compuesto por 4 ensayos. Cada ensayo dura 1 minuto seguido de 10 segundos de descanso. Las condiciones vertical y horizontal son azarosas. Al terminar el bloque el sujeto tenía permitido descansar tanto tiempo como el considerara necesario. La tarea en total tenía 6 bloques.

## 5.2 Experimento II:

### 5.2.a- sujetos:

Se registraron 12 sujetos para este experimento, 6 hombres y 6 mujeres, entre 21 y 33 años, todos ellos firmaron el consentimiento informado. Todos declararon tener audición normal. La visión era normal o corregida, con anteojos o lentes de contacto. Todos reportaron no presentar enfermedades psiquiátricas. Todos los sujetos eran de dominancia derecha. De los 12 sujetos, 4 sujetos habían participado en el experimento I, y 8 nuevos sujetos eran completamente ingenuos frente a los estímulos auditivos y participaron solo del experimento II.

### 5.2.c- Procedimiento:

Con el objetivo de controlar que los estímulos auditivos estaban siendo identificados adecuadamente se realizó un control de sonido. Se les pidió a los sujetos que reconocieran los estímulos auditivos utilizados en el experimento I (figura 2A y 2B) mientras observaban una imagen estática de una esfera.

Los sujetos utilizaron los mismos audífonos con cancelación de sonido externo (EDIFIER H850) que fueron utilizados durante el experimento I.

Cada ensayo tenía una duración de un minuto, durante el cual el ruido blanco cambiaba de amplitud cada 2 segundos (figura 3B). A los sujetos se les pedía identificar cada uno de estos cambios en el ruido blanco. Mediante el teclado numérico, ellos debían responder si identificaban el sonido con movimiento hacia derecha, hacia izquierda, (figura 2A) o si el sonido presentaba un aumento de amplitud simétrico en los dos oídos (sonido neutro, figura 2B).

La tarea en total presentaba 2 bloques de 3 ensayos. Entre cada ensayo el sujeto tenía 10 segundos que le permitían descansar antes de iniciar el ensayo siguiente. Entre cada bloque el sujeto podía descansar tanto como el considerara necesario para iniciar el siguiente bloque. La tarea en total tenía una duración aproximada entre 8 a 10 minutos.

## 6. Resultados:

### Experimento I:

#### 6.1- Reversiones:

Se busca probar si la dirección del estímulo auditivo genera un cambio en la percepción visual de un estímulo biestable móvil. Esto lleva a dos supuestos:

- 1- La ocurrencia de un sonido en la misma dirección del percepto visual que experimenta el sujeto **no debiese generar cambios** en la percepción visual del sujeto.
- 2- La ocurrencia de un sonido en la dirección opuesta a la percepción visual que experimenta el sujeto **debiese generar un cambio** en la percepción visual del sujeto, hacia la dirección del estímulo auditivo.

Ambos casos consideran que la dirección del sonido es coherente con la percepción visual del sujeto.

Por otro lado, está la opción de que el sujeto experimente una percepción visual que es incoherente con la dirección del estímulo auditivo. Esto lleva a otros dos supuestos:

- 1- La ocurrencia de un sonido en la misma dirección del percepto visual que experimenta el sujeto **genere un cambio** en la percepción visual, hacia la dirección opuesta del estímulo auditivo.
- 2- La ocurrencia de un sonido en la dirección opuesta a la percepción visual que experimenta el sujeto **no genere cambios** en la percepción visual.

Para probar si la coherencia entre el estímulo auditivo y la percepción visual ocurre con una mayor probabilidad que la incoherencia entre ambos, se ha pareado el estímulo auditivo con el percepto visual que presentaba el sujeto al momento de la aparición del estímulo auditivo. En la figura 5, se muestra el valor promedio de la ocurrencia del percepto derecha e izquierda, separado para cada sonido.

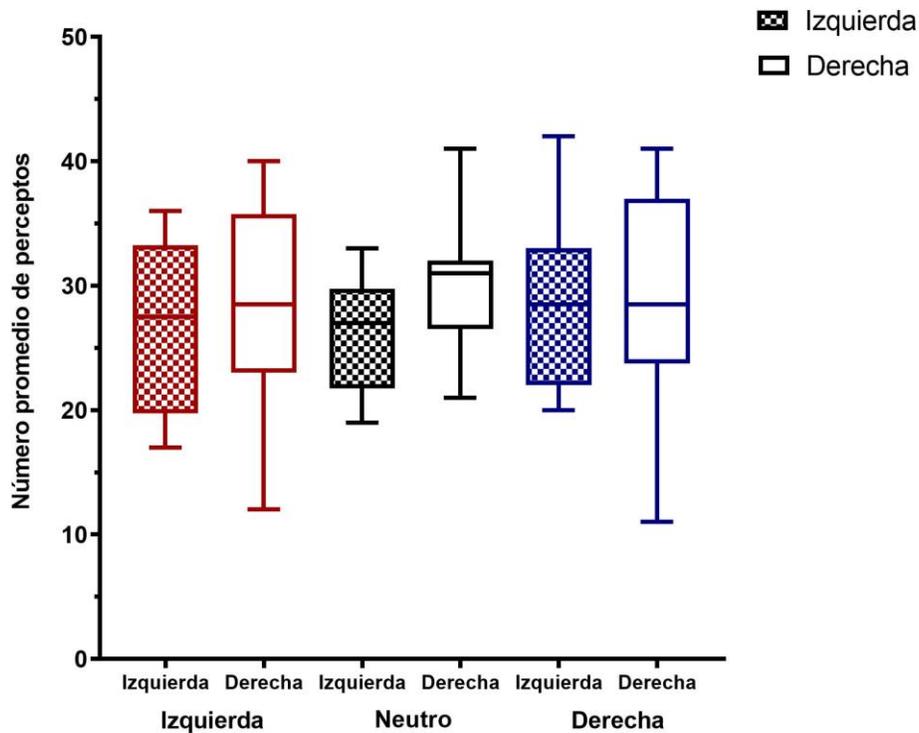
Al observar el valor promedio del percepto derecha cuando es pareado con el sonido con dirección hacia la derecha (el percepto es coherente con el sonido), el promedio de perceptos a la derecha es de 28,642, con un error estándar (sem) de 2,18;

cuando el sonido va hacia la izquierda (el percepto es incoherente con el sonido), el promedio de perceptos a la derecha es de 29,000 (sem = 2,11); y cuando el sonido no tiene dirección, el promedio de perceptos a la derecha es 30.071 (sem = 1,33). Al comparar la ocurrencia del percepto a la derecha entre los 3 grupos de sonidos con una prueba de Anova de medidas repetidas se reveló que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0,610$ ) entre los 3 grupos de sonidos (derecha, izquierda y neutro), mostrando que la dirección del sonido no genera una diferencia significativa para la percepción hacia la derecha (ver valores en tabla 1).

Al observar los promedios del percepto izquierda cuando es pareado con el sonido con dirección hacia la derecha (el percepto es incoherente con el sonido) el promedio de percepto a la izquierda es de 28,714 (sem = 1,86); cuando el sonido va hacia la izquierda (el percepto es coherente con el sonido), el promedio del percepto izquierda es de 27,000 (sem = 1,77); y cuando el sonido no tiene dirección el promedio del percepto izquierda es de 26,571 (sem = 1,20). Al comparar la ocurrencia del percepto izquierda entre los 3 grupos de sonidos con una prueba de Anova de medidas repetidas, se reveló que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de sonidos ( $p = 0,324$ ), mostrando que la dirección del sonido no genera una diferencia significativa para la percepción hacia la izquierda (ver valores en tabla 1).

Con el objetivo de observar si hay una diferencia entre los perceptos derecha e izquierda, se realizó la comparación de los promedios perceptuales de los 14 sujetos separado para cada grupo de sonido. Al comparar los perceptos derecha e izquierda, con sonido a derecha (figura 5, comparación entre las dos barras azules), la prueba t-test pareado reveló que no hay diferencias significativas ( $p=0,985$ ;  $t=0,018$   $df=13$ ) entre los dos grupos de perceptos. Así también, al comparar los perceptos derecha e izquierda con sonido a izquierda (figura 5, comparación entre las barras rojas), el t-test pareado no reveló diferencias significativas ( $p=0,597$ ;  $t=0,542$   $df=13$ ). Al realizar la comparación de perceptos con sonido neutro (figura 5, comparación entre las dos barras negras) tampoco se observaron diferencias

significativas ( $p=0,135$ ;  $t=1,592$   $df=13$ ). Estas comparaciones muestran que no hay diferencias significativas entre los reportes derecha e izquierda.



**Figura 5.** Promedios de perceptos derecha e izquierda, pareado para cada estímulo auditivo. En el eje x se muestran los estímulos auditivos (izquierda / rojo, Neutro / negro y Derecha / azul), mientras que en el eje y se muestra el promedio de los perceptos para cada condición. Las cajas representan el percentil 25-75%, la línea horizontal representa la mediana y los bigotes representan los valores extremos (mínimo y máximo). Las cajas con textura representan al percepto izquierda y las cajas transparentes al percepto derecha. La prueba de Anova mostró que no hay diferencias significativas al comparar los 3 sonidos en el percepto derecha ( $p=0,610$ ), así como tampoco al comparar los 3 sonidos en el percepto izquierda ( $p=0,324$ ).

<i>Perceptos</i>	<i>Sonidos</i>			<i>ANOVA</i>
	Izquierda	Derecha	Neutro	
<i>Izquierda</i>	27,00( $\pm 1,77$ )	28,714( $\pm 1,86$ )	26,571( $\pm 1,2$ )	$p = 0,324$
<i>Derecha</i>	29,00( $\pm 22,11$ )	28,642 ( $\pm 2,18$ )	30.071( $\pm 1,33$ )	$p = 0,610$

**Tabla 1.** Valores promedios de 14 sujetos al parear un percepto de la esfera horizontal con un sonido

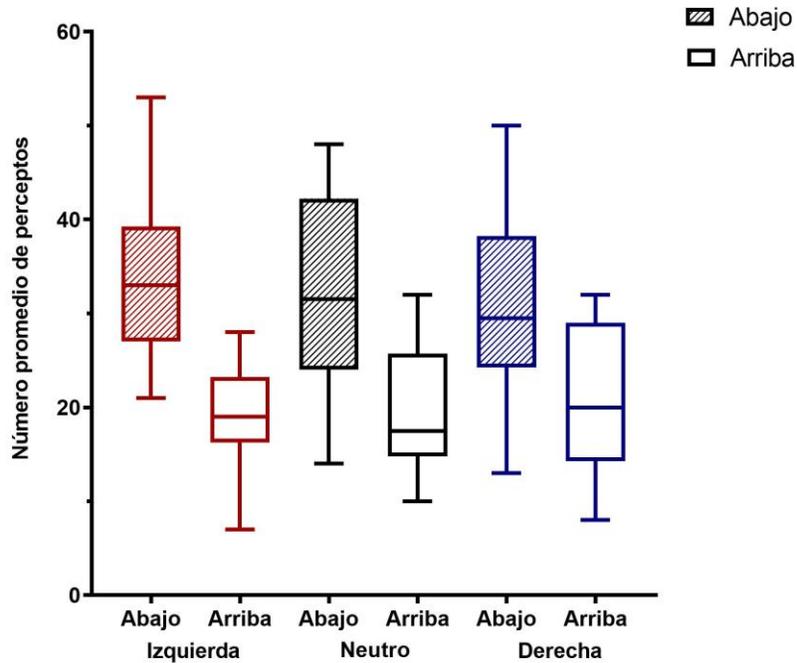
Posteriormente, se realizó una comparación equivalente en la esfera vertical (condición control), donde los tres estímulos auditivos fueron pareados con el percepto visual que presentaban los sujetos al momento de la aparición del estímulo auditivo. En la figura 6 se muestran los valores promedios de la ocurrencia del percepto arriba y abajo, separado para cada sonido.

Al observar el valor promedio del percepto abajo cuando es pareado con el sonido con dirección hacia derecha, el promedio de los perceptos hacia abajo es de 31,14 (sem = 3,67); cuando es pareado con el sonido con dirección hacia izquierda, el promedio del percepto abajo es de 33,57 (sem = 2,30); y cuando es pareado con el sonido neutro, el promedio de los perceptos abajo es de 32,50 (sem = 2,72). Al comparar la ocurrencia del percepto abajo entre los tres estímulos auditivos, la prueba de ANOVA de medidas repetidas reveló que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0,315$ ) entre los tres estímulos auditivos, mostrando que la dirección del sonido no genera un cambio durante la percepción abajo (ver valores en tabla 2).

Al observar el valor promedio del percepto arriba cuando es pareado con el sonido con dirección a derecha, el promedio de los perceptos arriba es de 20,85 (sem = 2,11), cuando es pareado con el sonido con dirección hacia izquierda, el promedio del percepto arriba es de 19,00 (sem = 1,48), y cuando es pareado con el sonido neutro, el promedio de los percepto arriba es de 19,57 (sem = 1,76). Al comparar la ocurrencia del percepto arriba entre los tres estímulos auditivos, la prueba ANOVA de medidas repetidas reveló que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0,389$ ) entre los tres estímulos auditivos, mostrando que la dirección del sonido no genera un cambio durante la percepción hacia arriba (ver valores en tabla 2).

Con el objetivo de observar si hay una diferencia entre los perceptos arriba y abajo, se realizó la comparación de los promedios perceptuales de los 14 sujetos separado para cada grupo de sonido. Al comparar los perceptos arriba y abajo, con sonido a derecha (figura 6, comparación entre las dos barras azules), la prueba t-test pareado reveló que hay diferencias significativas ( $p=0,025$ ;  $t=2,517$   $df=13$ ) entre los dos grupos de perceptos. Así también, al comparar los perceptos arriba y abajo con

sonido a izquierda (figura 6, comparación entre las barras rojas), el t-test pareado reveló diferencias significativas ( $p=0,0004$ ;  $t=4,730$   $df=13$ ). Al realizar la comparación de perceptos con sonido neutro (figura 6, comparación entre las dos barras negras) también se observaron diferencias significativas ( $p=0,003$ ;  $t=3,606$   $df=13$ ). Estas comparaciones muestran que hay diferencias significativas entre los reportes arriba y abajo.

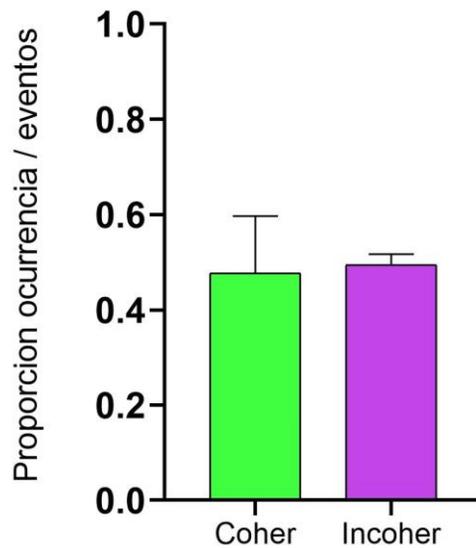


**Figura 6.** Promedios de perceptos arriba y abajo, pareado para cada estímulo auditivo. En el eje x se muestran los estímulos auditivos (izquierda / rojo, Neutro / negro y Derecha / azul), mientras que en el eje y se muestra el promedio de los perceptos para cada condición. Las cajas representan el percentil 25-75%, la línea horizontal representa la mediana y los bigotes representan los valores extremos (mínimo y máximo). Las cajas con textura representan al percepto abajo y las cajas transparentes al percepto arriba. La prueba de Anova mostró que no hay diferencias significativas al comparar los 3 sonidos en el percepto arriba ( $p=0,389$ ), así como tampoco al comparar los 3 sonidos en el percepto abajo ( $p=0,315$ ).

<i>Percepto</i>	<i>Sonidos</i>			<i>Anova</i>
	Izquierda	Derecha	Neutro	
<i>Arriba</i>	19,00(±1,48)	20,85 (±2,11)	19,57 (±1,76)	$p = 0,389$
<i>Abajo</i>	33,57 (±2,30)	31,14 (±3,67)	32,50(±2,72)	$p = 0,315$

**Tabla 2.** Valores promedios de 14 sujetos al parear un percepto de la esfera vertical con un sonido

La figura 7, compara la proporción de perceptos coherentes (los reportes a derecha con sonido a derecha más los reportes a izquierda con sonido a izquierda) con la proporción de perceptos incoherentes (los reportes a derecha con sonido a izquierda más los reportes a izquierda con sonido a derecha). El t-test muestra que no hay diferencias significativas entre los perceptos coherentes y los perceptos incoherentes ( $p=0,699$ ;  $t=0,390$   $df=27$ ).



**Figura 7**, Proporción de los estímulos coherentes dado los estímulos totales (barra verde), y la proporción de los estímulos incoherentes dado los estímulos totales (barra morada). No se observan diferencias significativas al comparar coherentes con incoherentes ( $p = 0,699$ ).

Con respecto al reporte que realizan los sujetos cada vez que ocurre un cambio en la percepción visual, se puede concluir que la dirección del sonido no afecta el cambio perceptual de los sujetos, y el sonido direccionado hacia la derecha o hacia la izquierda no genera un cambio perceptual diferente del sonido no direccionado o neutro.

## 6.2- Tiempo Perceptual:

Otra forma de examinar si el sonido genera un cambio en la percepción visual de los sujetos, es midiendo el tiempo que dura el percepto visual y relacionarlo con el tiempo de los estímulos auditivos involucrados durante dicho percepto. Para esto, se observó cual era el tiempo total que presentaban los distintos estímulos auditivos dentro de un mismo percepto. Se espera que, mientras más estímulos auditivos ocurran en una misma dirección, se generará un sesgo en la percepción visual del sujeto hacia la dirección del estímulo auditivo. Dicho de otra forma, a mayor cantidad de estímulos auditivos en una misma dirección, mayor sería el tiempo perceptual en esa misma dirección.

En la figura 8, se observa como varía el promedio del tiempo perceptual a derecha a medida que se van sumando estímulos auditivos a derecha (color azul), estímulos auditivos a izquierda (color rojo) y estímulos auditivos neutros (color negro). Cabe recordar que cada estímulo auditivo tiene una duración de 2 segundos. En la figura 8, el eje x muestra un máximo de 6 segundos, lo que corresponde a 3 estímulos auditivos en una misma dirección.

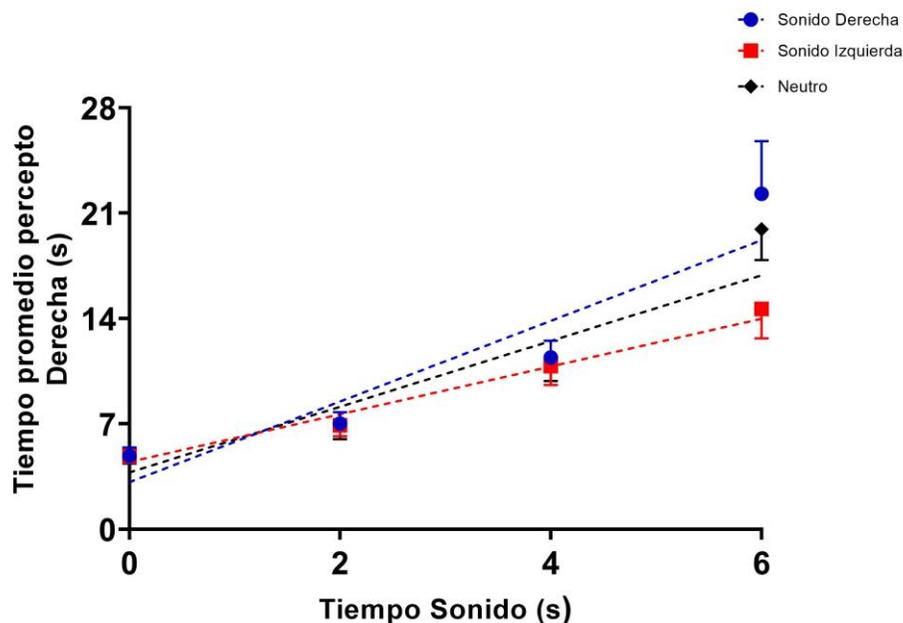
Se realizó una regresión lineal de los tiempos promedios del percepto derecha tomando 0, 2, 4 y 6 segundos de sonido a derecha (recta azul), así también para el sonido a izquierda (recta roja) y para el sonido neutro (recta negra). Luego, se midió la pendiente de las 3 rectas y se analizó si estas pendientes son distintas de 0 y si son significativamente distintas entre ellas. Los resultados se muestran en la tabla 3.

La prueba ANCOVA reveló que las 3 pendientes son significativamente diferentes entre sí ( $F=3,216$   $DFn=2$   $DFd=131$ ;  $P=0,0433$ ).

Estos resultados indican que, con cada aumento de tiempo de los estímulos auditivos, aumenta el tiempo perceptual a derecha. Más aún, el rol del estímulo auditivo con dirección a derecha pareciera tener un efecto más fuerte en sesgar el tiempo del percepto a derecha, esto se observa principalmente con 6 segundos de estímulo auditivo, donde se puede observar que el tiempo perceptual a derecha es

mayor con sonidos a derecha (promedio tiempo perceptual = 22,28, sem = 3,49) , menor con sonido neutro (promedio de tiempo perceptual = 19,92, sem= 2,03) y aún menor con sonido a izquierda (promedio tiempo perceptual = 14,62, sem = 1,95), siendo este resultado consistente con la hipótesis planteada, cuando los estímulos audiovisual son coherentes entre sí, se observa un aumento en el tiempo de duración del percepto.

Las tres rectas correspondientes a cada sonido parecen divergir a partir de los 2 segundos de tiempo de sonido y esta diferencia se hace más grande en torno a los 6 segundos. Se tomaron los tiempos perceptuales a derecha que contienen 6 segundos acumulados de un mismo tipo de sonido. Se realizó una prueba de ANOVA de medidas repetidas para comparar estos tiempos perceptuales a derecha entre los 3 tipos de sonido. La prueba estadística reveló que no hay diferencias significativas entre los distintos tiempos perceptuales a derecha ( $F=1,64$ ;  $P=0,224$ , ver valores promedios en la tabla 3).



**Figura 8**, Tiempos promedios del percepto derecha (eje y), con respecto a los tiempos de los estímulos auditivos (eje x). Las 3 rectas son significativamente diferentes entre ellas ( $p = 0,043$ ).

<i>Recta</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Error de la pendiente</i>	<i>Si pend es diferentes de 0</i>	<i>Si pend es diferentes de 0</i>	<i>Promedio 6s sonidos</i>
<i>Sonido Derecha</i>	2,679	0,3604	$p < 0,0001$	$F = 55,25$	22,28
<i>Sonido Izquierda</i>	1,586	0,2363	$p < 0,0001$	$F = 45,02$	14,62
<i>Sonido Neutro</i>	2,184	0,2869	$p < 0,0001$	$F = 57,93$	19,92

**Tabla 3,** Características de la regresión lineal de los tiempos promedios del percepto derecha con sonido derecha, sonido izquierda y sonido neutro. Se observa que las 3 rectas son distintas de 0. La quinta columna muestra el valor promedio de perceptos con 6 segundos acumulados de sonido.

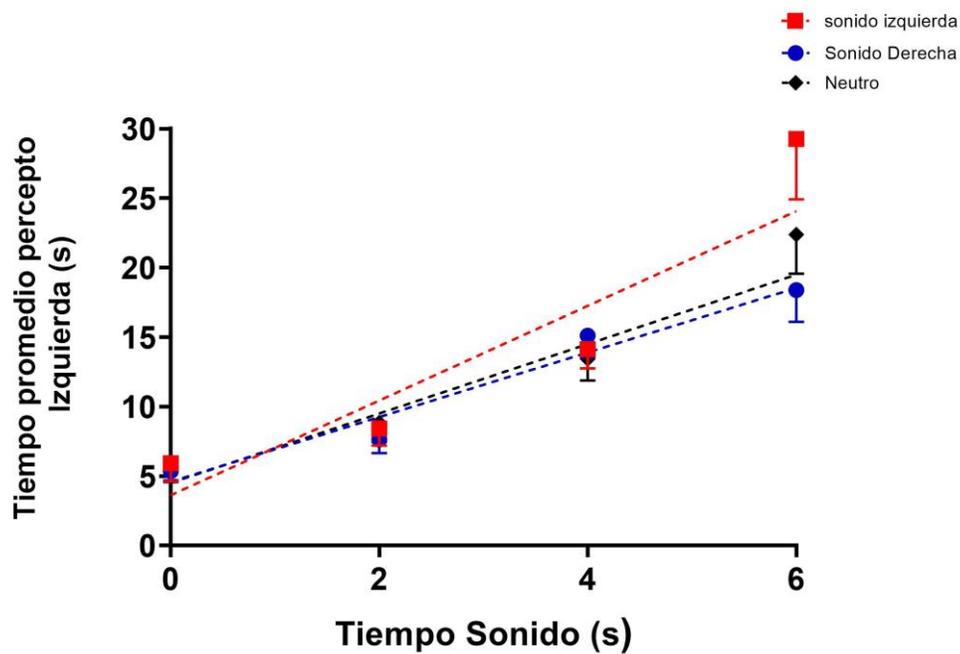
La figura 9, muestra como varía el promedio del tiempo del percepto izquierda a medida que se van sumando estímulos auditivos a derecha (color azul), estímulos auditivos a izquierda (color rojo) y estímulos auditivos neutros (color negro).

Se realizó una regresión lineal de los tiempos promedios del percepto izquierda tomando 0, 2, 4 y 6 segundos de sonido a derecha (recta azul), así también para el sonido a izquierda (recta roja) y para el sonido neutro (recta negra). Al igual que con el tiempo perceptual a derecha, se midió la pendiente de las 3 rectas y se analizó si estás pendientes son distintas de 0 y si son significativamente distintas entre ellas. Los resultados se muestran en la tabla 4.

La prueba ANCOVA reveló que las 3 pendientes no son significativamente diferentes entre sí ( $F = 2.351$ .  $DFn = 2$ ,  $DFd = 134$ ,  $P = 0.0992$ ).

Estos resultados indican que, con cada aumento de tiempo de los estímulos auditivos, aumenta el tiempo perceptual a izquierda. Sin embargo, al ser las pendientes similares entre ellas no se puede inferir que la pendiente de estímulo auditivo izquierda genera un mayor tiempo perceptual a izquierda, en comparación con las otras dos. En este caso, los resultados no son consistentes con la hipótesis planteada.

Más aún, las rectas correspondientes al sonido neutro y derecha están muy cerca entre ellas y la recta correspondiente al sonido izquierda diverge con una mayor pendiente en relación de las dos anteriores. Se realizó la comparación de los perceptos a izquierda que contienen 6 segundos acumulados de un mismo tipo de sonido. La prueba de ANOVA de medidas repetidas no mostró diferencias significativas entre los tres grupos de sonidos ( $F=3,15$ ;  $P=0,068$ , ver valores promedios en la tabla 4).



**Figura 9**, Tiempos promedios del percepto izquierda (eje y), con respecto a los tiempos de los estímulos auditivos. Las 3 rectas no son significativamente diferentes entre ellas ( $p = 0,099$ ).

<i>Recta</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Error de la pendiente</i>	<i>Si pend es diferentes de 0</i>	<i>Si pend es diferentes de 0</i>	<i>Promedio 6 s Sonido</i>
<i>Sonido Derecha</i>	2,324	0,3057	$p < 0,0001$	$F = 57,78$	18,38
<i>Sonido Izquierda</i>	3,406	0,4731	$p < 0,0001$	$F = 51,84$	29,25
<i>Sonido Neutro</i>	2,498	0,3620	$p < 0,0001$	$F = 47,61$	22,37

**Tabla 4.** Características de la regresión lineal de los tiempos promedios del percepto izquierda con sonido derecha, sonido izquierda y sonido neutro. Se observa que las 3 rectas son distintas de 0. La quinta columna muestra el valor promedio de perceptos con 6 segundos acumulados de sonido.

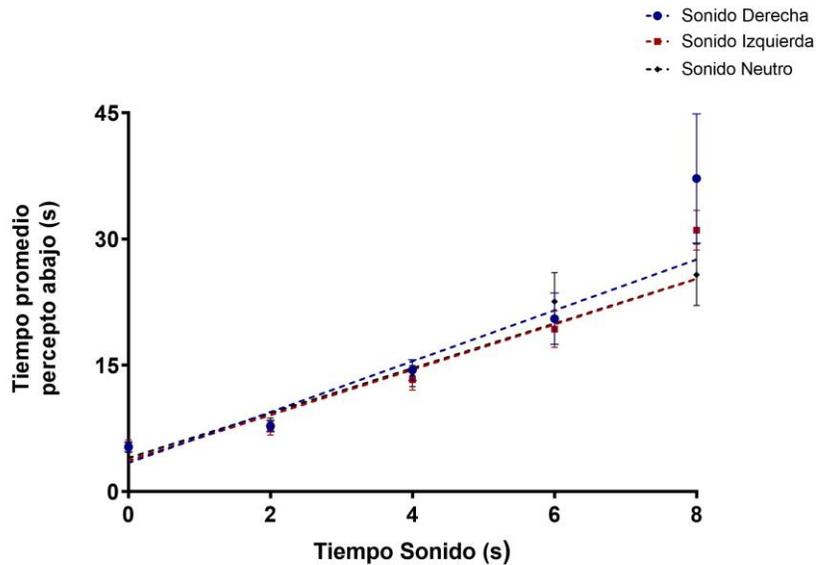
Posteriormente se realizó la comparación de los tiempos perceptuales con los tiempos de los distintos estímulos auditivos en la esfera vertical (condición control). En este caso, se espera que al comparar los tiempos perceptuales que se relacionan con los distintos estímulos auditivos no se observe una diferencia significativa entre los tiempos perceptuales.

En la figura 10, se observa como varía el promedio del tiempo del percepto abajo a medida que se van sumando estímulos auditivos a derecha (color azul), estímulos auditivos a izquierda (color rojo), y estímulos auditivos neutros (color negro).

Se realizó una regresión lineal de los tiempos promedios del percepto abajo tomando 0, 2, 4, 6 y 8 segundos de sonido a derecha, así también para el sonido a izquierda y para el sonido neutro. Luego, se midió la pendiente de las 3 rectas y se analizó si estas pendientes son distintas de 0 y si son significativamente distintas entre ellas. Los resultados se muestran en la tabla 5.

La prueba ANCOVA reveló que las 3 pendientes no son significativamente diferentes entre sí ( $F=0,489$   $DFn=2$   $DFd=148$ ;  $P=0,614$ ).

Al ser las 3 pendientes similares entre sí, se puede inferir que los estímulos auditivos no generan un cambio en el tiempo perceptual hacia abajo.



**Figura 10**, Tiempos promedio del percepto abajo (eje y), con respecto a los tiempos de los estímulos auditivos. Las 3 rectas no son significativamente diferentes entre ellas ( $p = 0,614$ ).

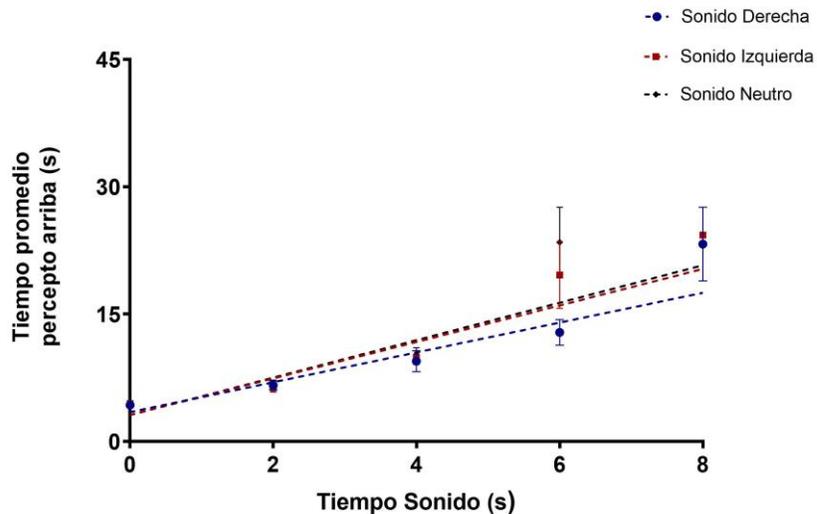
<i>Recta</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Error de la pendiente</i>	<i>Si pend es diferentes de 0</i>	<i>Si pend es diferentes de 0</i>
<i>Sonido Derecha</i>	3,019	0,3229	$p < 0,0001$	$F = 87,4$
<i>Sonido Izquierda</i>	2,692	0,2544	$p < 0,0001$	$F = 112$
<i>Sonido Neutro</i>	2,662	0,2627	$p < 0,0001$	$F = 102,7$

**Tabla 5**, Características de la regresión lineal de los tiempos promedio del percepto abajo con sonido derecha, sonido izquierda y sonido neutro. Se observa que las 3 rectas son distintas de 0 y no son diferentes entre si ( $p=0,614$ ).

La figura 11, muestra como varía el promedio del tiempo del percepto arriba a medida que se van sumando estímulos auditivos a derecha (color azul), estímulos auditivos a izquierda (color rojo), y estímulos auditivos neutros (color negro).

Se realizó una regresión lineal de los tiempos promedio del percepto arriba tomando 0, 2, 4, 6 y 8 segundos de sonido a derecha, así también para el sonido a izquierda y para el sonido neutro. Luego, se midió la pendiente de las 3 rectas y se

analizó si estas pendientes son distintas de 0 y si son significativamente distintas entre ellas. Los resultados se muestran en la tabla 6.



**Figura 11**, Tiempos promedio del percepto arriba (eje y), con respecto a los tiempos de los estímulos auditivos. Las 3 rectas no son significativamente diferentes entre ellas ( $p = 0,312$ ).

Recta	Pendiente	Error de la pendiente	Si pend es diferentes de 0	Si pend es diferentes de 0
Sonido Derecha	1,757	0,2133	$p < 0,0001$	$F = 67,82$
Sonido Izquierda	2,149	0,2417	$p < 0,0001$	$F = 79,05$
Sonido Neutro	2,206	0,2424	$p < 0,0001$	$F = 82,76$

**Tabla 6**, Características de la regresión lineal de los tiempos promedio del percepto arriba con sonido derecha, sonido izquierda y sonido neutro. Se observa que las 3 rectas son distintas de 0 y no son diferentes entre sí ( $p=0,312$ ).

La prueba ANCOVA reveló que las 3 pendientes no son significativamente diferentes entre sí ( $F=1,174$   $DFn=2$   $DFd=130$ ;  $P=0,312$ ).

Al ser las 3 pendientes similares entre sí, se puede inferir que los distintos estímulos auditivos no generan un cambio en el tiempo perceptual hacia arriba.

Los resultados obtenidos de la esfera vertical indican que los estímulos auditivos con dirección derecha e izquierda, así como también el estímulo auditivo neutro, no tuvieron ningún efecto en el tiempo perceptual al observar la esfera vertical. Este resultado acepta la hipótesis, dado que se puede observar que los sonidos tienen un efecto en el tiempo perceptual en la esfera horizontal y no así en la esfera vertical. Especialmente, el resultado más importante se observa en el aumento del tiempo perceptual a derecha cuando aumenta el tiempo del sonido a derecha.

Si bien se pudo probar que, mientras mayor es el tiempo del sonido en una dirección, mayor es el tiempo del percepto en esa misma dirección, no se sabe cómo se relacionan los sonidos direccionados derecha e izquierda dentro de un mismo percepto. Para estudiar la relación entre los sonidos, se realizó la resta de los tiempos de sonidos derecha e izquierda dentro de un mismo percepto, con el objetivo de observar si la diferencia entre los tiempos de los sonidos direccionados tiene un efecto en el tiempo perceptual.

Las figuras 12A y 12B muestran como varía el tiempo perceptual a derecha con la resta de sonidos derecha menos sonido izquierda. En la figura 12A (parte superior), el eje x representa los valores positivos de la resta de los sonidos. Cuando el valor es 0, indica que la resta entre sonido derecha e izquierda es 0, cuando el valor es 2, indica que la resta entre los dos sonidos es 2, por lo que el eje x está mostrando cuanto mayor es el sonido derecha por sobre el sonido izquierda. Mientras que en el eje y se grafica la duración promedio, para los 14 sujetos, del percepto a derecha. En este gráfico se observa la regresión lineal de los tiempos promedio del percepto a derecha con diferentes restas de sonido (0, 2 y 4). El análisis de regresión lineal reveló que la pendiente de la recta es significativamente distinta de cero (pendiente=1,33; sem=0,49; p=0,011; F=7,128. DF<sub>n</sub>, DF<sub>d</sub>=1,36). Indicando que mientras mayor es el sonido a derecha con respecto al sonido a izquierda, la duración del percepto derecha es significativamente mayor.

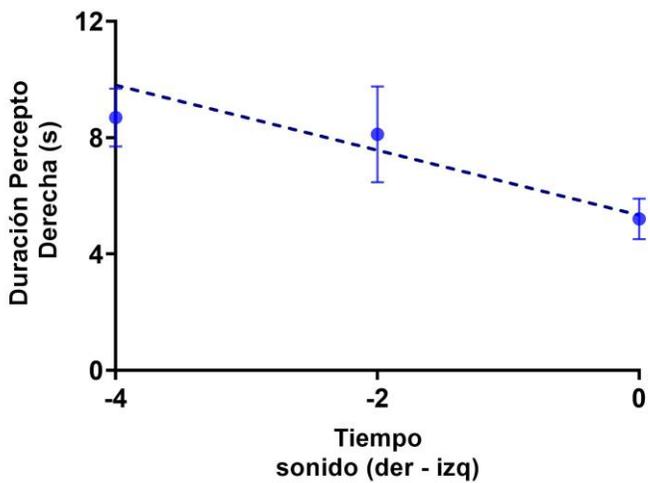
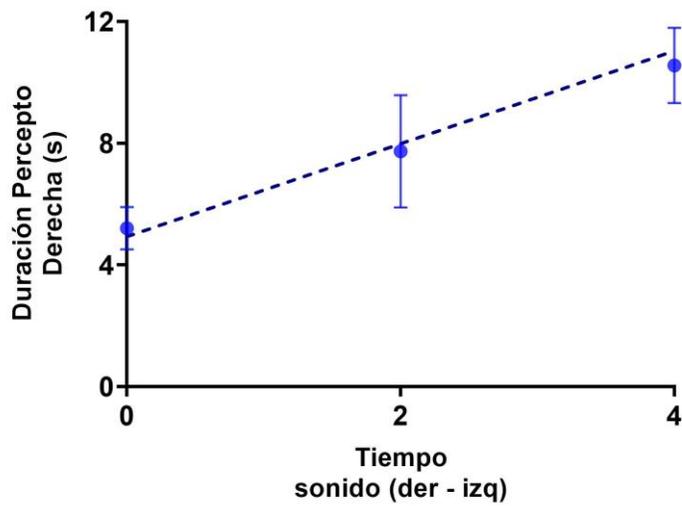
En la figura 12B (la parte inferior), el eje x representa los valores negativos de la resta de los sonidos, en este caso el eje x indica cuando el sonido izquierda es

mayor que el sonido derecha. El análisis de regresión lineal reveló que esta pendiente no es diferente de cero (pendiente= -0,921; sem=0,46; p=0,053; F=3,985, DF<sub>n</sub>, DF<sub>d</sub>=1,35). Indicando que, la diferencia negativa entre los sonidos no genera un cambio significativo en la duración del percepto a derecha. Dicho de otra forma, mientras mayor es el sonido a izquierda con respecto al sonido a derecha, no genera un cambio en el tiempo perceptual a derecha.

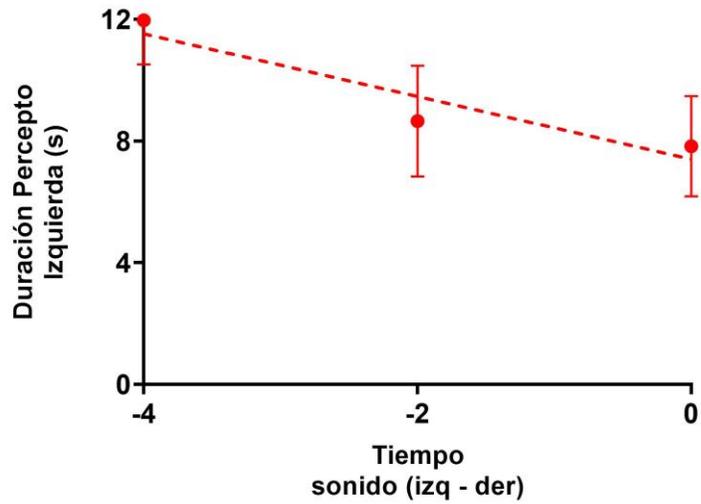
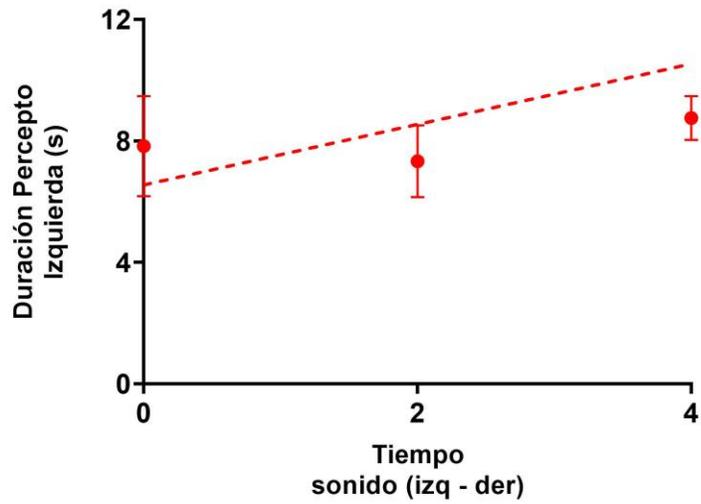
Estos resultados en conjunto indican que mientras más presente está el sonido a derecha, mayor es la duración del tiempo del percepto a derecha, y a su vez, el aumento de sonido a izquierda, no genera cambios en el tiempo perceptual a derecha. Esto sería consistente con la hipótesis, ya que cuando el estímulo auditivo es coherente con el percepto visual, el tiempo de duración del percepto se ve favorecido.

Las figuras 13A y 13B muestran como varía el tiempo perceptual a izquierda con la resta de sonido izquierda menos sonido derecha. En la figura 13A (parte superior), el eje x representa los valores positivos de la resta de los sonidos. Por lo que el eje x está mostrando cuanto mayor es el sonido izquierda por sobre el sonido derecha. En el eje y se grafica la duración promedio, para los 14 sujetos, del percepto a izquierda. En este gráfico se observa la regresión lineal de los tiempos promedio del percepto a izquierda con diferentes restas de sonido (0, 2 y 4). El análisis de regresión lineal reveló que la pendiente de la recta no es distinta de cero (pendiente=0,210 sem=0,47; p=0,657; F=0,2. DF<sub>n</sub>, DF<sub>d</sub>=1,37). Indicando que la diferencia entre los sonidos, no tiene un efecto en el tiempo perceptual a izquierda.

En la figura 13B (la parte inferior), el eje x representa los valores negativos de la resta de los sonidos, en este caso el eje x indica cuando el sonido derecha es mayor que el sonido izquierda. El análisis de regresión lineal reveló que esta pendiente no es diferente de cero (pendiente= -1,000 sem=0,60; p=0,104; F=2,774, DF<sub>n</sub>, DF<sub>d</sub>=1,37). Indicando que, la diferencia negativa entre los sonidos no genera un cambio significativo en la duración del percepto a izquierda.



**Figura 12A (superior) y 12B (inferior).** Duración promedio del percepto a derecha con respecto a la resta de los sonidos (derecha - izquierda). La regresión lineal de la recta muestra una diferencia significativa para la pendiente del gráfico 6A ( $p = 0,011$ ). No así para la pendiente del gráfico 6B ( $p = 0,053$ ). Los puntos azules representan el valor promedio con el error estándar.



**Figura 13A (superior) y 13B (inferior).** Duración promedio del percepto izquierda con respecto a la resta de los sonidos (izquierda - derecha). La regresión lineal de la recta no muestra diferencia significativas para la pendiente de ninguno de los dos gráficos ( $p=0,657$  y  $p=0,104$ , respectivamente). Los puntos rojos representan los valores promedios con el error estándar.

### 6.3- Control Tiempo Perceptual:

Con el objetivo de descartar la posibilidad de que exista una preferencia de los sujetos hacia una de las dos direcciones de la esfera, se estudió la distribución de las duraciones de los perceptos. Específicamente, se estimaron las duraciones de los perceptos de la esfera girando la izquierda y girando a la derecha independiente del sonido.

Para cada sujeto, se calculó la mediana de los tiempos perceptuales para así conocer la medida de tendencia central del tiempo perceptual. Se retiraron dos sujetos debido a que presentaban más de 2 desviaciones estándar de la media de los datos. Por lo que los análisis posteriores serán realizados en 12 sujetos (ver medianas en tabla 7).

La prueba no paramétrica de Wilcoxon muestra que no hay diferencias significativas al comparar las medianas de los tiempos perceptuales derecha y a izquierda ( $p=0,696$ ).

En la figura 14, se observan los promedios de las 12 distribuciones estimadas para el percepto a derecha (curva azul) y para el percepto a izquierda (curva roja). Se puede apreciar que ambas distribuciones presentan formas similares entre sí. La probabilidad más alta de duración de un percepto, ya sea a derecha o a izquierda, es de 1,5 segundos. Esto indica que el comportamiento de los sujetos es similar cuando están en un percepto o bien en el percepto opuesto y que no habría una preferencia hacia uno de los dos perceptos.

Cabe destacar, que al observar la curva del percepto derecha se observa un segundo pick en torno a los 6 segundos de duración de dicho percepto, por lo cual se prosiguió a realizar un análisis para observar si existe una diferencia en la coherencia audio-visual en perceptos de corta duración (0,5 a 2,5 segundos) y perceptos de larga duración (4 a 8 segundos), de forma separada. La prueba de ANOVA no arrojó diferencias significativas entre los perceptos de corta duración, como así tampoco entre los perceptos de larga duración (perceptos de corta

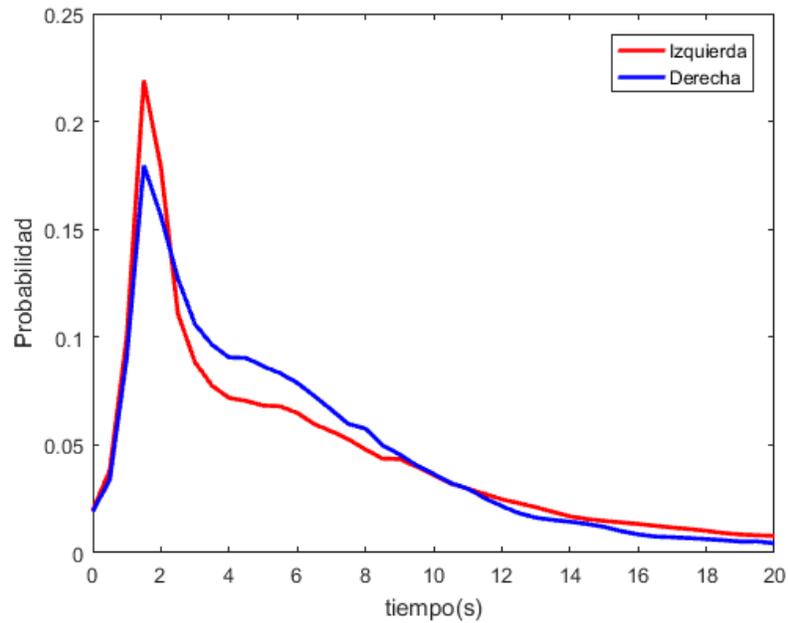
duración  $F=0,01$ ;  $P=0,988$ , perceptos de larga duración  $F=0,25$ ;  $P= 0,780$ , revisar material suplementario 10.3, figuras 17-18).

Este mismo análisis se repitió para la condición control (o vertical). Para cada sujeto se calculó la mediana de los tiempos perceptuales para conocer la medida de tendencia central del tiempo perceptual. Solo un sujeto presentaba más de dos desviaciones estándar de la media de los datos, el cual coincidía con uno de los sujetos eliminados en el análisis anterior, por lo cual se retiraron los mismos 2 sujetos que en el análisis anterior para mantener el número de sujetos equilibrado entre las dos mediciones. Por lo que los análisis fueron realizados con los mismos 12 sujetos que en la condición horizontal (ver medianas en tabla 8).

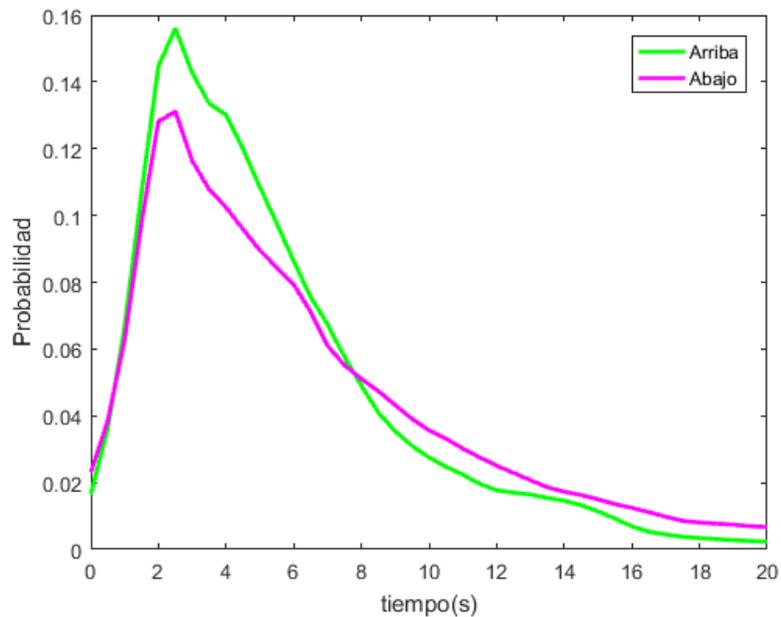
La prueba no paramétrica de Wilcoxon muestra que no hay diferencias significativas al comparar las medianas de los tiempos perceptuales arriba y abajo ( $p=0,175$ ).

En la figura 15, se observan los promedios de las 12 distribuciones estimadas para el percepto arriba (curva verde) y para el percepto abajo (curva morada). Nuevamente, se puede apreciar que ambas distribuciones presentan una forma similar entre ellas. La probabilidad más alta de duración de un percepto, ya sea hacia arriba o hacia abajo, es de 2,5 segundos de duración. Esto indica que el comportamiento de los sujetos es similar cuando están en un percepto o bien en el percepto opuesto y que no habría una preferencia hacia uno de los dos perceptos.

Cabe mencionar que al observar las curvas de la figura 15, la probabilidad de presentar un percepto de larga duración es ligeramente mayor en el percepto abajo en comparación con el percepto arriba, lo cual podría explicar que el promedio de la duración de los perceptos abajo es mayor que el promedio de duración de los perceptos arriba.



**Figura 14.** Densidad de probabilidad de perceptos a lo largo del tiempo. En el eje x se observa el tiempo en segundos, en el eje y la probabilidad de densidad de un percepto a derecha (azul) o a izquierda (rojo). Las curvas derecha e izquierda no son significativamente diferentes entre sí ( $p= 0,696$ ).



**Figura 15.** Densidad de probabilidad de perceptos a lo largo del tiempo. En el eje x se observa el tiempo en segundos, en el eje y la probabilidad de densidad de un percepto arriba (verde) o abajo (morado). Las curvas arriba y abajo no son significativamente diferentes entre sí ( $p= 0,175$ ).

<i>Sujetos</i>	<i>Med. Derecha</i>	<i>z-score</i>	<i>Med. Izquierda</i>	<i>z-score</i>
1	1.6210	-1.2173	1.7150	-0.9507
2	7.0210	0.3387	8.9695	0.2377
3	10.5180	1.3463	13.6280	1.0008
4	3.4370	-0.6940	3.3510	-0.6827
5	2.5490	-0.9499	2.8560	-0.7638
6	2.1430	-1.0669	1.7600	-0.9434
7	6.9600	0.3211	6.3390	-0.1932
8	8.8650	0.8700	21.6860	2.3209
9	14.1685	2.3982	17.3360	1.6083
10	4.2230	-0.4675	2.0260	-0.8998
11	5.2955	-0.1585	8.2125	0.1137
12	4.4970	-0.3886	5.4130	-0.3449
13	5.0490	-0.2295	6.6015	-0.1502
14	5.4910	-0.1022	5.3670	-0.3525

**Tabla 7**, Medianas del tiempo perceptual al observar la esfera horizontal.  
Otulier sujetos 8 y 9

<i>Sujetos</i>	<i>Med. Arriba</i>	<i>z-score</i>	<i>Med. Abajo</i>	<i>z-score</i>
1	4.1200	-0.3260	3.4980	-0.6189
2	5.5110	0.5506	5.6250	-0.2460
3	7.1390	1.5766	9.3960	0.4152
4	3.6490	-0.6229	6.0170	-0.1773
5	2.4490	-1.3791	2.5860	-0.7789
6	2.6050	-1.2808	2.4555	-0.8017
7	5.2575	0.3908	5.8000	-0.2153
8	4.5770	-0.0380	25.1420	3.1761
9	6.4820	1.1625	9.5290	0.4385
10	7.1645	1.5927	6.2400	-0.1382
11	2.5220	-1.3331	2.8500	-0.7326
12	4.8990	0.1649	6.5860	-0.0775
13	4.8035	0.1047	4.5970	-0.4263
14	3.7440	-0.5630	8.0705	0.1828

**Tabla 8**, Medianas del tiempo perceptual al observar la esfera vertical.  
Otulier sujeto 8.

#### 6.4-Resultads Experimento II, Control Sonido:

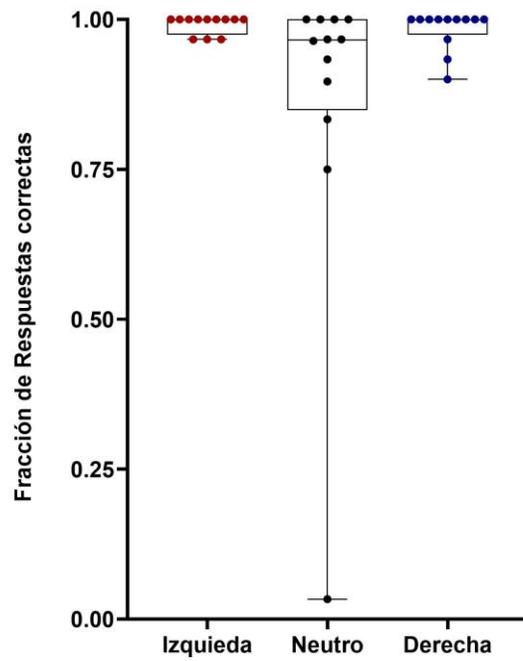
Con el objetivo de probar si los estímulos auditivos estaban siendo identificados adecuadamente, los sujetos realizaron un control de sonido donde ellos debían reportar la identidad del sonido que estaban escuchando.

En la figura 16 se grafica la fracción de respuestas correctas para cada uno de los estímulos auditivos. En el gráfico, las cajas representan el percentil 25-75% y los bigotes representan los valores extremos, cada punto representa a un sujeto. La fracción de respuestas correctas promedio de los 12 sujetos al identificar el sonido izquierda es de 0,991, la del sonido neutro es de 0,862 y la del sonido derecha es de 0,983.

Se realizó una prueba no paramétrica de wilcoxon univariable con un valor teórico (0,33) para probar si los valores obtenidos eran significativamente diferentes del azar. En el sonido izquierda la fracción de respuestas correctas de 0,991, fue superior al azar ( $p=0,0005$ ). En el sonido derecha, la fracción de respuestas correctas promedio de 0,983 fue superior al azar ( $p=0,0005$ ). Finalmente, la fracción de respuestas correctas para el sonido neutro de 0,862 fue superior al azar ( $p=0,001$ ).

Se puede concluir que los 3 sonidos fueron identificados correctamente por los sujetos, con una probabilidad mayor que el azar, utilizando un intervalo de confianza del 95%.

Cabe destacar que solo uno de los sujetos no identificó el estímulo auditivo neutro.



**Figura 16.** Fracción de respuestas correctas al identificar la identidad del sonido. En el eje x se muestran los estímulos auditivos izquierda (rojo), neutro (negro) y derecha (azul), en el eje y se grafica la fracción de respuestas correctas. Las cajas muestran el percentil 25-75 y los bigotes muestran los valores mínimos y máximos.

## **7. Discusión:**

En este trabajo se investigó si la presentación de un sonido con direccionalidad podía tener un efecto en la percepción visual de los sujetos al observar un estímulo biestable móvil. Los resultados conductuales muestran que la dirección del sonido no influye en el cambio perceptual de los sujetos, y la presencia de un sonido con dirección no es diferente de un sonido sin dirección. Sin embargo, la dirección del sonido podría estar influyendo en el tiempo en que un sujeto permanece en un percepto. Aunque esto último es controversial entre los distintos perceptos.

Este trabajo debe rechazar la hipótesis planteada, ya que los resultados encontrados no han logrado mostrar diferencias significativas en los análisis realizados y donde se han observado diferencias significativas, estas no han sido sistemáticas en las distintas condiciones del experimento.

Por un lado, los resultados encontrados al comparar el percepto visual del sujeto con la dirección del sonido, rechaza la hipótesis planteada, ya que los eventos coherentes entre estímulo auditivo y percepto visual no son diferentes de los eventos incoherentes.

Por otro lado, los resultados encontrados al comparar el tiempo del sonido con el tiempo del percepto (figuras 8 y 9) se observa una contradicción entre los hallazgos encontrados en el percepto derecha versus percepto izquierda. Se puede observar como la dirección del sonido tiene un efecto en la duración del percepto a derecha, siendo que cuando el estímulo auditivo es coherente con el percepto visual, este último es más largo. Sin embargo, esto no se observa en el percepto izquierda, donde no se encontraron diferencias significativas al comparar la duración de los distintos sonidos y la duración del percepto izquierda. Para este último caso, cuando el sonido es coherente con el percepto visual, este último no se ve afectado en su duración. Este resultado inconsistente no permite aceptar la hipótesis planteada.

No obstante, esto podría tener una explicación alternativa, como podría ser un número de ensayos muy bajo y por tanto un número de datos pequeño, ya que los

resultados encontrados en el tiempo del percepto a izquierda no son similares a los resultados encontrados en la esfera vertical. Al comparar como cambia la duración del percepto arriba o del percepto abajo entre los distintos estímulos auditivos, se observa que las rectas prácticamente se superponen entre ellas, la prueba ANCOVA reveló un  $p= 0,312$  para el percepto arriba y un  $p= 0,614$  para el percepto abajo. En cambio, la prueba ANCOVA reveló un  $p= 0,099$  al comparar las tres rectas del cambio de duración del percepto izquierda, lo que sugiere que esta tendencia podría tener una diferencia significativa con un mayor número de datos.

El último análisis realizado, busca observar cómo la presentación azarosa de estímulos auditivos derecha e izquierda tiene un efecto en el tiempo de duración de un percepto, ya sea prolongando la duración del percepto o interrumpiéndolo. Para intentar medir el “peso” final de los sonidos sobre el tiempo de duración del percepto derecha, se realizó la resta de sonido derecha – sonido izquierda. Se encontró que mientras mayor es esta resta (es decir, mientras más peso tiene el sonido a derecha por sobre el sonido a izquierda), mayor es la duración del percepto a derecha (figura 12A). Así también, cuando la resta fue negativa (mientras más peso tiene el sonido a izquierda), no se observaron cambios significativos en el tiempo de duración del percepto derecha. Este resultado específico acepta la hipótesis planteada. Sin embargo, no se observaron los mismos resultados en la duración del percepto izquierda. Al restar sonidos izquierda – sonidos derecha (es decir, mientras más peso toma el sonido izquierda), la pendiente de la recta de la duración del percepto izquierda no es diferente de 0, así también cuando la resta es negativa (el sonido derecha tiene más peso). Esto indica que el peso que tiene un sonido por sobre otro, no tiene ningún efecto en la duración del sonido izquierda, por lo que este resultado en particular rechaza la hipótesis planteada.

Estos resultados relacionados al tiempo de duración de un percepto no se explicarían por una preferencia de los sujetos hacia alguno de los dos perceptos visuales. Al comparar las curvas de probabilidad (figura 14) del percepto derecha e izquierda, se observa que las curvas son similares en su forma y que comparten el mismo pick en el eje x, es decir, la probabilidad más alta de duración de un percepto

es de 1,5 segundos tanto para derecha como para izquierda, independiente del sonido. Lo que demuestra que la mayoría de los perceptos tanto a derecha como a izquierda, presentaban una duración similar.

Los resultados encontrados en este trabajo son muy diferentes a los resultados reportados en la literatura de integración multisensorial y estímulos biestables: Jhih-Yun Hsiao y colaboradores realizaron un estudio utilizando el estímulo biestable de “la mujer joven y la vieja”, reportaron que cuando los sujetos escuchaban la voz de una mujer vieja aumenta la probabilidad de percibir a la mujer vieja por sobre la joven (Hsiao, Chen, Spence, & Yeh, 2012); Así también Stephanie J. Kayser y colaboradores utilizaron una pantalla con puntos que se mueven en diferentes direcciones, al escuchar un ruido blanco con dirección los sujetos reportaban percibir los puntos en la misma dirección del sonido (Kayser et al., 2017); Song Zhao y colaboradores utilizaron el estímulo biestable “streaming / bouncing bistable motion” junto a un tono que se presenta al momento en que las dos esferas coinciden, los sujetos reportan con mayor probabilidad el percepto de las esferas que chocan entre ellas por sobre el percepto de las esferas que se cruzan (Zhao et al., 2018). Sin embargo, en todos estos trabajos no se consideró el efecto que podría tener el arousal o la atención.

Más aun, los resultados descritos en este trabajo pueden deberse a varios factores:

Primero, el tamaño muestral fue muy pequeño, si bien la cantidad de sujetos es similar a la de otros estudios y fue elegida dado la evidencia encontrada (Baker & Graf, 2010; Hsiao et al., 2012), la metodología y la toma de datos es muy diferente. En este experimento los sujetos reportaban el cambio perceptual libremente a lo largo de un trial de un minuto de duración, sin la presencia de una clave visual que los obligara a reportar constantemente en que percepto ellos se encontraban.

Segundo, uno de los objetivos de este diseño experimental era minimizar la posibilidad de que los resultados encontrados pudiesen ser explicados por un aumento del arousal, o bien por un cambio atencional. Para controlar estos factores, se realizaron dos estrategias: 1- El estímulo visual fue presentado junto a un ruido

blanco, el cual está presente durante todo el trial. 2- Los estímulos auditivos fueron presentados en intervalos regulares. De esta forma, los resultados encontrados podrían explicarse específicamente por la dirección que presenta el sonido y no por la aparición de este. Sin embargo, una revisión realizada por Ilsong Choi y colaboradores muestra que la atención sería un factor esencial en el proceso de integración multisensorial, ya que la atención puede modular la percepción multisensorial en áreas de asociación, así como también incrementar la ganancia de ciertos estímulos sensoriales a los que son atendidos (Choi et al., 2018). De esta forma el diseño experimental realizado en este trabajo, carece de uno de los factores importantes que potencian la integración multisensorial.

Durk Talsma y colaboradores realizaron un experimento de integración multisensorial audiovisual para evaluar el efecto que tiene la atención en la integración multisensorial. Los sujetos debían realizar 3 condiciones en el experimento, en una condición los sujetos debían poner atención solo al estímulo auditivo, en la segunda condición debían poner atención solo al estímulo visual y en la tercera condición debían poner atención a ambos estímulos. Los resultados muestran que la integración de los dos estímulos ocurre exclusivamente si se pone atención a los dos estímulos sensoriales (Talsma, Doty, & Woldorff, 2007).

Tercero, se sabe que cuando una modalidad sensorial es más saliente, domina sobre las otras y se reduce el efecto de la integración sensorial. Ilsong Choi y colaboradores plantean la idea de que igualar el nivel de saliencia entre las distintas modalidades sensoriales es importante para la experiencia de un percepto multisensorial y que el efecto de integración aumenta mientras los distintos estímulos presenten saliencias similares (Choi et al., 2018).

La minimización de la saliencia del estímulo auditivo podría haber producido un aumento de la saliencia del estímulo visual, generando una gran diferencia de ganancia entre ambos estímulos sensoriales. Esto podría ayudar a explicar los resultados encontrados. Dicho de otra forma, la saliencia del estímulo visual biestable es suficiente para realizar reversiones perceptuales de dicho estímulo, suprimiendo el efecto que podría haber tenido el estímulo auditivo direccionado. Si

bien el control de sonido realizado en el experimento II demostró que los sujetos lograron discriminar la dirección del sonido correctamente con una alta tasa de aciertos, es probable que las estrategias utilizadas en el diseño del experimento para disminuir el efecto del arousal hayan minimizado el efecto que podría haber tenido el sonido en la integración sensorial.

Este diseño experimental con minimización de saliencias del estímulo auditivo podría haber generado una baja activación de la corteza auditiva, impidiendo que esta información alcance las cortezas de asociación donde se unifica el percepto, de esta forma el cambio perceptual que ocurre al observar un estímulo biestable es gatillado exclusivamente por la información visual y no por información proveniente de varias modalidades sensoriales.

## **8. Conclusiones**

En este trabajo se encontró que la dirección del sonido afecta a la estabilidad del percepto, pero no así al cambio perceptual. Este resultado presenta un tamaño del efecto pequeño, indicando que las características del estímulo desambiguador, por sí solo, no logran generar un cambio importante en la percepción visual de los sujetos. Este hallazgo sugiere que en la integración sensorial las características del estímulo desambiguador participan en el proceso de integración de los estímulos, y que estos serían necesarios para este fenómeno, pero no suficientes, ya que la integración sensorial sería un proceso que utiliza diversos recursos de forma paralela para formar una percepción estable y consistente con el entorno. Las características del estímulo desambiguador tendrían un rol en la integración sensorial de la misma manera como también lo tendrían otros factores como la atención y el arousal.

Los hallazgos encontrados en este trabajo abren una nueva hipótesis, interesante de estudiar y que requiere de nuevos experimentos: Los cambios atencionales de ambos estímulos sensoriales como un factor modulante en la integración sensorial.

## 9. Referencias

- Baker, D. H., & Graf, E. W. (2010). Extrinsic factors in the perception of bistable motion stimuli. *Vision Research*, *50*(13), 1257–1265.  
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.04.016>
- Baker, D. H., Karapanagiotidis, T., Coggan, D. D., Wailes-Newson, K., & Smallwood, J. (2015). Brain networks underlying bistable perception. *NeuroImage*, *119*, 229–234. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.06.053>
- Burr, D., Banks, M. S., & Morrone, M. C. (2009). Auditory dominance over vision in the perception of interval duration. *Experimental Brain Research*, *198*(1), 49–57.  
<https://doi.org/10.1007/s00221-009-1933-z>
- Choi, I., Lee, J. Y., & Lee, S. H. (2018). Bottom-up and top-down modulation of multisensory integration. *Current Opinion in Neurobiology*, *52*, 115–122.  
<https://doi.org/10.1016/j.conb.2018.05.002>
- Feng, W., Stormer, V. S., Martinez, A., McDonald, J. J., & Hillyard, S. A. (2014). Sounds Activate Visual Cortex and Improve Visual Discrimination. *Journal of Neuroscience*, *34*(29), 9817–9824. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4869-13.2014>
- Feng, W., Störmer, V. S., Martinez, A., McDonald, J. J., & Hillyard, S. A. (2017). Involuntary orienting of attention to a sound desynchronizes the occipital alpha rhythm and improves visual perception. *NeuroImage*, *150*(February), 318–328.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.02.033>
- Hsiao, J. Y., Chen, Y. C., Spence, C., & Yeh, S. L. (2012). Assessing the effects of audiovisual semantic congruency on the perception of a bistable figure. *Consciousness and Cognition*, *21*(2), 775–787.  
<https://doi.org/10.1016/j.concog.2012.02.001>
- Kayser, S. J., Philiastides, M. G., & Kayser, C. (2017). Sounds facilitate visual motion discrimination via the enhancement of late occipital visual representations. *NeuroImage*, *148*(October 2016), 31–41.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.01.010>
- Kornmeier, J., Hein, C. M., & Bach, M. (2009). Multistable perception: When bottom-up and top-down coincide. *Brain and Cognition*, *69*(1), 138–147.  
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.06.005>
- Matusz, P. J., Retsa, C., & Murray, M. M. (2016). The context-contingent nature of cross-modal activations of the visual cortex. *NeuroImage*, *125*, 996–1004.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.11.016>

- Pennartz, C. M. A. (2009). Identification and integration of sensory modalities: Neural basis and relation to consciousness. *Consciousness and Cognition*, 18(3), 718–739. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2009.03.003>
- Plass, J., Guzman-Martinez, E., Ortega, L., Suzuki, S., & Grabowecky, M. (2017). Automatic auditory disambiguation of visual awareness. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 2055–2063. <https://doi.org/10.3758/s13414-017-1355-0>
- Pressnitzer, D., & Hupé, J. M. (2006). Temporal Dynamics of Auditory and Visual Bistability Reveal Common Principles of Perceptual Organization. *Current Biology*, 16(13), 1351–1357. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.05.054>
- Sekuler, R., Sekuler, A. B., & Lau, R. (1997). Sound alters visual motion perception. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/385308a0>
- Talsma, D., Doty, T. J., & Woldorff, M. G. (2007). Selective attention and audiovisual integration: Is attending to both modalities a prerequisite for early integration? *Cerebral Cortex*, 17(3), 679–690. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhk016>
- Wittekindt, A., Kaiser, J., & Abel, C. (2014). Attentional Modulation of the Inner Ear: A Combined Otoacoustic Emission and EEG Study. *Journal of Neuroscience*, 34(30), 9995–10002. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4861-13.2014>
- Zhao, S., Wang, Y., Xu, H., Feng, C., & Feng, W. (2018). Early cross-modal interactions underlie the audiovisual bounce-inducing effect. *NeuroImage*, 174, 208–218. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.03.036>

## 10. Anexos

### 10.1 Acta de aprobación de proyectos por el comité de ética en investigación de seres humanos.



UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE MEDICINA  
COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN EN SERES

### **ACTA DE APROBACIÓN DE PROYECTO**

(Documento en versión 1 corregida 15.01.2018)

FECHA: 10 de Julio de 2018.

**PROYECTO: "MODULACIÓN DE LA PERCEPCIÓN VISUAL BIESTABLE POR ESTÍMULOS AUDITIVOS EN UN AMBIENTE MULTISENSORIAL".**

**INVESTIGADOR RESPONSABLE: TESISTA SRTA. GIULIANA BUCCI MANSILLA**

**INSTITUCIÓN: DEPARTAMENTO DE NEUROCIENCIAS, FACULTAD DE MEDICINA, UNIVERSIDAD DE CHILE. TUTOR DR. PEDRO MALDONADO A.**

Con fecha 10 de Julio de 2018, el proyecto ha sido analizado a la luz de los postulados de la Declaración de Helsinki, de la Guía Internacional de Ética para la Investigación Biomédica que involucra sujetos humanos CIOMS 2016, y de las Guías de Buena Práctica Clínica de ICH 1996.

Sobre la base de la información proporcionada en el texto del proyecto el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, estima que el estudio propuesto está bien justificado y que no significa para los sujetos involucrados riesgos físicos, psíquicos o sociales mayores que mínimos.

En virtud de las consideraciones anteriores el Comité otorga la aprobación ética para la realización del estudio propuesto, dentro de las especificaciones del protocolo.

Este comité también analizó y aprobó el correspondiente documento de Consentimiento Informado en su versión original de fecha 15 de Junio de 2018. Además se toma conocimiento de carta de Director del Establecimiento o custodio de la base de datos o carta de compromiso del Investigador responsable de fecha 15 de Junio de 2018.

Se extiende este documento por el periodo de un año a contar desde la fecha de aprobación prorrogable según informe de avance y seguimiento bioético.

#### **LUGAR DE REALIZACIÓN DEL ESTUDIO**

- LABORATORIO DE NEUROSYSTEMAS, FACULTAD DE MEDICINA, UNIVERSIDAD DE CHILE.

Teléfono: 29789536 - Email: [comiteceish@med.uchile.cl](mailto:comiteceish@med.uchile.cl)





UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE MEDICINA  
COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN EN SERES

**INTEGRANTES DEL COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN  
EN SERES HUMANOS**

<b>NOMBRE</b>	<b>CARGO</b>	<b>RELACIÓN CON LA INSTITUCIÓN</b>
Dr. Manuel Oyarzún G.	Presidente	Sí
Dr. Hugo Amigo C.	Vicepresidente	Sí
Dra. Lucía Cifuentes O.	Miembro	Sí
Dra. Grisel Orellana V.	Miembro	Sí
Dra. María Ángela Delucchi B.	Miembro	Sí
Dr. Miguel O’Ryan G.	Miembro	Sí
Sra. Claudia Marshall F.	Miembro	No
Dra. Julieta Gonzalez B.	Miembro	Sí
Prof. <sup>a</sup> Maria Luz Bascañán R.	Miembro	Sí

Santiago, 10 de Julio de 2018.

  
UNIVERSIDAD DE CHILE  
COMITÉ DE ÉTICA  
PARA INVESTIGACIONES  
EN SERES HUMANOS  
FACULTAD DE MEDICINA  
**Dra. Lucia Cifuentes Ovalle**  
**Miembro CEISH**

## 10.2 Consentimiento Informado

### **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

#### **“Modulación de la percepción visual biestable por estímulos auditivos en un ambiente multisensorial”**

Patrocinante: Dr. Pedro Maldonado A.  
Investigador Principal: Dr. Pedro Maldonado A.  
R.U.T: 7.129.372-6  
Institución: Departamento de Neurociencias, Facultad de Medicina, Universidad de Chile  
Teléfonos: 229786035

**Invitación a participar:** Tenemos el agrado de invitarlo a participar en el proyecto de investigación “Modulación de la percepción visual biestable por estímulos auditivos en un ambiente multisensorial”. Debido al interés que existe por comprender como nuestro cerebro interpreta las señales externas del ambiente y las integra. Si luego de finalizada la lectura de este documento algo no le ha quedado completamente claro, no dude en consultar al investigador responsable.

**Objetivos:** Esta investigación tiene por objetivos evaluar la percepción visual de las personas cuando están observando una imagen y simultáneamente escuchan un sonido.

**Procedimientos:** Si Ud. acepta participar será invitado al laboratorio de Neurosistemas de la facultad de Medicina de la universidad de Chile para realizar el procedimiento experimental, el cual consiste en realizar una tarea psicofísica la cual tiene una duración de 40 minutos, y solo requiere de una sesión. En esta tarea usted se sentará en una silla con el mentón y la frente apoyados en un fijador para disminuir los movimientos de la cabeza y cuello, y se instalará un dispositivo para medir los movimientos oculares. Frente a usted habrá un monitor, donde se presentará un estímulo visual biestable. Además, utilizará audífonos que le permitirán escuchar un estímulo auditivo. Este estímulo auditivo se le ajustará el volumen hasta que usted se sienta cómodo con el sonido presentado. Al iniciar un ensayo, usted verá el estímulo visual y escuchará el estímulo auditivo simultáneamente, durante 1 minuto, luego tendrá un periodo de descanso antes de pasar al siguiente ensayo.

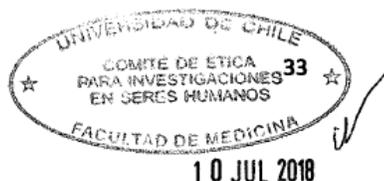
**Riesgos:** El registro de seguimiento ocular no ha mostrado efectos adversos para los sujetos en estudios previos. Así también, la estimulación visual por medio de un monitor no ha mostrado efectos nocivos y no produce efectos diferentes a los que se obtienen al trabajar por el mismo periodo en un computador. A pesar de que no hay evidencia científica de que estos procedimientos causen problemas a la salud, el periodo de registro pudiera llegar a producir cansancio. Por motivos metodológicos de seguridad, se llenará una ficha con sus datos, en los cuales se incluirá información relacionada a enfermedades psiquiátricas, neurológicas, problemas de audición o visión y uso de drogas. Si se declara el padecimiento de alguno de los problemas descritos anteriormente, usted no será seleccionado para este estudio.

**Costos:** Los procedimientos realizados en este proyecto no tendrán ningún costo para usted.

**Beneficios:** Además del beneficio que este estudio significa para el progreso del conocimiento en la percepción visual y la integración sensorial. Este estudio no tiene beneficios directos para usted.

**Alternativas:** Si usted decide no participar en esta investigación, solo tiene que informarlo a los investigadores. Esto no significará ningún perjuicio para usted.

**Confidencialidad:** Toda la información derivada de su participación en este estudio será conservada en estricta confidencialidad, lo que incluye el acceso de los investigadores o agencias supervisoras de la investigación. Cualquier publicación o comunicación científica de los resultados de la investigación será completamente anónima.



**Voluntariedad:** Su participación en esta investigación es totalmente voluntaria y se puede retirar en cualquier momento que lo desee comunicándolo al investigador. De igual manera el investigador podrá determinar su retiro del estudio si considera que esa decisión va en su beneficio.

**Complicaciones:** En el improbable caso de que Ud. presente complicaciones directamente dependientes de la aplicación de las técnicas utilizadas en este estudio, Ud. recibirá el tratamiento médico completo de dicha complicación, financiado por el proyecto al cual se asocia este estudio, y sin costo alguno para Ud. o su sistema previsional.

**Derechos del participante:** Usted recibirá una copia íntegra y escrita de este documento firmado. Si usted requiere cualquier información sobre su participación en este estudio, puede comunicarse con:

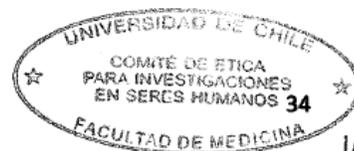
Investigador: Giuliana Bucci Mansilla, fono: 229786035

Autoridad de la Institución: Dr. Pedro Maldonado A. fono: 229786035

**Otros Derechos del participante:** En caso de duda sobre sus derechos debe comunicarse con el Presidente del "Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos", Dr. Manuel Oyarzún G., Teléfono: 2-978.9536, Email: [comiteceish@med.uchile.cl](mailto:comiteceish@med.uchile.cl), cuya oficina se encuentra ubicada a un costado de la Biblioteca\_Central de la Facultad de Medicina, Universidad de Chile en Av. Independencia 1027, Comuna de Independencia.

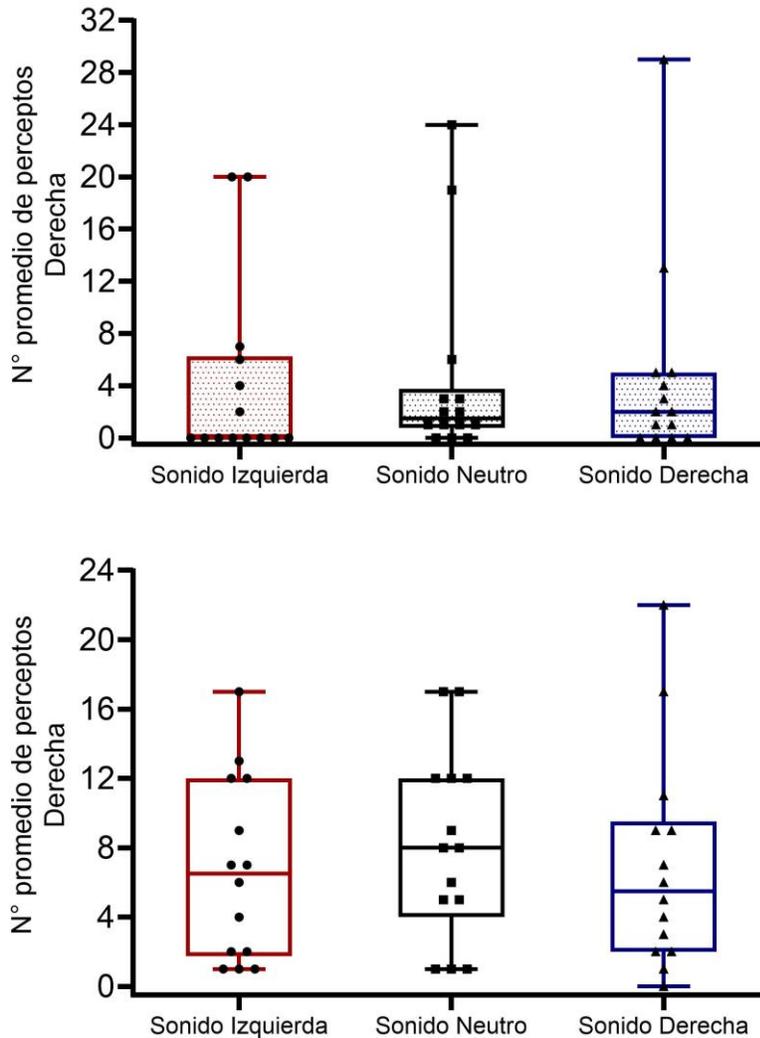
**Conclusión:** Después de haber recibido y comprendido la información de este documento y de haber podido aclarar todas mis dudas, otorgo mi consentimiento para participar en el proyecto "Modulación de la percepción visual biestable por estímulos auditivos en un ambiente multisensorial".

_____	_____	_____
Nombre y Rut del Participante	Firma	Fecha
_____	_____	_____
Nombre del informante	Firma	Fecha
_____	_____	_____
Nombre del investigador	Firma	Fecha

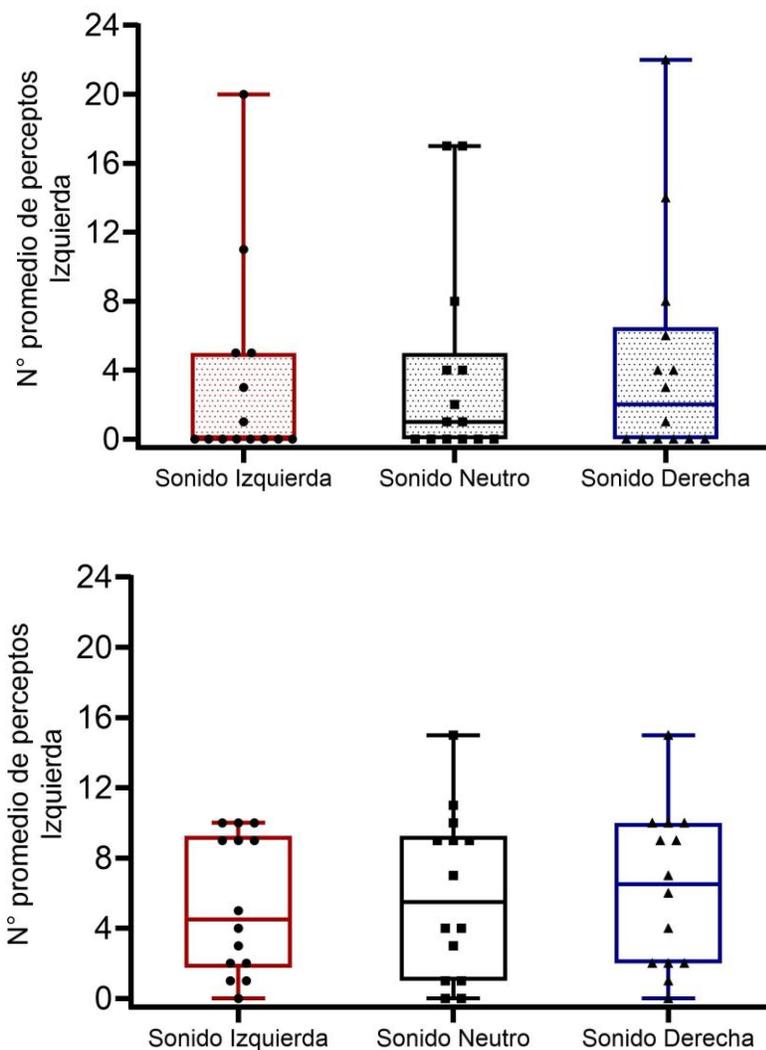


10 JUL 2018

Anexo 10.3 Análisis de perceptos largos y cortos respecto a la curva de probabilidad de tiempo perceptual.



**Figura 17.** Promedio de perceptos a derecha pareado para cada estímulo auditivo. La parte superior representa los perceptos a la derecha cortos (0,5 a 2,5 s), separados para cada estímulo auditivo (Sonido izquierda/rojo, neutro/negro y derecha/azul). Las cajas representan el percentil 25-75%, la línea horizontal representa la mediana y los bigotes representan los valores extremos (mínimo y máximo), los puntos negros corresponden al valor promedio para cada uno de los 14 sujetos. La prueba ANOVA mostró que no hay diferencias significativas al comparar los 3 sonidos ( $P=0,988$ ). La parte inferior representa los perceptos a derecha de larga duración (4 a 8 s), la prueba ANOVA mostró que no hay diferencias significativas al comparar los 3 sonidos ( $P=0,780$ ).



**Figura 18.** Promedio de perceptos a Izquierda pareado para cada estímulo auditivo. La parte superior representa los perceptos a Izquierda cortos (0,5 a 2,5 s), separados para cada estímulo auditivo (Sonido izquierda/rojo, neutro/negro y derecha/azul). Las cajas representan el percentil 25-75%, la línea horizontal representa la mediana y los bigotes representan los valores extremos (mínimo y máximo), los puntos negros corresponden al valor promedio para cada uno de los 14 sujetos. La prueba ANOVA mostró que no hay diferencias significativas al comparar los 3 sonidos ( $P=0,871$ ). La parte inferior representa los perceptos a izquierda de larga duración (4 a 8 s), la prueba ANOVA mostró que no hay diferencias significativas al comparar los 3 sonidos ( $P=0,871$ ).