



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

EFFECTOS DE LA PROBABILIDAD EN LA “VENTANA
TEMPORAL SENSORIAL” EN UN CASO DE TRASTORNOS DEL
NEURODESARROLLO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN PSICOLOGÍA

PRESENTA

MARITZA ANGELICA HERNÁNDEZ LÓPEZ

DIRECTOR: DR. OSCAR ZAMORA ARÉVALO
REVISOR: DR. FELIPE CRUZ PÉREZ
SINODALES: DRA. MAURA JAZMÍN RAMÍREZ FLORES
DRA. OLGA ARACELI RAMOS ROJAS
DR. ÁNGEL EUGENIO TOVAR Y ROMO

TESIS APOYADA POR EL PROYECTO

DGAPA-PAPIIT IN303919

MÉXICO, CIUDAD DE MÉXICO

NOVIEMBRE 2021



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Agradecimientos

Agradecer es una forma de reconocer a todos aquellos que estuvieron cerca cuando se cree estar solo, no como una forma de pago, sino como un acto de cariño, es, por lo tanto, dar cuenta de esos momentos que de manera individual se comparten, y que permiten sobrellevar la cotidianidad de mejor manera. Por ello, a todas las personas que, a lo largo de este trayecto, mi pequeño percepto de la realidad, les digo gracias.

A mi familia, a mi mamá que con todo su esfuerzo ayudo a que cada día tuviera más oportunidades, porque no se conformó con solo darme lo “necesario”. A mi hermano que desde pequeña me enseñó con paciencia, con cariño y sobre todo con la visión de que fuera mejor cada día, por todos tus esfuerzos para darme lo mejor. A mi hermana, por siempre empujarme a hacer más y querer más, por hacerme un adulto responsable. A mi papá por lo que se permitió hacer por mí. A mis perros, Dingo, Marlon y Fanny, porque ante el estrés no hay nada mejor que recibir un lengüetazo, irte a jugar a la pelota o solo acurrucarte.

Agradezco a la UNAM y a los maestros participes en mi formación. Al doctor Oscar por la confianza, el apoyo, las lecciones, seminarios, clases, por brindarme las asesorías y el tiempo no solo para mi proyecto sino, también para mi formación, por todas sus atenciones. Al doctor Felipe, porque sin duda me llevo a pensar más allá de los paradigmas clásicos, por su tiempo, sus comentarios, su apoyo, su paciencia y atención. A la doctora Maura por su atención e interés en mi proyecto, por sus comentarios y atenciones, a pesar del tiempo. Al doctor Tovar por sus comentarios y recomendaciones para mejorar mi proyecto y a la doctora Olga por el tiempo, la paciencia, el acompañamiento y sobre todo por llevarme a ver que algo bueno podía quedar mejor.

A mis amigos, mi otra familia. A Gera, siempre juntas caminando de la mano, porque no faltó el “lechugas” que necesitaba cuando pensaba que no lo iba a lograr, por el cariño que no me ha faltado desde que nos conocemos, por querer seguir compartiendo. A Dulce, mi hermana, mi persona, por emocionarse siempre, incluso más que yo, por el apoyo, el cariño, por los años creciendo juntas, por el tiempo que llevamos y nos falta. A Didier, pequeño gracias por tanto cariño, por las pláticas, por el tiempo y la amistad a la distancia y a Abi por todo el apoyo, por todo el cariño. Todos por igual en mi corazón.

A mis compañeros de laboratorio, a mi jefa Perla, tú fuiste quien me dio mi primera oportunidad de hacer ciencia, a Manu por el apoyo, las risas, las recomendaciones musicales, literarias y por las últimas bromas de titulación, a Rox por el apoyo para el análisis de datos y sobre todo por aclararme muchas más dudas, a Diandra, a Dianita, a Jess, a Lalo, a Mario por las atenciones, la escucha, las pláticas y las retroalimentaciones. Y sobre todo A Gaby, este proyecto es tan tuyo como mío, fuiste una pieza angular en este proceso, revisando, escuchando, dándome tus comentarios que tanto nutrieron este producto final, por las horas que pasaste leyendo y por darle la importancia a mi trabajo, porque muchas veces yo dude de él, pero tú me ayudaste a ver y quererlo en todas esas veces, porque sin ti, esto no sería lo mismo, y no menos importante por la amistad y el cariño, por todo y mucho, las gracias son infinitas.

A todas y todos, el papel no me deja describir lo que cada uno ha hecho y me ha aportado de una manera que les haga justicia, pero mis gracias son infinitas.

Índice

Agradecimientos	2
Resumen	6
Lista de abreviaturas	7
Introducción	8
Estimación temporal	10
Modelos clásicos en estimación temporal	13
Procedimientos de evaluación en estimación temporal	19
Juicio de orden temporal (TOJ).....	20
Tarea de juicio simultáneo (SJ).....	21
Ilusión de flashes inducidos por sonidos (Double-Flash Beep Illusion)	22
Tarea de McGurk	24
Estimación temporal en niños	25
Efectos de la integración sensorial en los procesos de estimación temporal	31
Ventanas de integración sensorial-temporal.....	34
Efectos de la probabilidad en la estimación temporal	36
Trastornos del neurodesarrollo	45
Estimación temporal en trastorno del espectro autista	45
Justificación	52
Pregunta de investigación	54
General	54
Secundarias	54
Objetivos	55
General	55
Específicos	55
Hipótesis	55
General	55
Específicas.....	55
Participantes	56
Instrumentos	57
Diseño experimental	58
1.‘Double flash beep illusion’	58
1.1Estímulos.....	61
2.Evaluación psicodiagnóstica	61
2.2Estímulos.....	62
3.Prueba visual	62

3.1 Evaluación de la agudeza visual:	62
3.2 Discriminación Cromática.....	64
4.Prueba auditiva.	65
5.Evaluación motora ‘Finger Tapping Task’.	66
Procedimiento	67
Evaluación visual (agudeza y cromaticidad).....	69
Evaluación auditiva.	70
Evaluación motora.....	70
Evaluación psicodiagnóstica.	72
Resultados	72
Fase de evaluación inicial	72
Prueba de agudeza visual: Optotipos de Snellen.....	73
Prueba de discriminación cromática: Laminas de Ishihara.	73
Prueba de discriminación tonal.	73
Prueba de control motor: Finger Tapping Task	74
Resultados‘Double flash beep illusion’	74
Proporción de flashes reportados.	74
Tiempos de reacción.....	78
Detección de señales.	79
Análisis clínico del caso	85
Discusión	87
Conclusiones	92
Limitaciones.....	93
Referencias	94
Anexos	114
Consentimiento informado.....	114
Cuestionario sociodemográfico.....	117

Resumen

La estimación temporal, los factores estadísticos y multisensoriales interactúan entre sí de forma adaptativa para generar un percepto de la realidad que permita estructurar la conducta de los organismos. Dicha triada se han investigado en trastornos del neurodesarrollo con resultados poco concluyentes para el caso del trastorno del espectro autista (TEA), y para los cuales, los paradigmas clásicos ligados a modelos de cronometraje resultan no ser suficientes, siendo que la metodología basada en ilusiones perceptuales ofrece más información dada la confluencia de aspectos sensoriales y temporales fijos. Con base en esto, el presente estudio busco identificar los efectos de la probabilidad sobre la ventana de integración sensorial-temporal (VIT) en un paradigma ilusorio conocido como ‘Double flash-beep illusion’, el cual empleó 16 duraciones de aparición para un segundo estímulo auditivo, en un rango de $-0.25/+0.25$ a $-0.500/+0.500$ ms, en adición a una presentación probabilística de 0.25/0.50 y 0.75 de las veces. De manera general, no se identificaron efectos estadísticamente comprobables de la probabilidad sobre la ventana de temporal-sensorial, sin embargo, los resultados del análisis de detección de señales siguieron una capacidad de integración intacta, aunque menos selectiva correspondiente a una VIT extendida e inmadura, un procesamiento bottom up con efectos sobre las validaciones de claves sensoriales y temporales, y en ausencia de sesgo la participación de aspectos de habituación y generalización alterados que pueden hablar de un análisis literal, más que contextual de la realidad.

Palabras clave: *TEA, tiempo, probabilidad, integración multisensorial, ventana de integración temporal-sensorial*

Lista de abreviaturas

TEA	Trastorno del espectro autista
DT	Desarrollo típico
VIT	Ventana de integración temporal
IMS	Integración multisensorial
TDN	Trastornos del neurodesarrollo
STD	Análisis de detección de señales
SOA	Evento/estímulo de inicio asincrónico
CNV	Variación contingente negativa
DLPFC	Corteza prefrontal dorsolateral
SMA	Área motora suplementaria
VLPFC	Área prefrontal ventrolateral
TOJ	Juicio de orden temporal
SJ	Tarea de juicio simultáneo
JND	Diferencia justa notable
ASF	Función de sensibilidad de asociación
MMN	Mismatch negativity
TDAH	Trastorno por déficit de atención e hiperactividad

Introducción

Los organismos se hallan inmersos en un entorno que les ofrece información en abundancia, proveniente de diversas fuentes, para ser percibida y organizada por diferentes sistemas sensoriales: Auditivos, visuales, olfativos, propioceptivos, táctiles, entre otros. No obstante, para que dichas entradas de información sean adecuadamente evaluadas y usadas eficientemente en pro de la adaptación de los organismos, estos deben ser sensibles entre otras cosas, a la estructura temporal y la probabilidad asociada de cada una de esas claves, es decir, que tan cerca se encuentran entre sí en el tiempo y qué tan semejantes son para poder ser consideradas parte de un todo. A pesar de que estos procesos pasan en gran medida desapercibidos por la conciencia, se hayan cotidianamente activos (Allman, Pelphrey y Meck, 2012; Gil, Hyvert, Fanget y Droit-Volet, 2012; Karaminis, Ciccini y Cappagali, 2015).

Dichos procesos no se encuentran por separado, es decir, no se activa uno y secuencialmente los demás, por el contrario, convergen en un proceso unificado que en un par de segundos puede llevar a cabo el análisis y la síntesis de cascadas de información, siendo que mucho de lo que hacemos día con día se ve controlado, por tiempo; y a su vez como se ha sugerido, por factores estadísticos y la propia percepción sensorial (Manning et al., 2016; Isaksson et al., 2018).

Como todos los procesos, estos no se hallan del todo excluidos de las alteraciones de factores tanto endógenos como exógenos. Para el caso del tiempo, este se halla altamente sensible a cambios propiciados por consumo de sustancias, por alteraciones fisiológicas, y por condiciones clínicas, como las psiquiátricas o del desarrollo, siendo estas últimas las que proporciona más incógnitas (Foss-Feig et al., 2010; Allman, Sundeep, Griffiths y Meck, 2013).

Por lo tanto, una alteración en cualquiera de ellos podría resultar en conductas alternas, no obstante, es importante considerar que no hay una condición clínica que pueda ser únicamente definida como un desorden de tiempo o de percepción temporal per se. Aunque con frecuencia este parece ser parte del cuadro clínico (Allman, De León y Wearden, 2011).

De esta forma, este proyecto surge bajo la premisa de que aún bajo un esquema clínico caracterizado por una baja sensibilidad al tiempo, como lo son los trastornos del neurodesarrollo, los individuos han desarrollado conductas alternas que permiten su adaptación, reduciendo la ambigüedad de las claves sensoriales, para predecir el curso de cada una de ellas, al igual que formas de conteo para poder estimar el curso del tiempo (Allman y De León, 2009; Sinha et al., 2014).

Para evaluar lo anterior se llevó a cabo un procedimiento ilusorio conocido como 'Sound induced flashes illusion' el cual ofrece como resultado el indicar la medida de la extensión de la ventana sensorial temporal (Foss-Feig et al., 2010). En adición y para comprender la relación de los tres factores (tiempo, probabilidad y e integración multisensorial), los ensayos se organizaron con un arreglo de probabilidades con la premisa de que un cambio en la regularidad de los eventos, aun cuando las duraciones se varíen propiciaría un ajuste por parte de los participantes a dicho paradigma; asimismo, la integración sensorial fue aplicada debido a la naturaleza de la tarea, ya que constituye una ilusión de estímulos simples, es decir, al combinar dos claves auditivas con una visual, presentadas en un rango de duraciones asincrónicas, puede resultar en la percepción de uno o más flashes que en realidad no se encuentran ahí. Lo anterior, fue aplicado a un participante con desarrollo típico y uno con diagnóstico de trastornos del espectro autista.

Estimación temporal

El timing o estimación se define como la habilidad para discriminar el orden y la duración de los eventos (percepción temporal), así como para diferenciar las propiedades de las acciones (diferenciación temporal), y de manera general para regular la conducta considerando los atributos temporales del ambiente que son importantes para conductas tales como la percepción y producción del lenguaje, música, danza y destreza en los deportes (Merchant., 2007; Kroger-Acosta et al.,2013). La estimación temporal plantea los intervalos que dan estructura a la conducta, permite planear y secuenciar conductas tentativas alrededor de eventos en el futuro, sobre funciones ejecutivas y memoria que no son exclusivos del ser humano (Allman et al., 2013).

La noción de tiempo implica dos conceptos importantes: a) la sucesión, que corresponde al hecho de cuando dos o más eventos pueden ser percibidos como diferentes y organizados secuencialmente, basados en la experiencia de un cambio continuo a través del cual el presente llega a ser el pasado; y b) la duración, que implica el intervalo entre dos eventos sucesivos, siendo así que la duración no existe por ella misma, sino que es la característica interna la que perdura, dado eso, los eventos son percibidos, pero el tiempo no (Fraisse, 1984). Sucesión y duración se conocen como cronometraje y son aspectos constituyentes de procesos cognitivos o acciones motoras complejas, la representación perceptual coherente de los patrones temporales que presenta la sucesión de elementos en la naturaleza, o la anticipación temporal de la ocurrencia futura de acontecimientos son aspectos de vital importancia para la adaptación de los organismos (Correa et al., 2006).

Estos dos componentes permiten establecer la existencia de regularidades temporales de carácter tanto endógeno, relacionado con procesos cognitivos y/o mecanismos de

procesamiento individuales; como exógenos, pertenecientes a la estructura del ambiente. Por ejemplo, procesos de cronometraje automático o motor, fundamentales para representar y actuar de forma coherente sobre los aspectos cambiantes del ambiente (e. j. condicionamiento parpebral) y de cronometraje controlado o perceptual, requerido para llevar a cabo juicios sobre la duración de un evento o su discriminación con otros (e. j. tareas de discriminación; Correa et al., 2006).

La estimación temporal presenta además propiedades diferenciales de primer y segundo orden. Las propiedades de primer orden corresponden a aquellas que son aplicadas a las duraciones de eventos individuales, y típicamente incluyen la precisión con la cual el criterio de duración es medido, tomando en consideración: a) la velocidad del reloj interno en tanto la tasa de la acumulación de pulsos y; b) la amplitud de las duraciones, la cual es subjetivamente almacenada y comparada con las duraciones actuales. Mientras que las de segundo orden se encuentran ligadas a la comparación de múltiples duraciones con cada una en términos de a) escalas temporales (ms-s/ s-min/ min-hrs) aunado a las propiedades de los eventos (brillantez, duración, arousal, intensidad); b) efectos de la modalidad en la integración en memoria; c) relación de la sensibilidad para organizar ritmos con la habilidad para estimar duraciones (basado en beats vs duración basada en tiempo); y d) tiempo compartido de atención (Allman et al., 2013; Kononowicz, Van Rijn y Meck, 2018).

Además de propiedades psicofísicas que definen una relación lineal entre la variabilidad del rendimiento temporal y la duración de un intervalo en conformidad con la ley de Weber, y que incluyen: proporcionalidad del tiempo, desviación estándar escalar, constante del coeficiente de variación y superposición (Church, 2002; Droit-volet, Cocenas-Silva y Gil, 2010; Buhusi, Oprisan y Buhusi, 2016), que si bien permiten cuantificar y generar hipótesis sobre aspectos temporales poco ofrecen sobre elementos adicionales que

interactuación como lo son las nociones de probabilidad o de la propia integración de los estímulos sensoriales.

Por otro lado, dentro de la conducta temporal se han descrito algunos disruptores los cuales se encuentran en diferencias individuales como la emoción asociada que puede propiciar cambios en la estimación; el consumo de fármacos estimulantes; la edad; y padecimientos psiquiátricos como lo son el TEA, Parkinson, Esquizofrenia, TDAH, entre otros (Droit-Volet y Meck, 2007; Allman et al., 2013). Sobre esto, se ha hecho la distinción entre factores temporales y no temporales asociados a los procesos de estimación. Los aspectos temporales son más relacionados con la invariancia de las escalas temporales que incluyen microsegundos; milisegundos la cual será de importancia en este trabajo debido su extensión de 200 a 1000 ms y su relación con la detección de claves temporales en el lenguaje, la vocalización, percepción auditiva/ musical y el procesamiento del movimiento y los sistemas visuales y somatosensoriales; segundos y ritmos circadianos (Bounomano y Karmarkar, 2002; Anamalamudi et al., 2014; Gupta, 2014; Merchant y De la fuente, 2014)

Por su parte, los factores no temporales se encuentran relacionados las propiedades perceptuales del estímulo (percepción); la posición de los recursos entre dos o más tareas (atención); y la existencia de representaciones mentales previamente establecidas (memoria), por ejemplo, el número de estímulos, el tamaño de las figuras, la luminiscencia, y más importante, el valor numérico (Grondin, 2010; Block y Grondin, 2014; Matthews y Meck, 2016), sobre esto se ha observado que las habilidades de estimación de tiempo suelen ser mejores dependiendo el tipo de tarea, mostrando un mejor desempeño para tareas de un estímulo simple de una sola tarea, ya que para procedimientos de tareas duales las tareas presentan mayor variabilidad tendiendo a subestimaciones y sobrestimaciones (Kroger-Acosta et al., 2013), así como el impacto del significado semántico por ejemplo, al hablar de

algo que conceptualmente refiere a 'ligero' será más fácilmente pensar en una pluma, sin embargo, cuando se piensa en el concepto de velocidad será más fácilmente pensar en una gacela, debido a que las nociones temporales están también afectadas por factores espaciales, o en el caso de sesgos atencionales a números más pequeños que producen juicios más cortos cuando se emplean como referentes temporales (Vagia et al., 2013; Mioni, Zakay y Grondin, 2015).

Finalmente, el estudio de la estimación temporal, en términos prácticos se ha abordarlo de diferentes formas el timing retrospectivo, que implica recordar la duración de un evento o actividad que ya ha pasado, y que requiere de dos componentes importantes, por una parte, la localización, la cual consiste en el uso de asociaciones contextuales para juzgar como son los eventos actuales; y por otra la distancia, que implica estimar la cantidad o el intervalo entre un evento y otro. Y el timing prospectivo, el cual hace alusión a los juicios en los que el sujeto tiene conocimiento de que se le requerirá el tiempo, son los juicios sobre la duración experimentada y están influido por procesos atencionales, de memoria y perceptuales (Hicks et al., 1979; Matthews y Meck, 2016).

Modelos clásicos en estimación temporal

El cómo los individuos llevan a cabo juicios sobre la duración de los eventos ha sido objeto de estudio, para la psicología, las ciencias cognitivas y las neurociencias, por mencionar algunos campos de conocimiento. Se han desarrollado modelos explicativos que puedan dar cuenta de que procesos y sustratos anatómicos interactúan entre sí para dar paso a un proceso de estimación del tiempo transcurrido.

Dichos modelos han sido agrupados bajo dos hipótesis importantes. Por una parte, se encuentran aquellos que consideran la existencia de un contador interno de carácter

cronobiológico y por otra aquellos que dejan de lado la existencia de dicho mecanismo y optan por un procesamiento y almacenamiento de información considerando procesos de atención y memoria para la representación del tiempo (Block y Zakay, 1996; Block, 2003). A continuación, se hace un recuento de los más importantes.

- **Modelo del oscilador temporal interno.** Propuesto por Treisman (1963) el cual consta de cinco componentes. El marcapasos, un contador, un almacén, un comparador y un mecanismo verbal selectivo. De manera general el marcapasos el cual genera secuencia de pulsos a una frecuencia determinada los cuales son transmitidos a una unidad de calibración, que controla la tasa final de pulsos emitidos. Posteriormente el contador registra el número de pulsos que han sido almacenados y el resultado puede ser almacenado, o, por el contrario, enviado a una unidad de comparación Finalmente, el número de pulsos acumulados pasan al mecanismo verbal selectivo, donde se encuentran las etiquetas verbales sobre los posibles juicios temporales (ej. '20 segundos', '1 minuto'; véase figura 1; Correa et al., 2006; Treisman, 1963).

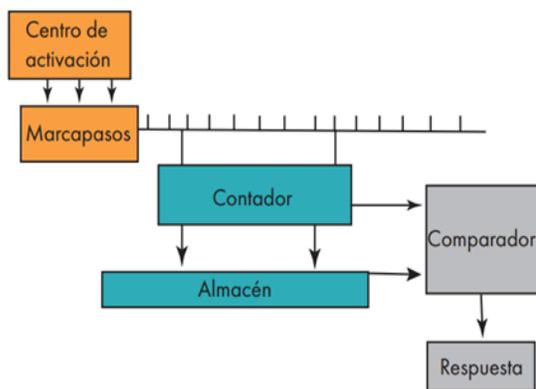


Figura 1. Representación del modelo del oscilador temporal interno.

Tomando de Suárez, Moreno y Casini. (2018). “Un reloj interno: modelos, neurociencias y trastorno por déficit de atención e hiperactividad”.

- Modelo de expectancia escalar (SET).** Está conformado por tres niveles. El primer nivel corresponde al reloj que incluye un marcapasos, un nodo de cambio, y un acumulador. El segundo nivel corresponde a memoria, que incluye almacenes de memoria de trabajo y de referencia; y finalmente, en el tercer nivel de toma de decisión, se encuentra el comparador, que determina la duración de los eventos (Gibbon, Church, 1984; Correa et al., 2006; Allman et al., 2013; Anamalamudi, Surampudi, y Maganti, 2014). El proceso precisa que a un estímulo le sigue una entrada de pulsos correspondientes a su duración, los cuales son almacenados en el acumulador, donde el pulso actual es comparado con uno previamente almacenado para la duración de ese evento en particular, cuando dos valores se emparejan lo suficiente en cercanía, una regla de decisión opera para producir una estimación del tiempo (véase figura 2; Block y Zakay, 1996; Allman et al., 2013)

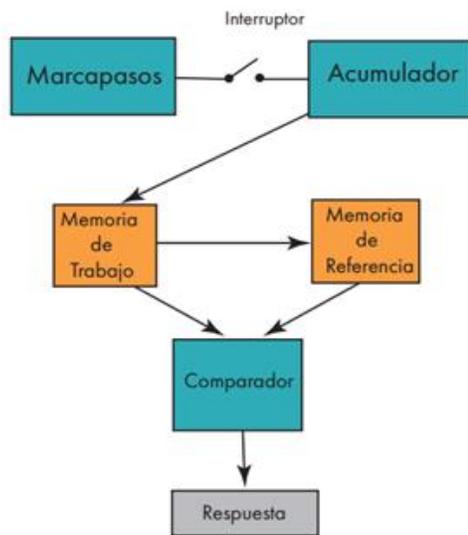


Figura 2. Representación del modelo de cronometraje escalar.

Tomando de Suárez et al., (2018). “Un reloj interno: modelos, neurociencias y trastorno por déficit de atención e hiperactividad”.

- **Teoría conductual de estimación temporal (BeT).** Propuesto por Killeen y Fetterman (1988), surge bajo la premisa de que todo estímulo que sea señal de recompensa genera una respuesta. Dichas señales son también llamadas conductas adjuntivas, que se encuentran organizadas en estados conductuales que son mantenidos por la presentación de un estímulo reforzador. Así, cada estado está organizado dentro de una cadena cuya función es la de servir como pistas del paso del tiempo similar a la función de un estímulo discriminativo. Cabe destacar que cada estado tiene una duración variable y las respuestas asociadas pueden ocurrir a velocidades diferentes incluyendo cero. Este modelo también postula la existencia de un sistema de marcapasos- acumulador como el encargado de emitir pulsos para el tránsito de un estado conductual a otro (Killeen y Fetterman, 1988; Aguilar y Carpio, 2014)
- **Aprendizaje del tiempo (LeT).** Fue propuesto por Machado et al. (2009), considera una estructura conformada por estados conductuales, o también llamados eslabones asociativos y respuestas operantes como formas de explicación de los procesos de timing, en general requiere tres elementos: Series de eventos, un vector de links asociativos que conecta los estados con la respuesta operante y la respuesta operante en sí misma (Machado et al., 2009). De acuerdo con LeT, el proceso de estimación comienza con un marcador de tiempo, el cual inicia la activación de la secuencia de estados conductuales y finaliza con la presentación de la respuesta operante producida por un reforzador (véase figura 3)

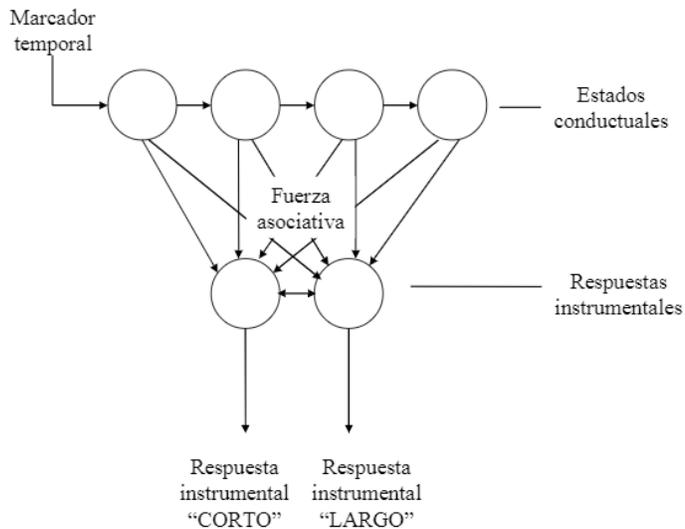


Figura 3. Representación de Aprendizaje de Tiempo.

Nota: Tomando de Trujano, E. (2010)

Dichos modelos han sido asociados a sustratos neuronales que dan cuenta de cómo se da el proceso de estimación del tiempo en el cerebro. Algunas de las asociaciones neurofisiológicas incluyen tres modelos. El propuesto por Ivry y Spencer (2004) el cual sostiene que la integración de las estructuras corticales y subcorticales como una red, proporcionan los sustratos para el entendimiento de procesos de estimación temporal. Por ejemplo, el cerebelo cronometra y genera las representaciones temporales en milisegundos, mientras que dichas representaciones son mantenidas y manipuladas en la corteza prefrontal (memoria de trabajo). Por su parte, los ganglios de la base en conexión con la corteza prefrontal intervienen en los procesos de actualización de la memoria de trabajo, la cual acumula los valores de tiempo (Ivry y Spencer, 2004).

El modelo neurofarmacológico de Meck (1996; 2005), el cual contempla cinco componentes (de los cuales, los tres primeros conforman el mecanismo de cronometraje) estos son la sustancia negra, el estriado (caudado y putamen), el globo pálido, el tálamo y la

corteza prefrontal. En dicho modelo la sustancia negra funge como el marcapasos, que manipula los pulsos a través del estriado como el interruptor, y al globo pálido que actuaría como el acumulador. Dando en general el ‘reloj interno’, con un circuito dependiente de dopamina (Meck, 1996; 2005).

Finalmente, Rao y colaboradores (2001) proponen un modelo de integración de cinco estructuras con dominancia derecha, las cuales son los ganglios basales (caudado y putamen), tálamo, corteza parietal, área premotora y corteza dorsolateral prefrontal. Así como los modelos anteriores, los ganglios basales fungen como marcapasos, manteniendo comunicación con áreas parietales y del tálamo derecho por su función en proceso de atención. A partir de esta interacción se da paso a la acumulación de los pulsos en la memoria de trabajo mediante un repaso ejercido, una vez que se ha acumulado la información mientras que la representación o comparación es manipulada en la corteza prefrontal dorsolateral (Rao, Mayer y Harrington, 2001).

Si bien, dichos modelos engloban de manera general el procesamiento del tiempo y su conjunción con otros procesos cognitivos como memoria y atención, se ven limitados al hipotetizar las desviaciones en la habilidad para estimar el tiempo particularmente en concordancia con el desarrollo y en poblaciones atípicas, ya que como lo indican las subestimaciones o sobreestimaciones estarían dados por fallos en la detección, codificación, almacenamiento de pulsos y su comparación con duraciones previamente aprendidas sujetos a procesos de atención y memoria conjuntamente, lo cual requiere de cierto nivel cognitivo, y que poco habla sobre la capacidad adaptativa de los propios individuos.

Procedimientos de evaluación en estimación temporal

Los procedimientos de estimación buscan que un organismo realice juicios respecto a la duración de eventos con base en esto se han propuesto diversas formas de abarcar dicho fenómeno mediante procedimientos clásicos. Una clasificación de ellas es la propuesta por Bindra y Waksberg (1956), siendo: (1) Estimación verbal como aquella en la que se presenta un intervalo operativamente delimitado, y se le pide al participante que estime de forma verbal la duración del intervalo; (2) producción para el cual el participante es instruido para realizar el juicio de una duración establecida; (3) y reproducción en donde se delimita un intervalo y se pide al participante que reproduzca dicho intervalo con las mismas características temporales (Bindra y Waksberg, 1956).

Otra clasificación es la propuesta por Killeen y Fetterman (1988), la cual se basa en el periodo de tiempo que es estudiado, siendo que su división abarca, a) tiempo inmediato, estudiado con el procedimiento de pico; b) tiempo retrospectivo, usando procedimientos de bisección temporal; y c) tiempo prospectivo con programas concurrentes encadenados.

No obstante, existen otro tipo de procedimientos, que difieren de los anteriores, en tanto que consideran la participación de procesos de integración sensorial y probabilidad en las conductas temporales, dichos paradigmas parten de teorías de integración sensorial para las cuales el cerebro lleva a cabo juicios de probabilidad considerando la estructura temporal de los estímulos a combinar, siendo que una alteración en el procesamiento temporal puede resultar en un cambio en el peso relativo de los inputs o 'entradas' contribuyendo a los procesos de combinación. Asimismo, retoman aspectos tales como la ventana de integración temporal (VIT), la cual se puede definir como el lapso continuo de estímulos consecutivos en el cual son unidos (Fost-Feig et al., 2010).

Dichos procedimientos consisten en el uso de ilusiones perceptuales, las cuales han sido usados para determinar los efectos sensoriales y disruptores sobre la estimación temporal, y particularmente su efecto sobre la VIT (Zhou et al., 2018). Demostrando efectos sobre la conducta temporal y sus procesos relacionados no solo en participantes normotípicos, sino que también sobre poblaciones atípicas, de forma específica niños con condiciones del neurodesarrollo como el trastorno del espectro autista (TEA). Dichas tareas y su evidencia incluyen:

Juicio de orden temporal (TOJ)

En dicho procedimiento, se le pregunta al participante que juzgue el tiempo relativo de un estímulo visual y uno auditivo en forma de estímulos de inicio asincrónico (SOAs), para cuyo caso se le pregunta cuál de los dos estímulos comenzó primero. Los resultados se miden en función de los ensayos en los cuales se hayan reportado los órdenes correctos y son usados para calcular la amplitud de la VIT (ventana de integración sensorial-temporal; Zhou et al., 2018).

Dicho procedimiento, toma en consideración que los valores mínimos de intervalos interestímulos entre dos estímulos sucesivos para poder reportar el orden correcto de ambos rondan los 20- 40 ms. No obstante, se estima que dichos valores varían dependiendo el tipo de estímulo, ya que el curso de transducción del tiempo para la modalidad visual toma aproximadamente 30-40 ms, mientras que, para la modalidad auditiva es considerablemente menor a 2 ms, así como si se trata de estímulos lingüísticos o no lingüísticos (Kanabus, et al., 2002).

Respecto a esto, Kwakye et al. (2010) usaron un procedimiento de TOJ con diferentes estímulos, visuales, multisensoriales y auditivos en serie, aplicado a una muestra de niños de

edades de 8 a 17 años con diagnóstico de trastorno del espectro autista (TEA) y sus pares controles, con el objetivo de determinar el umbral y la extensión de las ventanas de integración sensorial de estímulos unisensoriales y transmodales asociados a diferentes duraciones. Los resultados versan en una ejecución dentro de un amplio rango de duraciones para el caso de los participantes con TEA en relación con sus controles, con diferencias marcadas para los estímulos auditivos, lo cual habla de asimetrías sensoriales (Kwaakey et al., 2010).

Tarea de juicio simultáneo (SJ)

Este tipo de procedimiento es similar a TOJ, es usada para medir la precisión temporal a través de diferentes modalidades separadas por un rango de SOAs, y juzgar si los estímulos fueron simultáneos o secuenciales; los resultados obtenidos son ajustados por funciones psicométricas para extraer medidas de agudeza temporal entre los juicios, típicamente entendida como la diferencia justa notable (JND), cuando esta diferencia es muy pequeña representa que la agudeza incrementa (Poole et al., 2017; Zhou et al., 2018).

Poole y colaboradores. (2017), usaron dicha tarea en pacientes adultos con TEA y sus pares controles, con la finalidad de investigar la agudeza temporal para todos los posibles emparejamientos bimodales, visuales, táctiles y auditivos. Los resultados no arrojaron diferencias en la agudeza temporal, sugiriendo que esta se encontraba normal en participantes con TEA, sin embargo, encontraron alteraciones en la agudeza temporal para los pares visuales-táctiles y un sesgo hacia visión con la información visual-auditiva como predictores de la reactividad sensorial presentes en el cuadro clínico.

En 2014 Stevenson et al, usaron una tarea de SJ, así como una ilusión de McGurk en niños con TEA con estímulos no lingüísticos (flash-beep, ruido) y lingüísticos (sílabas), los

resultados reflejaron una extensión de la ventana temporal restringida para los estímulos audiovisuales lingüísticos. Además de ello, las extensiones de la VIT sobre el tipo de estímulo se correlacionaron con base la fuerza de la ilusión de McGurk para el grupo con TEA.

Considerando lo anterior Noel et al, (2018), llevaron a cabo un procedimiento de juicio simultáneo, bajo la hipótesis una alteración temporal no selectiva a medidas exteroceptivas (percepción temporal de claves audiovisuales), sino también interoceptivas (monitoreo de la respiración, propiocepción, ritmo cardiaco, hambre, dolor, etc.) encontraron un ensanchamiento cuatro veces mayor de la VIT en participantes con TEA en comparación con sus pares controles, sugiriendo un déficit cardiovizual (asociación temporal interoceptiva-exteroceptiva), lo que puede explicar la alexitimia en estos participantes.

Ilusión de flashes inducidos por sonidos (Double-Flash Beep Illusion)

Una estrategia para examinar el peso relativo de las modalidades sensoriales sobre la percepción es hacer que la información converge por dos modalidades en correspondencia de la una con la otra. Esto no solo permite ver la interacción de diferentes estímulos en uno, sino también permite observar las distorsiones que ambos estímulos generan en conjunto.

La ilusión visual producida por el sonido se basa principalmente en la premisa de que la intensidad de un estímulo, en este caso visual, incrementada en la presencia de un sonido genera un tipo de sesgo sobre la interpretación de la información en favor de alguna alternativa (Shams, 2002).

En relación con lo anterior, Shams et al. (2002) presentaron la primera modificación transmodal de un procedimiento visual, en conjunto a un estímulo auditivo. Reportando una ilusión inducida por sonidos, la cual se basa en que la presentación de un flash o una luz, la

cual es acompañada con múltiples sonidos (beeps), puede generar la percepción de un flash extra.

Con la finalidad de evaluar dicho fenómeno llevaron a cabo dos procedimientos experimentales; en el primero, manipulando el número de flashes reportados en relación con el número de beeps. Los resultados arrojaron, que cuando se presentaba un flash y un beep no se producía la ilusión, no obstante, cuando se presentaban dos o más beeps, la percepción de flashes también incrementa.

La segunda manipulación se usó para observar la distancia en tiempo en que los beeps debían estar de los flashes para producir distorsión. Respecto a ello, los resultados arrojaron un mayor efecto de la ilusión ante duraciones cortas, respecto al primer beep con el segundo, contrario a las duraciones más largas en las cuales se presentaba un efecto de decaimiento. Dicha distancia se encontró con mayor efecto alrededor de 100 a 150 ms. Esto está basado de igual forma en que la extensión de la separación temporal entre los estímulos típicamente determina si un estímulo interactúa con otro, siendo que un estímulo que ocurre más cercano en tiempo con otro es más probable de influir las respuestas de los participantes (Shams, Kamitani, Shimojo, 2002; Poole et al., 2017; Stiles, Tanguay y Shimojo, 2019).

Con base a lo anterior, Keane et al. (2010) aplicaron dicho procedimiento en adultos con TEA de alto funcionamiento y sus controles, tomando en consideración reportes anteriores acerca de las alteraciones en la integración de información audiovisual en estos pacientes. Los resultados arrojaron, sensibilidad para la ilusión para ambos grupos, con un rendimiento más lento para el grupo con TEA en las condiciones de un solo estímulo auditivo en comparación con sus controles, estos resultados son congruentes con los reportados por Van der Smagt y colaboradores usando el mismo procedimiento (Van der Smagt et al., 2007; Keane et al., 2010).

Por su parte, considerando resultados previos en TEA, acerca de la sensibilidad de estos pacientes para reportar la ilusión, Foss-Feig y su equipo (2010) aplicaron dicho procesamiento en niños con TEA y sus pares controles, considerando la dependencia temporal de la ilusión y de qué forma esto afectaba la ventana de integración sensorial, la cual se había planteado se encontraba intacta. Los resultados mostraron una ventana de integración temporal doblemente extendida en los pacientes con TEA, reportando un umbral de 600 ms en comparación con niños de desarrollo tipo en 300ms (Van der Smagt et al., 2007; Keane et al., 2010; Stiles, Tanguay y Shimojo, 2019).

Tarea de McGurk

Es usada para investigar la habilidad de los participantes para unificar la información visual y auditiva lingüística, también conocido como ‘percepción del lenguaje intermodal’. Dicha ilusión ocurre cuando la información visual y auditiva en el lenguaje son puestas en discordancia, presentando una sílaba acústica (e.j /ba/) y otra sílaba visual (e.j /ga) resultando en una percepción fusionada de una sílaba extra (e.j /Da/). Con base en ello es que se puede argumentar el hecho de que la percepción del lenguaje es un proceso intermodal y parece ser como la integración de mecanismos para formar un precepto fonético unificado (Bebko, Schroeder y Weiss, 2014).

Respecto a lo anterior, Zhang et al. (2018) en un compilado sobre aplicaciones de la ilusión de McGurk mencionan que las forman en las que se consideran los resultados pueden ser la ilusión de fusión entre el fonema visto y el fonema que se escucha, o por el contrario, cuando la respuesta del participante es la misma que la del estímulo visual, asimismo a menor número de respuestas auditivas o mayor número de respuestas visuales consistentes se considera el grado de efecto de la ilusión.

De forma general, los resultados se encuentran homogéneos con una mayor fuerza de la ilusión de McGurk en los grupo con TEA, al tratarse de estímulos lingüísticos, así como en concordancia con otras tareas, la extensión de las ventanas temporales para la percepción de diferentes estímulos audiovisuales a diferentes SOAs se ha asociado con un déficit en la comunicación, de igual forma, esta fusión o efecto de la ilusión también se ha correlacionado con inatención e incluso con anormalidades en el procesamiento auditivo (Woynaroski et al., 2013; Stevenson et al., 2014; Noel et al., 2016; Zhou et al., 2018).

Resumiendo lo anterior, dichos procedimientos dan como resultado la relación entre el tiempo, procesos de integración sensorial y probabilidad dentro de la regulación y adaptación conductual de los organismos e individuos, además de mostrar que la afectación en dicha triada puede explicar conductas alternas tales como algunas presentes en los cuadros clínicos, como el caso del trastorno del espectro autista. Por su parte dichas explicaciones se hayan limitadas en los paradigmas clásicos que buscan la comprobación de un mecanismo por reloj interno y que en poblaciones atípicas los fallos en la estimación del tiempo se atribuyen a las alteraciones en otros mecanismos cognitivos.

Estimación temporal en niños

El estudio del tiempo a lo largo del desarrollo ha permitido observar que los niños cuentan desde periodos embrionarios con la habilidad para poder identificar y determinar cambios en los eventos temporales, siendo capaces de sincronizar su conducta con el tempo de los estímulos externos, y las duraciones de los eventos que son percibidos y procesados aun sin tener una idea adecuada de que los eventos tienen duraciones, siendo así que no estiman las duraciones por sí mismas (McCormack y Hoerl, 2017). Por ejemplo, la percepción temporal de la dinámica social entre el embrión y la madre, a través de factores o marcadores

biológicos como ritmo cardíaco y ondas sonoras de la voz, así como la sincronización de la succión, entre otras conductas motoras (Droit-Volet, 2013; Allman, Pelphrey y Meck, 2012; Droit-Volet, 2016).

Respecto a esto, Backbill y Fitzgerald (1972) con un procedimiento de condicionamiento de constricción pupilar en neonatos (3 meses) indicaron que estos neonatos eran capaces de aprender a asociar intervalos de tiempo entre dos eventos. Además de ello, con evidencia de un perfeccionamiento durante el primer año de vida (e.j cambio cuantitativo entre los 6 y 10 meses para la sensación de tiempo; Brannon, Roussel, Meck y Woldorff, 2004; Allman et al., 2012; Möhring, Libertus y Bertín, 2012).

Para el caso de los infantes, los estudios sugieren que entre edades de 5 y 8 años se posee una percepción de tiempo lentificada a comparación de otros procesos cognoscitivos, para lo cual el mejoramiento en la precisión al estimar intervalos ésta relacionado con el desarrollo de otros procesos superiores, tales como funciones de atención y memoria de trabajo, siendo que los niños pequeños tienen a un sesgo hacia respuestas aleatorias en comparación con niños más grandes (Allman et al., 2012). Respecto a esto Zélanti y Droit-Volet (2011) mostraron que la discriminación entre magnitudes temporales relativamente cortas son más fáciles que las largas en niños, sugiriendo un efecto de la edad, ya que hay un mejoramiento para el caso de las duraciones cortas que aquellas más largas para edades de entre 5 y 9 años, que puede ser debido a que la identificación y discriminación de intervalos cortos ésta basada en el desarrollo de almacenes de corto plazo, mientras que el mejoramiento para intervalos largos requiere el desarrollo de procesos ejecutivos y atencionales. En adición a una menor sensibilidad cuando el intervalo es interrumpido o evaluado con demora (Allman et al., 2012; Droit-Volet, 2013; Brenner et al., 2015; Droit-Volet, 2016).

Por su parte, McCormack y Hoerl (2017) proponen un modelo de desarrollo para las localizaciones temporales en el niño, mencionando que tempranamente en el desarrollo, los niños pequeños son capaces de pensar acerca de localizaciones en el tiempo independientemente de los eventos que ocurren en esas localizaciones. Es únicamente con el desarrollo que el niño comienza a tener una adecuada distinción entre el pasado, presente y futuro, y la representación del tiempo como lineal y unidireccional, asumiendo que los niños de dos a tres años pueden categorizar eventos diferentemente dependiendo si estos recaen en el pasado o en el futuro, no pueden ser capaces de entender que si un evento está en el futuro o en el pasado es algo que cambia cómo pasa el tiempo y varía con la perspectiva temporal. Siendo que alrededor de los cuatro y cinco años, los niños entienden cómo opera la causalidad en el tiempo y cómo pueden entender las relaciones sistemáticas que obtienen diferentes localizaciones en el tiempo, las cuales son provistas por la adquisición el sistema del reloj y calendario convencionales (McCormack y Hoerl, 2017).

En adición y en concordancia con el modelo antes mencionado, los autores describen el posible desarrollo de las nociones temporales de la siguiente forma:

- Etapa A: Representaciones de secuencias de eventos repetidos (18-24 meses). Los niños demuestran mayor facilidad para prender secuencias de eventos repetidos y con ello adquieren rápidamente expectativas de comportamiento con respecto a secuencias de eventos. Aquí las nociones tempranas de tiempo son evento-dependiente. Por tanto, los niños piensan en el estado de los eventos (completados/sin completar), más que en la localización en puntos en el tiempo (pasado/ futuro).
- Etapa B: Evento basado en tiempo (2-3 años). Los niños de esta edad pueden hacer más que solo pensar acerca de la localización de los eventos en secuencias de eventos repetidos, permitiéndoles que puedan pensar en eventos más que en puntos en el

tiempo incluso cuando consideran que las cosas han pasado fuera del pasado o presente inmediato, este periodo está caracterizado por no contar con una noción lineal del tiempo que les permita representar sistemáticamente relaciones de antes/después entre eventos.

- Etapa C: Tiempo lineal independiente del evento (4 a 5 años). Los niños a esta edad comienzan a presentar los primeros pasos de un pensamiento con una distinción entre un punto en el tiempo en el cual un evento ocurre y en el evento en sí mismo. Comienza el aprendizaje de relaciones causal-temporal, siendo que los niños descifran eventos desde un orden en el cual los eventos pasan, ya que si descubren los eventos en el mismo orden que pasan esto puede llevar a un buen uso de la actualización para juzgar correctamente el estado actual del mundo.
- Etapa D: Tiempo abstracto (>5 años). Se presentan formalmente las distinciones de eventos pasados y futuros en una linealidad, aunado a ello poseen una forma de describir y pensar en los eventos que no hace referencia a los eventos en absoluto. En adición, se da el aprendizaje de métodos temporales como el reloj y el calendario, los cuales, una vez adquiridos, propician que los tiempos se piensen de una forma que involucren el considerar los eventos localizados en esos tiempos, incluso si hay que distinguir mentalmente un evento y su tiempo de ocurrencia. Hasta alcanzar un nivel de madurez alrededor de los 8 a 9 años.

Las formas de estudio del tiempo en niños muestran que hay factores que van desde el tipo de tarea hasta los estímulos que pueden producir variaciones en los juicios temporales, por ejemplo, Droit- Volet et al. (2015) llevaron a cabo un estudio para examinar el desempeño de niños y adultos en diferentes tareas de estimación temporal como: Bisección, reproducción y generalización. Observando una mayor distorsión del

tiempo en tareas de reproducción y bisección, en comparación con tareas de discriminación.

La propiedad de los estímulos parece afectar la forma en la que los intervalos son percibidos para el caso de los niños, ya que las estimaciones suelen ser distorsionadas si el estímulo es grande o brillante, ya que implica aspectos de modulación psicofisiológica aún no desarrollados y que pueden producir subestimaciones y sobreestimaciones haciendo que sus juicios sean menos estables. En relación con lo anterior, Lustig y Meck (2011) demostraron en niños de 8 años una asimetría atípica en la modalidad sensorial para duraciones señaladas por estímulos visuales o auditivos, respecto a esto la modalidad del estímulo tiene efectos sobre la estimación, ya que, una duración dada de 5s puede ser evaluada como larga cuando se trata de un estímulo visual y corta cuando se trata de un estímulo auditivo. Debido, quizá a que los estímulos auditivos pueden captar la atención de manera más rápida y automática, propiciando una mayor acumulación de pulsos, para el caso del modelo de expectancia escalar (SET) (Droit-Volet, Tourret y Wearden, 2004; Allman et al., 2013).

El efecto de la retroalimentación como lo demostraron Crowder y Hohle (1970) en un estudio en el cual se presentaba una tarea de reproducción bajo la idea de una historia, ellos reclutaron una muestra de 112 niños preescolares divididos por grupos de edad, bajo dos experimentos en los cuales la consigna requería llevar a un león a su guarida antes de que anocheciera, dentro de las condiciones hubo cuatro grupos, dos de ellos con diferencias de edades, los cuales no recibían ningún tipo de retroalimentación por su desempeño, mientras los grupos restantes sí. Los resultados mostraron que, ante la falta de retroalimentación los niños más pequeños no mostraban mejoría, igualmente, si los elogios se daban cuando la ejecución era incorrecta, también había un efecto de decaimiento. De forma opuesta, los

niños más grandes eran capaces de modificar su propio desempeño y aprender de sus errores aún ante la falta de información sobre su ejecución.

Otras características que se han derivado del estudio del tiempo en infantes reflejan que, a pesar de que los menores de 3 años pueden medir el tiempo de un evento, tienen dificultad para medir la duración entre estímulos, se ha encontrado también que basan su habilidad para estimar a través de la acción o de factores externos o contadores, no obstante, estas habilidades se reducen alrededor de los 5 años, ya que logran una noción de la duración, no sólo sincronizar adecuadamente sus acciones apropiadamente, sino que el concepto de duración es lo suficientemente abstracto permitiéndoles pasar eventos específicos a duraciones. Siendo que, esta concepción de la duración es evento-independiente, es decir, que entienden que los eventos toman una cierta cantidad de tiempo y que incluso los periodos de tiempo pueden ser llenados con diferentes tipos de eventos, de los cuales es posible comparar el tiempo que cada uno dura, a lo cual se le conoce como ‘abstracción de tiempo homogéneo’ (Gautier y Droit- Volet, 2002; Droit-Volet, 2013; McCormack y Hoerl, 2017).

Lo anterior demuestra que la adquisición de procesos de estimación temporales, tales como sucesión y duración, las cuales están presentes en el desarrollo logran una consolidación hacia la edad de los 7 u 8 años, cuando el niño es capaz de pensar de forma lógica y con ello desarrollar una conciencia de importancia y relevancia del tiempo en determinadas situaciones, así como el desarrollo de estrategias temporales y la administración de sus recursos de atención. En edades menores, el tiempo parece no tener relevancia, siendo que sus juicios temporales son dependientes del contexto, de la saliencia de la información no temporal o de la experiencia psicofisiológica y de estados emocionales (Fraise, 1984; Droit- Volet y Rattat, 1999; Gautier y Droit-Volet, 2002; Droit- Volet, 2013).

Efectos de la integración sensorial en los procesos de estimación temporal

La participación de los procesos de integración sensorial en las conductas de estimación temporal deviene de un ajuste óptimo hacia las contingencias del ambiente, para lo cual el cerebro compensa la incertidumbre a través de combinar la información multisensorial redundante derivada de un evento, para posteriormente integrar la señal actual con el conocimiento previo de la estructura estadística de cada uno de los eventos, en una representación coherente del exterior, una vez integrada dicha información, el sistema de estimación de tiempo puede evaluar adecuadamente la duración del evento completo (Bausenhardt, 2014; Robertson y Baron-Cohen, 2017; Murai y Yotsumoto, 2018)

Las habilidades de integración sensorial no son estáticas, van incrementando a través del desarrollo concomitantemente con la exposición de los individuos a las regularidades estadísticas del ambiente, las cuales predicen si dos inputs sensoriales de diferente modalidad provienen del mismo evento externo, para entonces, poder ser integrados. Por lo tanto, a mayor proximidad temporal entre dos estímulos sensoriales, mayor probabilidad de que sean integrados como un solo percepto. Cuando se presentan alteraciones en la integración de los inputs, estas se pueden asociar a una baja habilidad para aprender dichas regularidades (Karaminis et al., 2016). Por lo tanto, una disminución en la sensibilidad tanto probabilística, y a su vez temporal, propicia una exacerbación de las conductas estereotipadas, debido a que su persistencia facilita los procesos de duración al poder “contar el tiempo” (Allman, De León y Wearden, 2011).

Lo anterior sienta las bases para que las conductas temporales tengan lugar, dando como resultado dos tipos de dinámicas de juicio para eventos temporales que implican la participación de mecanismos de integración sensorial: a) juicio implícito, el cual implica una estimación no abierta de estímulos o acciones, es decir, la estimación (timing) emerge como

un producto de la dinámica temporal de la experiencia perceptual regular o los inputs motores, por ejemplo, la anticipación de un evento sin ningún procesamiento consciente de tiempo; y b) juicio explícito que es la estimación abierta de un estímulo, que requiere de procesos conscientes de la duración de un nuevo evento, con un alto nivel de control cognitivo (Droit- Volet, 2013).

Algunos factores que pueden afectar dichos juicios incluyen la asimetría atencional en la codificación de estímulos visuales y auditivos, debido a que los eventos visuales requieren un mayor grado de atención para poner todos los recursos en ello y evitar factores que puedan alterar la representación, sobre esto se ha observado que estas dificultades se encuentran mayormente marcadas en niños debido a una limitación en los recursos de atención a consecuencia del desarrollo, y que resulta en una alteración en la forma en la que se codifica la información (Droit- Volet, Meck y Penney, 2007).

Estudios han demostrado que los niños de entre 3-5 años presentan mayor variabilidad en la detección del inicio de duraciones señaladas por un estímulo visual. Por ejemplo, Droit-Volet et al. (2007), bajo el supuesto de las diferencias en la codificación dependiendo del tipo de estímulo, usaron un procedimiento de bisección temporal con estímulos visuales y auditivos, en niños y adultos. Los resultados arrojaron que los estímulos visuales eran juzgados como más cortos en comparación con los auditivos, con mayor efecto en niños debido a que las habilidades atencionales disminuidas a causa del desarrollo (Droit- Volet, 2013).

Respecto a esto algunas restricciones para dichas asimetrías de modalidad han mostrado que los efectos ocurren únicamente cuando ambos estímulos (visuales y auditivos) son presentados en la misma sesión y comparten la misma. (Droit-Volet y Meck, 2007, véase también Penney y Tourret, 2005). Por lo tanto, la codificación de ambos tipos de estímulo

parte de la naturaleza misma de estos, ya que los estímulos auditivos poseen una estructura temporal y secuenciada, para la cual las claves poseen un orden serial de importancia, siendo así que, la estimación de eventos auditivos es más precisa que para los visuales (Conway, Pisoni y Kronenberger, 2009). No obstante, esta diferencia impresiona ser únicamente a ciertas duraciones. Con el objetivo de observar la diferencia en la codificación temporal de estímulos visuales y auditivos, Rammsayer, Bortner y Troche (2015), usaron dos tareas de discriminación con ambos tipos de estímulos, con rangos cortos de 50 ms y rangos largos de 1000 ms, los resultados mostraron que los participantes responden de forma más precisa para los estímulos auditivos en comparación a los visuales cuando la duración estándar era demasiado corta o demasiado larga, no obstante, cuando la duración era mayor a 1s la diferencia por modalidad parecía desaparecer (Rammsayer, Bortner y Troche, 2015).

Si bien, se ha descrito la importancia de la integración multisensorial como partícipe en las habilidades de estimación temporal, es necesario mencionar que se ha especulado que las alteraciones para estimar el tiempo pueden precisamente devenir de déficits sensoriales, un ejemplo de ello se ha descrito en trastornos del neurodesarrollo, como puede ser el trastorno del espectro autista (TEA), para el cual se ha hablado de alteraciones en la integración de la información de diferentes modalidades en un percepto único, relacionado a su vez con dificultades percibiendo la relación temporal entre claves transmodales. En un experimento, aplicado a pacientes con TEA de alto funcionamiento, y sus pares controles, Stevenson et al. (2014) bajo una tarea de ilusión de McGurk, encontraron que para el caso de los participantes con TEA había una menor precisión en el procesamiento temporal a medida que el estímulo se volvía más complejo, con un déficit marcado para al dominio de lenguaje, siendo así que, la fuerza en la integración perceptual de claves audiovisuales lingüísticas

observadas en dichos participantes estaba fuertemente relacionada con un decremento en sus habilidades de procesamiento multisensorial temporal (Stevenson et al., 2014).

Por lo tanto, mientras los individuos con desarrollo típico son rápidos para detectar estímulos visuales presentados con tonos simultáneos, así como individuales, esta conducta se encuentra reducida en los individuos con TEA. Encontrando que la relación entre la integración sensorial y proceso de tiempo está dada por todos los dominios afectados en TEA, debido al procesamiento de la información y las fuentes de modalidades de donde emerge. Así, las dificultades en TEA se ven traducidas en una demora en la evocación de respuestas, aunado a la integración de diversos estímulos en un percepto general que es construido sobre el tiempo (Robertson y Baron-Cohen, 2017).

Ventanas de integración sensorial-temporal

La relación y efecto de procesos de integración sensorial y temporales ha sido estudiado mediante el uso de ilusiones perceptuales, las cuales permiten determinar la amplitud de la ventana de integración sensorial-temporal (VIT), es decir el periodo de tiempo entre el cual cualquier estímulo de diferente modalidad es probable de ser integrado en un percepto unificado (Wallace y Stevenson, 2014)

La VIT es un mecanismo adaptativo cuya extensión difiere en ancho para cada estímulo, mostrándose más pequeña para los estímulos audiovisuales simples, con un incremento medio para estímulos más complejos (e.j el lenguaje), muestra un marcado grado de variabilidad sujeto a sujeto, ya que continúa madurando en relación con el desarrollo; adicionalmente, la maleabilidad de la VIT se ajusta a la estocasticidad del ambiente (Wallace y Stevenson, 2014; Hillock-Dunn, Grantham y Wallace, 2016).

Respecto a esto, Lewkowicz y Flom (2013) evaluaron la extensión de la VIT en niños pequeños de 4 a 6 años, con la finalidad de identificar la forma en la que los pequeños son capaces de integrar la información audiovisual, para ello llevaron a cabo dos experimentos. El protocolo consistió en una tarea de juicio de orden con videos de una persona diciendo una sílaba sin sonido, y por otro, un audio con la misma sílaba, con condiciones sincronizadas y desincronizadas a diferentes SOAs, la instrucción consistió en reportar cuando los videos aparecían al mismo tiempo. Para el primer experimento los estímulos fueron sincrónicos, y para el segundo experimento se presentaron desincronizados. Los resultados generales reflejaron que los pequeños de 6 años eran capaces de identificar todas las asincronías, contrario al grupo de menor edad, los cuales mostraron identificar solo un 20% de ellas, siendo que la extensión de la VIT en niños pequeños parece ser más larga y lenta en comparación con niños más grandes o adultos (Lewkowicz y Flom, 2013).

Además, las ventanas de integración temporal pueden estar afectadas, y a su vez, relacionadas con fluctuaciones en el desarrollo; de acuerdo con esto, algunos estudios de EEG han revelado que la amplitud de la ventana temporal en adultos oscila entre 200 ms, mientras que, en niños de 5 a 8 años se encuentra en un rango de 350 ms debido a que a mayor edad hay una mayor facilidad para integrar información en segmentos temporales cortos (Dacewicz, Szymaszek, Nowak y Szelag, 2018).

Lo anterior corresponde a valores estándar para sujetos típicos, sin embargo, algunos factores pueden alterar la extensión de esta, un ejemplo de ello son los trastornos del neurodesarrollo. Respecto a esto, Foss-Feig et al. (2010), aplicaron un procedimiento de ‘sound induced flashes’ en niños con TEA comparando su desempeño con sus pares controles. Los resultados estribaron en los rangos de SOAs en los que los pequeños detectaban la ilusión (ver dos flashes en lugar de uno), se obtuvo un desempeño alterado en

el grupo TEA, con una extensión de la VIT de alrededor de 600 ms, contrario a sus controles, para los cuales rondaba 300 ms (Foss-Feig et al., 2010).

Por lo tanto, las diferencias individuales pueden derivar en alteraciones sobre las nociones de integración y juicio temporal, tal es el caso del TEA, esto se sustenta bajo la hipótesis de que en dichos individuos se haya una disminución de la ‘coherencia central’, siendo esta la tendencia cotidiana para procesar la información dentro de su contexto, es decir, reunir información con base a grados de significancia, y por lo tanto llevarlos a un procesamiento centrado al detalle más allá de la configuración global del percepto, es decir, las relaciones son unidad con desfase propiciando que se difiera de su relación y significancia como parte de un todo que, esto no solo implica nuevas formas de comprender la forma adaptativa de los individuos aun ante sistemas alterados, así mismo, ofrece nuevas formas de comprender el perfil clínico (Brock, Brown, Boucher y Rippon, 2002).

Efectos de la probabilidad en la estimación temporal

El procesamiento del tiempo interacciona con otros procesos igualmente fundamentales para comprender de qué forma los individuos son capaces de organizar su conducta, uno de ellos el análisis probabilístico de la información. Dentro de la conducta y adaptación los individuos son capaces de comprender las asociaciones en su ambiente atendiendo a la información probabilística derivada de cada input sensorial, como forma de exploración en busca de regularidades (Starling, Reeder y Aslin, 2018; Plate, Fluvio, Shutts, Green y Pollak, 2018). La probabilidad es, por lo tanto, entendida como aquella herramienta que posibilita la descripción, cuantificación y modelamiento de la certeza, ya que la información de la vida real es variable y es necesario tener nociones predictivas sobre la forma en la que cambiaran las cosas ante condiciones determinadas, para tener como

resultado la posibilidad de adaptarse en el mundo real y responder adecuadamente a los estímulos (Sharma, 2012; Gong y Shengqing, 2017).

El aprendizaje probabilístico/ estadístico es un tipo de aprendizaje implícito, ya que el individuo no es consciente del procesamiento y análisis de la información, permite extraer las regularidades del ambiente relacionadas con la conducta (lenguaje, conducta social y motora), así como detectar patrones de entrada de información sobre tiempo sin conciencia o intención basándose en la sensibilidad de los individuos para las probabilidades transicionales entre estímulos (Mayo y Eigsti, 2012; Jones et al., 2018; Saffran, 2018).

Esta habilidad se presenta desde etapas neonatales, ya que se sabe que los individuos, incluso desde los ocho meses son capaces de extraer información referente a la distribución de propiedades de los estímulos, mostrando ser altamente sensibles a las relaciones causales entre eventos, pudiendo determinar la probabilidad de un resultado posible, para la formulación de predicciones sobre eventos futuros que pueden o no ocurrir. Aunque este tipo de síntesis se lleva cabo de manera parcial o incompleta, permite inicialmente guiar decisiones y conductas a través del tiempo (Plate et al., 2018; Starling et al., 2018)

Por tanto, esta capacidad de aprender el cambio y probabilidades asociadas no es exclusiva de la edad adulta, y al contrario va madurando conforme al desarrollo, ya que la atención hacia la información probabilística se forma a través de la exposición de los infantes a las regularidades estadísticas de su entorno; por ejemplo, rutinas de baño, de comida, asociaciones simples de objetos y respuestas (Misyak, Christiansen y Tomblin, 2010; Plate et al., 2018).

Con relación a ello Piaget e Inhelder (1975) describieron los estadios de desarrollo de cognición en los niños, clasificándolos por el grado de aprendizaje de estos. El estadio 1 (antes de los 7 u 8 años) es en el cual los niños no han adquirido los conceptos de probabilidad

y no pueden distinguir entre eventos aleatorios y causales. En el estadio 2 (8 a 12 años) los niños comienzan a diferenciar entre certidumbre e incertidumbre, y la calidad de la probabilidad en situaciones simples. Y finalmente, en el estadio 3 (alrededor de los 12 años) los niños pueden hacer conexiones entre lógica deductiva y probabilidad, además de hacer cálculos precisos en probabilidad (véase en Sharma, 2012). Si bien, el modelo mostró grosso modo el desarrollo de la cognición probabilística, recibió críticas debido a que los periodos podrían presentarse variables con base a las condiciones de exposición de los individuos, ya que es a partir de las condiciones culturales que se comienzan a desarrollar las principales formas y sesgos de pensamiento, tales como; (Sharma, 2012):

- Representatividad: Los individuos toman decisiones acerca de la probabilidad de un evento basados en qué tan similar es con el contexto en el que se establece, o su similitud con el evento, para con ello determinar el proceso por el cual el resultado es generado.
- Equiprobabilidad: La gente tiende a pensar que los objetos son simétricos, como las monedas o los dados, los cuales siempre muestran resultados igualmente probables, incluso este tipo de pensamiento genera un sesgo que es incluso resistente al cambio.
- Concepto erróneo de proporcionalidad: El razonamiento proporcional es crítico para entender y hacer predicciones en situaciones probabilísticas. Un sesgo encontrado en este tipo de pensamiento lleva a los individuos a pensar que entre más grande el tamaño absoluto de algo, mayor probabilidad tiene.
- Creencias: Los individuos piensan que sus resultados dependen de una fuerza, detrás del control, la cual determina el resultado eventual de un evento.

Por su parte, Gong y Shengqing (2017) en un estudio para identificar las etapas de desarrollo cognitivo y los niveles de probabilidad de estudiantes de 6 a 14 años, lograron

clasificar cuatro periodos que se diferencian por la rapidez con la que se procesan las nociones de probabilidad. Para ello llevaron a cabo tareas relacionadas con la comprensión de la aleatorización, entender la distribución de probabilidad, comparación de la calidad de la probabilidad, representación numérica de la probabilidad, y la probabilidad representada en fracción. Los resultados mostraron una clasificación de los periodos sensibles de cognición probabilística, clasificando como el periodo de mayor importancia la edad de 8 a 9 años, así como el segundo periodo más importante el que va de los 11 a los 12 años.

A continuación, se muestran los estadios que se identificaron:

1. Estadio I. Desarrollo lento (6-7 años): Los estudiantes en esta etapa han adquirido la comprensión de la aleatorización
2. Estadio I. Desarrollo rápido (7-9 años): Estos estudiantes desarrollan rápidamente conceptos probabilísticos y obtuvieron un desarrollo alto en la cuantificación de probabilidad; asimismo el desarrollo preliminar de la representación en fracciones.
3. Estadio II. Desarrollo lento (9-10 años): Los estudiantes a esta edad dominan aleatorizaciones, comprenden las comparaciones cualitativas, la representación numérica, la distribución de la probabilidad y las representaciones de fracciones.
4. Estadio II. Desarrollo rápido (10-12 años): Estos estudiantes dominan la aleatoriedad y la comparación cualitativa, entienden la representación numérica, la distribución de la probabilidad y su representación en fracción. Específicamente, no hay un desarrollo mayor de la cognición de la distribución probabilística y su representación en fracción.
5. Estadio de estancamiento (12-14 años): Los estudiantes no muestran un aumento en el razonamiento probabilístico, e incluso demuestran un desarrollo negativo de los 13

a 14 años. No hay diferencia significativa en el nivel cognitivo en edades de 13-14 y 10-11 años

De ello se desprenden dos tipos de estrategias que los individuos son capaces de usar, incluso desde niños; “estrategia de correspondencia” y “maximización”. Bajo la estrategia de correspondencia, los participantes seleccionan opciones en proporción a la probabilidad de que dichas opciones sean recompensadas, es decir, llevar a cabo predicciones que correspondan directamente con la exposición a las probabilidades observadas en el ambiente. En contraste, la maximización resulta en que los participantes primordialmente seleccionen la opción con la mayor tasa de compensación. Los participantes casi siempre muestran una conducta de estrategia en tareas de aprendizaje probabilístico, lo que corresponde a acercarse al resultado más común (Plate et al., 2018; Starling et al., 2018).

Para mostrar lo anterior, Starling y cols. (2018) estudiaron la respuesta de niños y adultos en un paradigma de elección forzada, para la cual cada opción presentaba una probabilidad diferente, de las cuales una poseía una mayor cantidad de recompensa, que modifica el objetivo tras pasar determinado número de ensayos. Los resultados mostraron que los adultos y los niños preescolares mayores fueron capaces de responder al inesperado cambio en la respuesta de probabilidades. Para los adultos esto ocurrió más rápido cuando ellos ya habían empleado anteriormente una estrategia de maximización.

Por su parte, Plate et al. (2018), llevaron a cabo un procedimiento para identificar las variaciones en el aprendizaje probabilístico, similares a los de Starling et al. (2018) con la premisa de la influencia de la experiencia y el desarrollo sobre tareas de probabilidad. Los resultados de forma general para el experimento fueron que muchos de los participantes exhibieron un patrón de correspondencia, que se modificó por una estrategia de maximización al terminar la sesión. Mientras que pocos participantes mostraron un cambio

en la estrategia como en el experimento al modificarse la tarea. Esto demostró que los participantes usaron los resultados de su conducta para ajustar sus estrategias futuras y mejorar su obtención de recompensas, sin embargo, es necesario que haya un grado de experiencia antes de intentar cambiar la estrategia, asimismo, el grado de experiencia requerida dependerá del grado de dificultad y de la estructura probabilística.

Los efectos de la probabilidad en la noción temporal han sido hipotetizados en TEA en relación con un decremento en las habilidades de predicción para discernir relaciones predictivas entre entidades ambientales derivados desde el procesamiento de información inherente a las demandas en diferentes dominios, los cuales están típicamente afectados en este trastorno (Sinha et al., 2014).

Muchos de los dominios afectados en el autismo (lenguaje, interacción social, patrones restringidos y estereotipados) están relacionados con aspectos temporales, en el cual la estimación proviene de la extracción de probabilidades (véase figura 4) de estado o estado de las secuencias de eventos observados (Sinha et al., 2014).

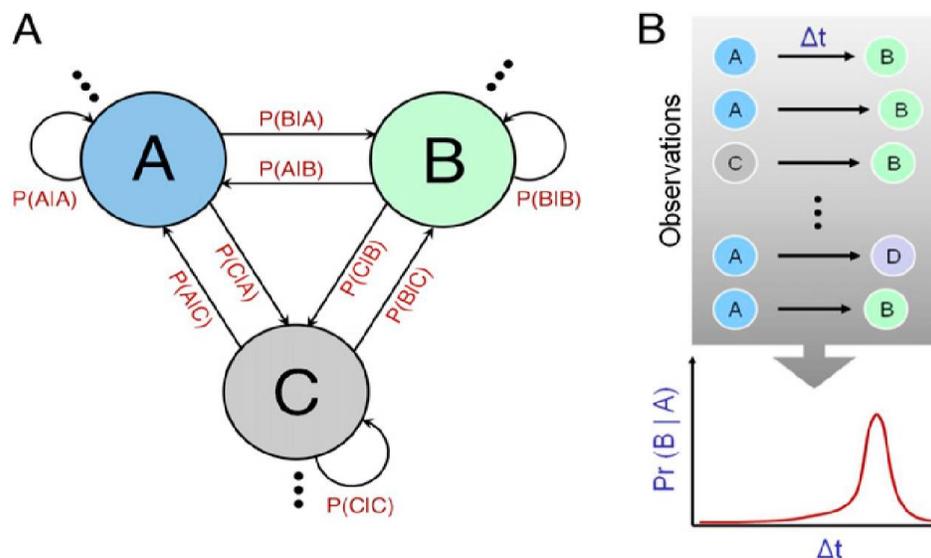


Figura 4. Esquema de relación de eventos considerando su probabilidad asociada

Tomado de Sinha et al. (2014) "Autism as a disorder of prediction"

Para ello, en una secuencia temporal observada el cerebro debe estimar la probabilidad condicional $P(B|A, \Delta t)$, la probabilidad de transición del estado “B” dada la ocurrencia de un estado “A” y la “ Δt ” (duración temporal transcurrida). Esto se basa en la llamada ‘regla de conjunción’ de la probabilidad. La cual establece que la probabilidad de ocurrencia de dos eventos no puede exceder la probabilidad de ocurrencia de ambos a solas (véase ecuación 1 y 2; Dione y Johansson, 2018).

$$p(A \cup B) = < p(A) \tag{1}$$

$$p(A \cup B) = < p(B) \tag{2}$$

En el caso de los participantes con TEA las dificultades que presentan pueden estar asociada con incongruencias al estimar $P(B|A, \Delta t)$ probabilidad condicionada, que a su vez implica dos aspectos: La fuerza [$P(B|A)$] y la separación temporal (Δt) (Pentland y Liu, 1999).

Por ejemplo; las relaciones hacia la parte derecha pueden ser indetectables dado que tienen una fuerza débil (B no sigue constantemente a A) y requiere integración durante un gran intervalo de tiempo (B ocurre mucho después de que A haya transcurrido). Por el contrario, las relaciones hacia la parte superior izquierda serían más fáciles de detectar. La función de sensibilidad de asociación (ASF) define la interfaz entre relaciones detectables e indetectables. Una reducción en la capacidad predictiva de uno manifiesta un cambio en ASF hacia la parte superior izquierda, dando como consecuencia, que relaciones que son evidentes para un individuo neurotípico, serían indetectables para un individuo con autismo (véase figura 5; Sinha et al., 2014).

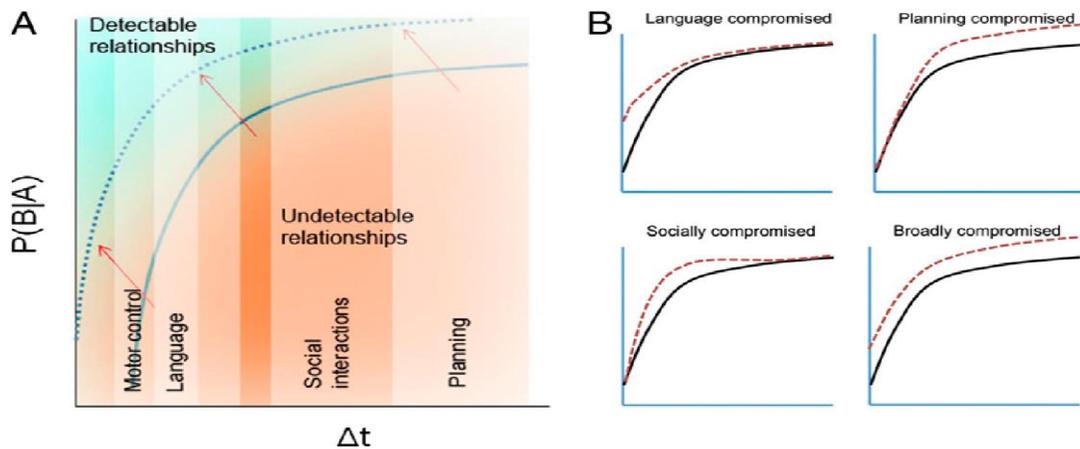


Figura 5. Umbrales de detección basados en probabilidad.

Tomado de Sinha et al, (2014). “Autism as a disorder of prediction”.

De forma general, tanto el desarrollo de la cognición probabilística como su influencia sobre la conducta es sumamente importante, donde alguna alteración para identificar las regularidades puede repercutir en dominios como lenguaje, habilidades sociales, motoras; así como funciones ejecutivas como se ha hipotetizado en el caso de los individuos con autismo, para quienes los síntomas se han relacionados con un déficit general para identificar dichas regularidades; además de que la variación en el aprendizaje estadístico en el dominio auditivo ha estado relacionada con la literalidad en el trastorno, así como el desarrollo del vocabulario; en adición con un déficit para tomar las claves visuales del ambiente resultando en dificultades en la comunicación y conducta social compleja (Jones et al., 2018).

Mayo y Eisgti (2012) investigaron la relación entre el aprendizaje implícito y las habilidades de lenguaje en niños preescolares con autismo de alto rendimiento y con historia de dificultades de lenguaje y niños con desarrollo típico usando una tarea de aprendizaje de lenguaje artificial. De forma general, los resultados fueron 1) que una demora en el lenguaje en TEA resulta en déficits en el aprendizaje estadístico; 2) los déficits en aprendizaje implícito son resueltas de forma temprana en el desarrollo; 3) dando un periodo de tiempo de

21 minutos de exposición a los individuos con TEA, son capaces de detectar las regularidades estadísticas; 4) únicamente los niños con TEA de alto funcionamiento y aquellos con desarrollo típico, fueron capaces de identificar las regularidades en tareas de aprendizaje implícito.

En una revisión Gomot y Wicker (2012) destacaron los resultados en la investigación en TEA y aprendizaje estadístico, los cuales engloban las variaciones en los potenciales relacionados a eventos como el MMN (mismatch negativity), P3a y P3b. Los cuales a su vez se relacionan con claves auditivas para el caso del MMN, la detección y atención a estímulos visuales novedosos en P3a, y finalmente, procesamiento y detección de cambios en la estructura del contexto con P3b. A través de estudios de electrofisiología, muestran una latencia de MMN menor que los controles, indicando una expectativa atípica sensorial y que ante estímulos visuales puede relacionarse con un sesgo de equiprobabilidad ante los estímulos; además de un atraso en la respuesta para P3a en presencia de un estímulo novedoso, con mayor énfasis en el hemisferio derecho, sugiriendo que individuos con TEA requieren mayor tiempo para procesar la información necesaria para la diferenciación exitosa de un estímulo novedoso; y una reducción en la amplitud de P3b, interpretada con la actualización del contexto y la habilidad para dirigir la atención a un objetivo.

En conclusión, la evidencia en TEA apunta a un déficit en la forma de procesar las relaciones de probabilidad; también demuestra cómo estas conductas alternas en la forma de adaptación, pueden apreciarse en el diagnóstico clínico, tal como interés restringidos y movimientos repetitivos relacionados con una dificultad para realizar cambios a conductas nuevas, así como una forma de procesamiento centrada en lo específico dejando de lado lo global, denominada ‘coherencia central’ (Gomot y Wicker, 2012; Sinha et al., 2012; Karamis et al., 2015).

Trastornos del neurodesarrollo

Corresponden a un grupo de desórdenes o condiciones que tienen su inicio en los primeros periodos del desarrollo. Son caracterizados por déficits en el desarrollo que pueden producir dificultades en ámbitos personales, sociales, académicos o en la funcionalidad. Asimismo, estas engloban limitaciones en las habilidades de aprendizaje o comunicativas, e incluso en el establecimiento de relaciones personales, y en algunos casos discapacidad intelectual (Ahn, 2016); algunos de los trastornos incluyen: Discapacidad intelectual, trastornos del lenguaje, trastornos del aprendizaje, trastorno del espectro autista (TEA), trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH), e incluso trastornos o desórdenes motores no especificados.

Este grupo de condiciones implican déficits de importancia para el funcionamiento habitual de los individuos y pueden clasificarse debido a la severidad de los síntomas. Si bien cada una de dichas condiciones presenta características clínicas particulares, un rasgo compartido es la presencia de un déficit en el procesamiento de información, particularmente de tiempo.

A continuación, se presenta una revisión de la literatura en torno al procesamiento temporal para el caso del trastorno del espectro autista, haciendo énfasis a los hallazgos más destacados, no sin antes considerar el perfil clínico.

Estimación temporal en trastorno del espectro autista

El trastorno del espectro autista (TEA) se define como un trastorno del neurodesarrollo, que tiene su inicio en los primeros años del desarrollo y es caracterizado por deficiencias persistentes en áreas de funcionamiento habitual, en la comunicación social, interacción social en diversos contextos, así como intereses restringidos y conductas motoras

o lingüísticas repetitivas conocidas como estereotipias y ecolalias, además de hiper o hiporreactividad ante estímulos sensoriales (American Psychiatric Association, 2014; Ahn, 2016; Christensen et al., 2019; AAPA y Rizzolo, 2019). Dichas alteraciones pueden verse también como restricciones y discrepancias para compartir experiencias en común con otros, alteraciones en lenguaje verbal y no verbal, que va desde una demora en la adquisición o por el contrario uso descontextualizado del lenguaje pragmático, además de dificultades para identificar las claves faciales emocionales o inflexiones prosódica (Gil et al., 2012). Como criterio de exclusión dichas alteraciones no pueden ser mejor explicadas por discapacidad intelectual o por atraso global del desarrollo por sí solas. No obstante, debe considerarse la posibilidad de comorbilidad para descartar que se trate de otro tipo de alteración o en efecto un trastorno del espectro autista (American Psychiatric Association, 2014).

En relación con los procesos de estimación la evidencia ha mostrado reducción en las habilidades para evaluar el tiempo en individuos con dichas alteraciones, destacando dificultades para estimar eventos temporales de forma precisa y congruente, lo cual no solo repercute en la forma de procesar la información sino que puede relacionarse con el perfil clínico, por ejemplo, en la adherencia a rituales o rutinas para compensar la dificultad en la predicción de eventos y su desorientación en el tiempo (Allman, 2011; Allman et al., 2013; Allman, 2014; Foss- Feig et al., 2010).

La literatura sobre el estudio de los procesos de estimación temporal en niños con TEA ha mostrado resultados poco consistentes, ya que algunos muestran alteraciones, mientras otros no han encontrado evidencia. Los hallazgos incluyen evidencia en individuos de 7 a 17 años, donde se ha encontrado, usando tareas de bisección temporal, dificultades para encontrar el punto medio subjetivo, el cual se ha relacionado con la predicción en el diagnóstico de los déficits en comunicación y memoria de trabajo para duraciones cortas; así

como una baja sensibilidad para las duraciones largas (Allman et al., 2011). Siendo que los participantes con TEA muestran un desempeño medianamente similar y congruente con la edad (aproximadamente niños de 8 años) para las estimaciones de duraciones cortas; sin embargo, su desempeño caía en un rango de edad de aproximadamente 3-5 años para las duraciones largas. Atribuyendo con ello, que los niños con TEA presentan habilidades de percepción temporal desfasadas más allá de un déficit total (Allman et al., 2009; Fost-Feig et al., 2010).

Los arreglos experimentales empleados para investigar dicha población van desde los procedimientos de reproducción, discriminación, generalización y estimación con resultados limitados. En un arreglo experimental Allman et al. (2011), encontró que un grupo de adolescentes con TEA tendían a indicar que la duración del estímulo era en su mayoría comparada con la más larga de dos variaciones posibles en cada ensayo, sugiriendo una tendencia para sobreestimar las duraciones comparadas, estos datos fueron correlacionados con los resultados del parámetro para la fracción de Weber, la cual indicó una sensibilidad temporal pobre para el caso de sujetos con TEA.

Relacionado con lo anterior, Gil et al. (2012) con el objetivo de investigar acerca de un déficit en la percepción del tiempo en pacientes con TEA, usaron una adaptación de una prueba de bisección temporal, evaluando los parámetros de punto de bisección, limen diferencial y fracción de Weber; dicha prueba fue aplicada a niños con TEA haciendo la comparación con sus pares controles. Los resultados de su manipulación se opusieron a lo encontrado por Allman et al. (2011), siendo que no encontraron variabilidad en los juicios temporales para duraciones cortas o largas, ya que en su caso encontraron que los participantes con TEA exhiben la propiedad escalar descrita en la literatura. Si bien, sus resultados no arrojaron diferencias significativas entre ambos grupos, esto se lo atribuyeron

al efecto del cociente intelectual (CI), ya que su muestra reflejaba un nivel de funcionamiento mayor, a comparación, por ejemplo, de la muestra usada por Allman y colaboradores, sugiriendo así que para el caso de los resultados que impresionan un déficit, hay procesos alternos que generan interferencia.

En otro estudio, Isaksson et al. (2018) usaron una batería de tareas con el objetivo de evaluar diferentes aspectos del timing (motor, perceptual y perspectiva temporal), para corroborar una alteración generalizada en población con TEA contrario a individuos normotípicos. Las pruebas consistieron en tapping libre, juicio simultáneo (JS), discriminación de duraciones, y estimación verbal. Los resultados mostraron que, para el caso del grupo con TEA, un ritmo variable y asincrónico para el tapping; umbrales de discriminación altos en comparación con los controles, pero únicamente en escalas de sub segundos; asimismo, mayor variabilidad en los umbrales para el caso de la tarea de JS; y finalmente, para la prueba de reproducción no se encontraron diferencias entre ambos grupos. Dichos resultados apoyan la hipótesis de una alteración en la percepción del tiempo en TEA.

Los resultados del finger tapping task son consistentes con lo encontrado en Morimoto et al. (2017) quienes aplicaron una tarea de finger tapping task a participantes con TEA y sus pares controles, simulando una tarea de procesamiento temporal y correlacionando con el control motor, el cual ha sido descrito dentro del cuadro clínico. Los resultados mostraron una asincronía mayor y un atraso en la respuesta mayormente marcado en el grupo con TEA en comparación con el control, estos resultados sugirieron que, un incremento en la variabilidad de la respuesta motora, pueden estar asociado con alteraciones en núcleos cerebelosos, los cuales han sido descrito dentro de las áreas responsables del procesamiento, principalmente, en las estrategias de retroalimentación de la información temporal.

Por su parte, Isaksson et al. (2014), acerca del funcionamiento (CI), Brodeur et al. (2014), evaluaron niños con TEA con funcionamiento bajo, aplicando tareas de bisección temporal y generalización, lo que encontraron fue que el grupo con TEA tendía a presentar menos sensibilidad y mayor variabilidad para las duraciones cortas para ambas pruebas, pero con diferencias más notables en la tarea de generalización, en comparación con el grupo control.

Adicionalmente, Bhatara et al. (2013), investigaron el procesamiento de la información espectral temporal en adolescentes con TEA y sus pares controles, esto fue evaluado usando dos tareas psicoacústicas; una para determinar la diferencia de frecuencia del limen diferencial y una tarea de umbrales de detección. Sus resultados impresionaron una respuesta alterada en la discriminación de frecuencia para los estándares altos de frecuencia para el grupo de TEA, aunque esta diferencia no fue significativa. Mientras que, en el caso de la tarea de detección, el grupo con TEA demostró umbrales elevados. Lo anterior no solo apoyó la diferencia en la percepción y procesamiento de eventos temporales, en este caso auditivos, sino que también se correlacionó con la hipersensibilidad y la habilidad de discriminación de frecuencias descrita en estos pacientes, que incluso se ha revelado como un área de fortaleza en algunos casos.

Por su parte, Foss-Feig et al. (2010) usando una metodología diferente a las tareas clásicas aplicaron en pequeños con TEA y sus controles, una tarea ilusoria conocida como “Doble-Flash beep” para evaluar diferencias potenciales en la función multisensorial temporal (ventana temporal). Los resultados mostraron que los niños con TEA reportaban mayormente ver la ilusión en las condiciones con duraciones de -500, -300, -200, -25, +25, +200, +300, +400 ms, contrario a sus controles; además de ello, en cuanto a la determinación de ventanas temporales, estos datos sugirieron una doble aproximación en la medida de la

ventana temporal, para la cual los niños con TEA muestran una amplitud de la ventana de integración temporal (VIT) de 600 ms, mientras que para el grupo control los resultados, mostraron una amplitud de la VIT de 300 ms, la amplitud de la ventana se consideró por el rango de SOAs en los que los niños observaron la ilusión, dichos resultados apuntaron a una diferencia del doble entre ambos grupos, siendo indicador de una posible demora en la integración de inputs que repercute en el procesamiento temporal.

Lo anterior puede ser explicado por las teorías de integración multisensorial en conceptos de inferencia causal. Para las cuales el cerebro hace un juicio probabilístico acerca de la relación de dos estímulos en un esfuerzo para construir una representación perceptual coherente (Ernst y Banks, 2002; Alanis y Burr, 2004; Körding et al., 2007). Siendo un factor de importancia en dichos juicios la estructura temporal de los estímulos combinados, por ende, ante una alteración en el procesamiento temporal puede esperarse un cambio en el peso relativo de los inputs contribuyendo en el proceso de combinación de claves.

En relación con lo anterior, Karaminis et al. (2015), evaluaron las medidas de tendencia central con la hipótesis de que la percepción en TEA recae en una menor representación de conocimiento previo, más que en una percepción típica. Los resultados mostraron que los niños con TEA presentan niveles de subestimación significativos a la hora de reproducir duraciones respecto a los grupos control. Sugiriendo que los niños típicos llegan a ser más precisos y exactos con la edad en los intervalos de tiempo de reproducción.

Igualmente, los niños con TEA muestran efectos de tendencia central mayores y un peor desempeño para tareas de discriminación temporal, siendo que los resultados podrían estar dados por un desfase en el desarrollo, en adición con eso, y en comparación con el grupo de menor edad (6-7 años), los resultados sugieren que su desempeño en tareas de discriminación es similar, pero con menor tendencia central, mostrando que estas dificultades

tienen que ver con atipicidades en el uso de estrategias de tendencia central, más que un atraso general en sus habilidades de reproducción y discriminación (Karaminis et al., 2015).

Si bien los hallazgos en la literatura se muestran poco consistentes, los que han impresionado un déficit en la percepción del tiempo en pacientes con TEA se muestran congruentes, ya que los resultados se relacionan unos con otros, ofreciendo explicaciones que se ajustan al perfil clínico, y que posibilitan nuevas vías de estudio sobre esta condición.

Justificación

Con base en los hallazgos mencionados en relación con los procesos de estimación temporal en niños con trastornos del neurodesarrollo, específicamente el trastorno del espectro autista, cuyos resultados se encuentran poco concluyentes, por una parte, apuntando a una disminución en la habilidad para llevar a cabo estimaciones de eventos temporales y por lo tanto a sobre y subestimaciones, y por otra, a una capacidad aparentemente lentificada dada la disrupción en otros procesos, tales como memoria y atención necesarios para el almacenamiento de pulsos, así como efecto de alteraciones en sistemas neuronales asociados con el procesamiento del tiempo, como se plantea en los paradigmas clásicos. No obstante, existen otros que apuntan a procesos coadyuvantes como la integración sensorial y el aprendizaje probabilístico (Valko et al., 2010; Allman et al., 2013).

Considerando la heterogeneidad de los resultados e interpretaciones, es importante explorar porque se ven afectados estos juicios sobre el tiempo más allá de los paradigmas clásicos y de manera específica el efecto sobre la ventana de integración sensorial-temporal, la cual ofrece información observable sobre conductas cotidianas como lo es la propia anticipación. Por lo tanto, las investigaciones y paradigmas clásicos ligados a sistemas de cronometraje interno no permiten explorar esto, ya que las tareas que se necesitan implican niveles de análisis como el del tipo probabilístico y de la integración multisensorial como hipótesis centrales.

Los estudios que hasta ahora han integrado estas variables lo han hecho por separado o en una combinación de dos: integración sensorial-tiempo/ tiempo-probabilidad o probabilidad- integración sensorial. Dado que esos dichos procesos se afectan entre sí, es importante estudiar la magnitud del efecto, es decir, que tanto se estrecha o ensancha la VIT

y para ello se requiere un paradigma basado en ilusiones, dada la bondad para conjuntar dos o más estímulos sensoriales, asociarlos temporalmente, y mantenerlos como parámetros fijos, permitiendo variar la probabilidad de aparición de estos, dando como resultado establecer parámetros de extensión de la VIT, procurando que las contingencias a las que sean expuestos los participantes se asemejen a los encontrados de manera cotidiana, así como, una reducción en la cantidad de sesgo causado por otros procesos de análisis y síntesis, debido a que la información presentada recae en umbrales de detección relativamente bajo para el control consciente.

De forma general, el presente trabajo busca poder indagar más acerca de los procesos de integración multisensorial y aspectos de juicio probabilístico en niños con trastornos del espectro autista; y, su influencia en la percepción temporal, lo cual permitiría identificar y explorar la hipótesis de un desfase en los aspectos de percepción temporal. No solo para poder contribuir a los aspectos teóricos y metodológicos, sino también poder ofrecer alternativas terapéuticas mayormente precisas para poder ayudar a los pacientes con base en datos estadísticos, ya que algunos estudios muestran resultados favorables ante el cuadro clínico cuando se atienden los procesos de percepción temporal, ya sea con entrenamiento o ejercicios de sincronización, (Szelag et al., 2015; Allman et al., 2011; Mottron et al., 2006).

Así como con la posibilidad de ofrecer una pauta al estudio de los trastornos del neurodesarrollo desde un campo diferente, como lo son las ciencias cognitivas, que a diferencia de otras áreas, permiten la confluencia de modelos de redes neuronales, matemáticos y conductuales, que asociados a la clínica permitirían la mejora de los programas terapéuticos, ya que la funcionalidad de los programas basados en paradigmas

cognitivos y conductuales, se basan en el procesamiento estadístico de contingencias para poder tener resultados favorables.

Finalmente, se espera que dicho paradigma experimental aporte información nueva a la literatura en torno al tema; aunado a poder ser utilizado como una forma de evaluación de tamizaje previo a un programa terapéutico, que permita identificar el grado de alteración en aspectos temporales iniciales, así como evaluar el progreso de este, sobre la VIT.

Pregunta de investigación

General

¿Puede la variación de la probabilidad¹ tener un efecto sobre la ventana temporal sensorial en un participante con trastorno del neurodesarrollo en relación con su par control en una tarea de tipo perceptual- temporal?

Secundarias

¿Puede presentarse una reducción en la extensión de la ventana temporal cuando se varían la probabilidad de aparición de un evento audiovisual?

¿Puede un evento con una probabilidad de aparición mayor tener un efecto sobre cómo se integran las claves sensoriales en un participante con trastorno del neurodesarrollo, al compararse con su par control?

¹ La variable probabilidad será considerada desde una perspectiva «frecuentista» en la cual, la probabilidad es definida como una limitación de la frecuencia relativa de ocurrencia de un evento en un número infinito o casi infinito de ensayos (Schlottmann y Wilkening, 2011; pp 55-83)

Objetivos

General

Examinar si hay una interacción entre los procesos de integración multisensorial (auditivo-visual simples), y aspectos probabilísticos en la percepción temporal de un participante con trastorno del neurodesarrollo.

Específicos

- Identificar si se presenta un efecto en la extensión de la ventana temporal sensorial, al variarse la probabilidad en una tarea dependiente de tiempo en un niño con trastorno del neurodesarrollo en comparación con su par control.
- Observar si se presenta un cambio entre duraciones en las que se presenta la ilusión entre el participante de desarrollo típico y participante con TEA, así como la probabilidad a la que están asociado dicho cambio.
- Identificar si la extensión de la ventana sensorial del participante con TEA muestra una reducción en comparación con su par control.

Hipótesis

General

Al variar la probabilidad asociada a la presentación de una serie de duraciones en un procedimiento ilusorio dependiente del tiempo, se presentará un efecto de reducción sobre la extensión en la ‘ventana temporal sensorial’ en un caso de trastornos del neurodesarrollo respecto a un participante con desarrollo típico.

Específicas

- Al presentarse ensayos con probabilidad de 0.75, habrá un cambio en el rango de duraciones en el que se percibe la ilusión; este cambio se verá reflejado mayormente

para el participante con trastorno del neurodesarrollo, siendo que la extensión de la ventana temporal tendrá una reducción.

- Se presentará un cambio sobre los tiempos de reacción con base a la variación de la probabilidad siendo estos más bajos al presentarse una probabilidad de 0.75.

Participantes

Dos niños de edad de 9 años. Uno de ellos quien contaba con un diagnóstico del trastorno del espectro autista (TEA) perteneciente al programa ASPIES de la facultad de psicología. El participante no manifestó problemas conductuales, heteroagresividad o alteraciones psiquiátricas comórbidas (trastornos de personalidad o esquizofrenia), antecedentes de epilepsia o antecedentes de entrenamiento musical. El uso de fármacos psicotrópicos no fue considerado dentro de los criterios de exclusión.

El participante con TEA fue reclutado del programa ASPIES de la Facultad de Psicología de la UNAM. La participación fue voluntaria, se explicó el propósito del estudio y una vez que los padres o tutores aceptaron, se les dio a firmar un consentimiento informado.

A los padres o tutores se les pidió llenar un cuestionario de datos sociodemográficos. Finalmente, los padres recibieron un reporte con los resultados del desempeño de su hijo durante las evaluaciones

El participante con desarrollo típico fue considerado con base a la edad cronológica del participante con TEA, sin la presencia de alteraciones psiquiátricas o neurológicas, antecedentes de problemas de lenguaje, regresión o alteración psicomotora incluyendo consolidación de la marcha, manejo de objetos o caminata en puntas; sin presencia de entrenamiento musical, y no tener antecedentes heredofamiliares en primer grado de algún trastorno del neurodesarrollo. Fue reclutado de forma individual, dando a conocer el

protocolo por avisos en internet, entre otros; su participación fue voluntaria, siguiendo el mismo proceso que el participante con TEA (véase tabla 1).

Tabla 1

Características sociodemográficas

Medida	TEA		DT	
	F	M	F	M
Género		1		1
Edad	9		9	
Raven ^a	III ^{+/-}		IV	

^a Rango obtenido en el RAVEN

Instrumentos

La programación de la tarea experimental ‘Double-Flash Beep Illusion’, así como las pruebas visuales y la auditiva se llevaron a cabo en la paquetería de software abierto Psychopy®, versión 3. 0, el cual posee un lenguaje de programación Python.

En cuanto a la evaluación psicodiagnóstica, con la prueba de matrices progresivas de RAVEN automatizada, se realizó en el software de programación JAVA versión 7.

Para la presentación de las pruebas se empleó un ordenador Sony VAIO Tap 20 con sistema operativo Windows (64 bit) con un sistema operativo Dual- Core Ivy Bridge 1.7 GHz Intel ®Core ™ i5-3317U con RAM de 4 GB, la cual también cuenta con una pantalla LED táctil de 20”, esto para la presentación de los estímulos visuales. Además de una botonera de dos señales conectada vía USB, para que los participantes efectuarán sus respuestas.

Para la presentación de los estímulos auditivos se usaron unos audífonos on-ear Rezonanz® con bocina de 40mm, potencia de 100 mV, con rango de respuesta de la bocina 20-4 0Hz, sensibilidad de 105dB +/- 3dB, y una impedancia de 32 Ω +/- 15%.

Además de una tableta Lenovo® modelo TB-X103F de 10”, con pantalla táctil de 1280 x 800, versión de Android® 6.0 para la presentación de la prueba ‘finger tapping task’

la cual fue programada en Android Studio® 3.1.4, con versión de compilación 28, a versión mínima SDK de 21 y gradle 3.1.4. en versión de uso disponible para Android® 9.

Diseño experimental

1. 'Double flash beep illusion'. La tarea consistió en una adaptación de la usada por Fost-Feig et al. (2010), "Flash-Beep Illusion", la cual explora el fenómeno de aparición de dos flashes (estímulo visual) inducido por un sonido (estímulo auditivo). Los estímulos auditivos múltiples presentados en conjunción con un estímulo visual simple, resulta en la percepción ilusoria de flashes adicionales. Es importante recalcar que la ilusión es dependiente de la estructura temporal de los dos estímulos, siendo que los beeps presentados en una proximidad temporal cercana al flash son más probables para producir la ilusión que aquellos más alejados (Fost-Feig et al, 2010; Shams, Kamitani y Shimojo, 2002).

En cuanto a las modificaciones, se usaron las mismas duraciones por Fost-Feig et al. (2010): +/- 25, 50, 100, 150, 200, 300, 400 ms, con la adición de que la presentación de las duraciones fue asociada con un arreglo probabilístico de aparición, que incluía los siguientes valores: 0.25/0.75; 0.50/0.50; 0.75/0.25. La presentación se realizó de forma semi-aleatorizada debido a la condición de probabilidad, no obstante, se buscó que cada duración pasará por todas las condiciones. Al igual, que el experimento original la presentación se dio como eventos de inicio asincrónico tanto positivo como negativo (véase figura 6), es decir, uno de los flashes fue presentado al mismo tiempo que el estímulo visual, mientras el segundo con retraso en relación con el término del estímulo visual (SOA positivo) o antes del estímulo visual (SOA negativo).

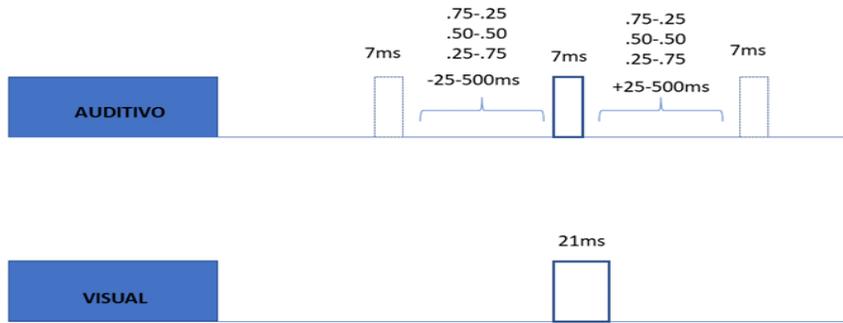


Figura 6. Distribución de los SOAs

Muestra la secuencia del estímulo audiovisual y la presentación del segundo estímulo auditivo en relación con este, para crear la ilusión, asimismo se presentan las probabilidades y el rango de las duraciones que constituirán la distancia entre estímulos.

Adicionalmente, como en el estudio original, se agregaron ensayos control, basados en cinco condiciones distintas que incluyeron: 2 Discos 2 Beeps, 2 Discos 0 Beeps (75 ms Interestímulo), 2 discos 1 Beep (75 ms Interestímulo), 1 Disco- 1 Beep, 1 Disco 0 Beeps, con la finalidad de evitar respuestas sesgadas. Cabe mencionar que de igual forma la condición 2 Discos 2 Beeps, fue presentada con las mismas duraciones en SOAs positivo y negativo, para el interestímulo, aunque sin el arreglo de probabilidades, ya que dicha condición se usó como un control ante sesgos en las respuestas. Cada condición, incluyendo la experimental, se presentó ocho veces, sumando un total de 544 ensayos, de los cuales 384 corresponden a la condición experimental, mientras 166 a los ensayos control. Se agregaron 10 ensayos de entrenamiento con retroalimentación similares a los usados en el protocolo original, en los cuales se les permitirá contar los flashes percibidos, sin estímulo auditivo, con un criterio del 80% de las respuestas correctas para pasar a la prueba experimental (véase tabla 2).

Tabla 2

Distribución de los ensayos

Entrenamiento		Condiciones								
1F- 1B		Experimental			Control					
Duración	N° Ensayos	Duración	Probabilidad	N° Ensayos	2F-2B		2F- 0B	2F- 1B	1F- 1B	1F-0 B
					Duración	N° Ensayos				
-0.25/ -0.500	10	0.25/-0.25	0.25/ 0.75	8	0.25/-0.25	8	8	8	8	8
0.025/ 0.500			0.50/0.50	8	0.50/-0.50	8				
			0.75/0.25	8	0.100/-0.100	8				
			0.25/ 0.75	8	0.150/-0.150	8				
			0.50/0.50	8	0.200/-0.200	8				
			0.75/0.25	8	0.300/-0.300	8				
			0.25/ 0.75	8	0.400/-0.400	8				
			0.50/0.50	8	0.500/-0.500	8				
			0.75/0.25	8						
			0.25/ 0.75	8						
			0.50/0.50	8						
			0.75/0.25	8						
			0.25/ 0.75	8						
			0.50/0.50	8						
	0.75/0.25	8								

Nota: Muestra la duración, probabilidad y número de ensayos, así como la condición de 1F1B. F corresponde a los flashes y B a los beeps o tonos usados

1.1 Estímulos. Los estímulos de la prueba experimental consistieron en un círculo de color negro con un diámetro de 3.47cm en relación con la pantalla, suspendido a una distancia de 1.67 cm con respecto al punto de fijación, el cual consistió en una cruz de color negra localizada al centro del plano. Ambos estímulos se presentaron en una pantalla de fondo color blanco. La duración del punto de fijación durante la tarea fue infinita, mientras que la del círculo fue de 21 ms. Para el diseño de los estímulos visuales se empleó el programa de edición GUMP®

El estímulo auditivo consistió en un tono de 1850 Hz con una duración de 7ms, este fue el único tono usado para todas las condiciones; las modificaciones y el arreglo del tono se llevó a cabo en el programa de edición AUDACITY®.

2. Evaluación psicodiagnóstica

La evaluación psicodiagnóstica consistió en la aplicación de la prueba matrices progresivas de RAVEN versión coloreada, que evalúa el razonamiento analógico, capacidad de abstracción y percepción, y proporciona el factor ‘g’ de la inteligencia, lo cual implica capacidad de deducción y extracción de la información, así como la capacidad de almacenar y reproducirla en alternativas de soluciones (Raven, Curt, y Raven, 2001).

La prueba se presentó de manera automatizada, con una duración de entre 15 a 20 minutos dependiendo del desempeño del participante. Se presentaban 36 matrices a colores, las cuales se hallaban incompletas, y el participante debía escoger entre seis opciones posibles para completar la imagen de cada matriz, la respuesta era indicada por el participante con el puntero en dirección a la matriz correspondiente a su elección.

2.2 Estímulos. Los estímulos consistieron en la adaptación de la prueba coloreada; del lado derecho se presentaban las opciones disponibles para el participante, y del lado izquierdo se presentó la matriz incompleta.

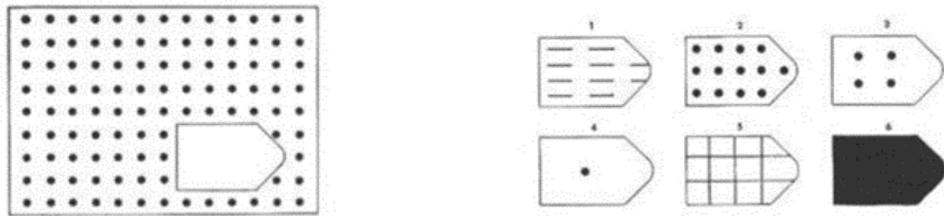


Figura 7. Ejemplo de la prueba ‘Matrices Progresivas de Raven’.

Tomando de Raven, Curt & Raven (2001). Manual RAVEN Matrices Progresivas.

3. Prueba visual

3.1 Evaluación de la agudeza visual: Se usó una adaptación automatizada de los optotipos de Snellen, con la finalidad de descartar alteraciones en la agudeza visual, que pudiesen tener algún sesgo sobre la prueba experimental.

La prueba incluyó dos bloques de ensayos, en los cuales se presentaron letras en diferentes tamaños para cada ojo, con una duración aproximada de 5- 8 minutos dependiendo del sujeto.

Cada ensayo iniciaba con un punto de fijación seguido de la presentación de una letra, La consigna consistió en que cuando apareciera una letra en la pantalla el participante debía indicar verbalmente la letra que se le había presentado, si le era imposible decirlo, o por el contrario indicaba que no era capaz de verla. Es importante mencionar que las respuestas eran registradas como aciertos ‘T’ y fallos ‘F’, por el aplicador cada vez que el participante respondía.

El cálculo de la agudeza visual se midió en función de la razón de la distancia de observación estándar (véase ecuación 3), entre la distancia máxima en que un individuo típico identifica una letra (véase Espinoza, 2016).

$$AV = \frac{\text{Distancia de observación durante la evaluación}}{\text{Distancia máxima de identificación correcta}} \quad (3)$$

El criterio de exclusión era para aquellos participantes cuyo valor de agudeza visual AV se encontrará en rango menor o igual a 2 (véase tabla 3).

Tabla 3

Coefficientes de agudeza visual (AV)

Nivel AV	Altura (cm)	Conversión de nivel AV (m)	Ajuste para adaptación de la prueba			
			AV (m)	Altura (cm)	Altura (píxeles)	
1	20/200	8.87	6.096/60.96	1.10/11	1.60056	76
2	20/100	4.43	6.096/30.48	1.10/5.5	0.79938	38
3	20/50	2.22	6.096/15.24	1.10/2.75	0.40059	19
4	20/40	1.78	6.096/12.192	1.10/2.2	0.32119	15
5	20/30	1.33	6.096/9.144	1.10/1.65	0.23999	11
6	20/25	1.11	6.096/7.62	1.10/1.37	0.2003	9
7	20/20	0.88	6.096/6.096	1.10/1.10	0.15879	7
8	20/15	0.66	6.096/4.572	1.10/0.82	0.11909	6
9	20/13	0.57	6.096/3.9624	1.10/0.71	0.10285	5

Nota: Muestra las adaptaciones en píxeles, y su nivel de AV. Tomado de Espinoza, M. (2016).

3.1.1 Estímulos. Las láminas empleadas fueron tomadas de las tablas de optotipos de Snellen (García et al, 2016), presentadas una por una en orden aleatorio, contrario a la prueba original la cual presenta la plantilla completa; la conversión de las letras fue de cm a píxeles en la presentación automatizada.

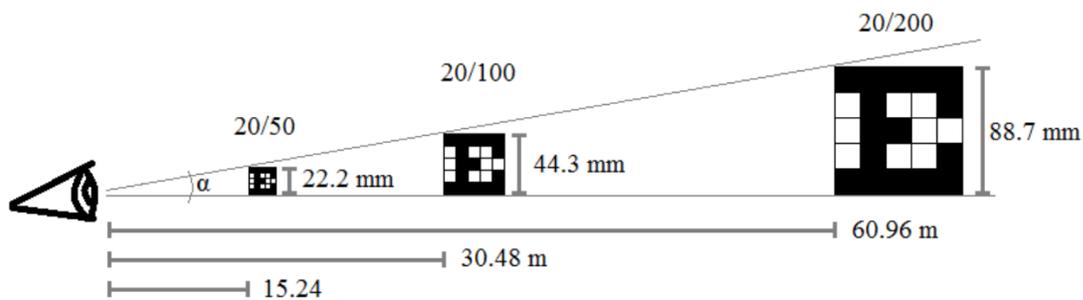


Figura 8. Conversión de letras a pixeles.

Nota: Muestra la conversión de las letras adaptada a pixeles. Tomado de Espinoza, M. (2016).

3.2 Discriminación Cromática. Para la evaluación cromática se usaron las láminas de la prueba de Ishihara (Coca, 2012) con la finalidad de poder descartar alguna alteración en la visión a los colores, entre otras alteraciones.

Para el caso de esta prueba, al igual que con los optotipos de Snellen, se llevó a cabo una adaptación para computadora acertando el número de láminas a usar, ya que de las 38 disponibles únicamente se utilizaron 11.

La consigna consistió en preguntar si podían observar algo dentro de los círculos presentados, como una figura, que podían ser letras o dibujos, así como cualquier objeto que se les hiciera conocido.

El registro de las respuestas fue que una vez que apareciera la lámina el participante debía indicar verbalmente que había visto, se registraba ‘T’ si la respuesta era correcta y ‘F’ si era incorrecta; cabe destacar que, en las láminas de prueba, para las cuales no se muestra ningún patrón reconocible, se registraba como correctas respuestas tales como: ‘Se ve arena’, ‘parece un camino’, y como incorrectas si mencionaban algún número o letra.

El criterio de exclusión consistió en obtener un total de 2 o más errores al reportar las láminas, así como reportar ambas láminas de control de forma errónea.

3.2.1 Estímulos. Las láminas usadas fueron tomadas de la prueba de discriminación cromática de Ishihara, se utilizaron 11 de las 38 láminas, incluyendo dos de las láminas de control (figura 9).

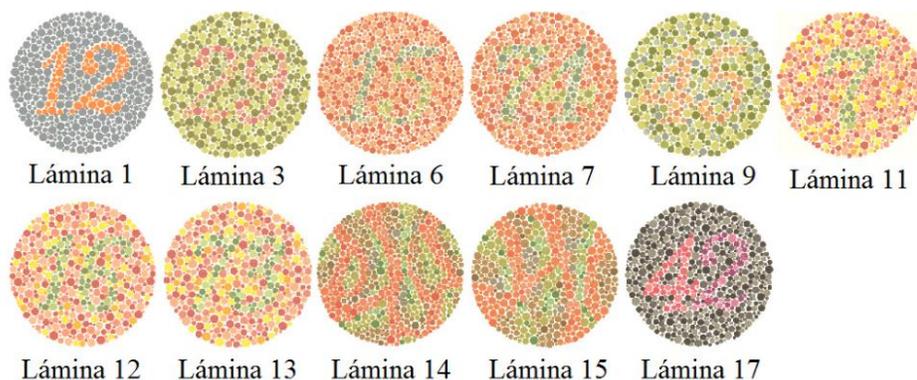


Figura 9. Láminas usadas para la evaluación de discriminación cromática.

Nota: Tomado de Espinoza, M. (2016).

4.Prueba auditiva. Para conocer el estado de agudeza auditiva del menor se empleó una tarea previamente diseñada y automatizada, en la cual se le presentan tonos puros en dos series, una para cada oído, estos fueron presentados usando unos audífonos y controlando el volumen para evitar alguna molestia.

La tarea tenía una duración aproximada de 4 minutos. La consigna consistía en levantar la mano derecha indicando que escucho algo, cuando en la pantalla apareciera la pregunta ¿Escuchaste algún sonido?, se registraba como ‘T’ las respuestas correctas y como ‘F’ las incorrectas, siendo estas la omisión de algún sonido donde sí lo había o, por el contrario, la indicación de un sonido donde no lo había.

Ecriterio de exclusión fueron 2 errores de los 10 posibles reportados.

4.1 Estímulos. Se consideraron 10 tonos puros, los cuales se variaron en cuanto a los hercios (Hz), todos se presentaron en un solo bloque en ambos oídos (véase tabla 4).

Tabla 4

Frecuencia de los tonos usados

Frecuencia
125 Hz
250 Hz
500 Hz
880 Hz
1000 Hz
2000 Hz
3000 HZ
4000 Hz
6000 Hz
8000 Hz

Nota: Distribución de los tonos usados en la tarea para ambos oídos, cuya presentación fue aleatoria.

5.Evaluación motora ‘Finger Tapping Task’. Con la intención de evaluar las habilidades motoras finas, se llevó a cabo una tarea de finger tapping task automatizada, que consistió en dar golpeteos en un ritmo libre. Las secuencias se dividieron por mano, es decir, se evaluaron los dedos de cada mano, aún si el participante era zurdo o diestro; y por dedo, para ello cada dedo debía completar un total de tres bloques con una duración de diez segundos. El criterio de exclusión para el caso del golpeteo de dedos consistió en un mínimo de 10 golpeteos por dedo.

5.1 Estímulos. La presentación del finger tapping task se llevó a cabo en una tableta en la cual se presentaba una plantilla con una mano, y círculos de colores para cada dedo, el arreglo fue el mismo para cada mano, pero en sentido contrario (véase figura 10). Esta se presentó de forma vertical para que el participante pudiera acomodar la mano. Las medidas de la mano se consideraron con base a las medidas antropométricas consideradas para las edades de rango 7 a 12 años, siendo estas 11.2 cm a lo largo y 6.3 a 7 cm de largo de palma; asimismo, se consideró la longitud de la del dedo pulgar al dedo meñique, rondando esta los

12 cm (Ruiz, 2001); cabe destacar que, estas medidas una vez ingresadas al programa fueron acopladas a pixeles.

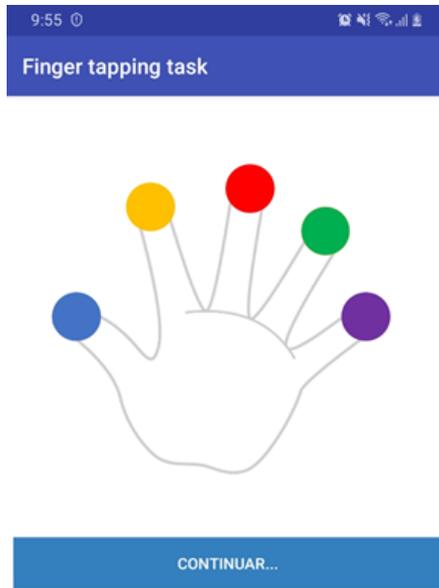


Figura 10. Presentación del ‘finger tapping task’ en la tableta.

Los círculos de colores indican cada dedo, siendo azul: Pulgar; amarillo: Índice; rojo: Medio; verde: Anular; y morado: Meñique

Procedimiento

Una vez que los participantes aceptaron colaborar, se les hacía entrega del formato de consentimiento informado a los padres, una vez firmado y aclarados los procedimientos y dudas, se acordaban los días y horarios para trabajar, cada participante cumplió un total de dos sesiones de 40 min aproximadamente, para evitar que los menores presentaran fatiga.

Las sesiones fueron divididas en dos: La sesión de evaluación y la sesión experimental. Para la primera, los participantes cubrían las cinco pruebas propuestas, las cuales incluían una evaluación visual, auditiva, motora y psicodiagnóstica (véase instrumentos). Una vez cumplida la evaluación eran pasados a la siguiente fase, la cual

consistía en la aplicación del protocolo experimental, esta se aplicaba en una sola sesión, con cuatro descansos intermedios.

Cabe destacar que los participantes pasaban solos a la aplicación de ambas fases, sin embargo, ante situaciones en las cuales se distrajeran o mostraran ansiedad por la ausencia de los padres, se les permitían a estos el acceso con la restricción de no involucrarse en la ejecución del menor. Las indicaciones generales y recordatorios de mantenerse en la tarea eran provistas para cada participante, con la finalidad de confirmar que el menor hubiese comprendido adecuadamente cada indicación, se le pedía en cada caso explicar al aplicador cuál era la tarea que debían llevar a cabo.

Durante la primera evaluación los padres estaban provistos del cuestionario sociodemográfico (véase anexos), el cual respondían mientras los niños aplicaban las evaluaciones.

‘Double Flash Beep Illusion’. La presentación de la tarea consistió en mostrar una pantalla en blanco en la cual aparecía una cruz como punto de fijación justo a la mitad de esta; posteriormente, se presentaba el estímulo visual, representado por un disco de color negro, el cual se situó por debajo del punto de fijación con una duración de 21ms (véase figura 12).

La consigna consistió en preguntar *¿Cuántos círculos aparecieron?*, los participantes podían responder 1 o 2, presionado el botón correspondiente en la botonera.

La prueba tuvo una duración de 40 minutos con cuatro periodos de descanso a los 136 ensayos, no obstante, la duración podía ser modificada dependiendo del ritmo y velocidad de los participantes

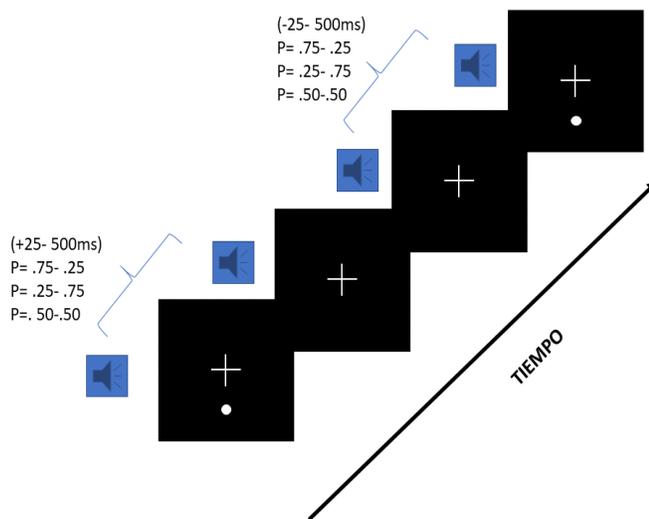


Figura 12. Esquema de la tarea usada por Foss-Feig et al, (2010).

Con las modificaciones de probabilidad “An Extended multisensory temporal binding window in autism spectrum disorders”.

Evaluación visual (agudeza y cromaticidad). Para la realización de las dos evaluaciones visuales se le indicó al participante tomar asiento con la espalda recta y apoyada por completo en la silla, la distancia del entrecejo con respecto a la pantalla debía ser 50 cm, esto debido a las conversiones de cm de los optotipos a píxeles, así como de las láminas de Ishihara para ser presentados en el monitor.

A continuación, se aplicó a los participantes la primera de las dos evaluaciones visuales, la evaluación de agudeza visual, la cual consistió en la presentación de los optotipos de Snellen, para ello se le indicó al participante atender a la pantalla y una vez que aparecían las indicaciones se les solicitaba que las leyeran en voz alta, una vez terminadas, se les repetían a la vez que se les preguntaba qué seguía después de cada estímulo. Cuando el aplicador se cercioraba que las instrucciones habían sido adecuadamente comprendidas, se pasaba a los ensayos reales, los cuales consistían en la aparición de una letra debajo del punto de fijación, el participante debía enunciar la letra que se le había presentado, o decir si fuera

el caso, que ya no la veía. Una vez terminados los ensayos, pasaba a la segunda evaluación visual, concerniente a la discriminación cromática, cuyo procedimiento fue similar al anterior, únicamente que en el caso de las indicaciones, el menor debía reportar si observaba algún patrón, llámese letra o número, cabe destacar que en el caso de los ensayos control, donde no debía reportarse ningún elemento en la lámina, algunos de los menores respondían ‘arena’ o ‘un camino’ dichas respuestas se tomaron como correctas, ya que no se acercaban a ser un patrón definido y claro.

Evaluación auditiva. Para la evaluación audiométrica, esta se llevó a cabo en un cubículo aislado, con la disminución de la mayor cantidad de ruido interno y externo, una vez dentro, se le solicitó al participante que se sentara en la silla correspondiente, adoptando una posición cómoda, al igual que en la evaluación pasada, se le presentaron las instrucciones y se les pidió que las leyeran en voz alta confirmando en cada caso que había comprendido la tarea. Posteriormente, se les solicitaba colocarse los audífonos de la forma indicada, es decir, cuando los ensayos correspondían al oído izquierdo, el audífono del oído derecho debía colocarse por detrás de la oreja, siendo lo mismo para cuando se evaluaba el oído derecho.

Antes de la presentación de los estímulos de prueba se ajustaba el volumen para evitar daños al oído, una vez que el participante había adoptado la posición adecuada y colocado los audífonos se presentaban los ensayos de forma aleatoria. Al terminar la prueba, se les preguntaba a los participantes si había habido algún sonido que le hubiera parecido irritante, si bien, esto se preguntó al final, de haberse dado el caso de sospecha o incomodidad durante la prueba, esta hubiera sido detenida para evaluar la respuesta conductual de los participantes, ante alguna posible hipersensibilidad, no obstante, este no fue el caso.

Evaluación motora. Para la evaluación motora, primero se le solicitó al participante sentarse de frente al aplicador, una vez adoptada la posición se les pidió extender los brazos,

flexionar la mano derecha, y luego la izquierda; asimismo, se les pidió nombrar los dedos de cada mano si es que conocían los nombres, sino se les daban y se les pedía repetir, posterior a ello, se les preguntó por cada uno.

A forma de ensayo, se les solicitó que con los brazos extendidos, tocaran uno a uno sus dedos con su dedo pulgar de derecha a izquierda y de izquierda a derecha, imitando la secuencia dada, primero se les pidió hacerlo lento y posteriormente que lo hicieran lo más rápido que pudieran, al terminar ambas manos, se les pidió que colocaran primero una mano sobre la mesa, con la palma extendida, y que dieran golpeteos a ritmo libre con cada uno de los dedos, esto para que adoptaran la posición según el programa; una vez terminado el calentamiento, se les pasaba a la prueba (véase figura 13).

En la prueba se les pedía colocar la mano en la posición anterior, identificar el dedo según la pantalla, guiándose con la clave de colores, y una vez iniciado el ensayo dar golpeteos lo más rápido que pudieran. Tanto el término del primer bloque como el comienzo del siguiente les fue indicado verbalmente, asegurándose de que continuarán con el mismo dedo. Una vez cumplidos tres bloques se cambiaba el dedo, de nuevo indicado con otro color y se repetía la instrucción hasta terminar con todos los dedos de ambas manos.

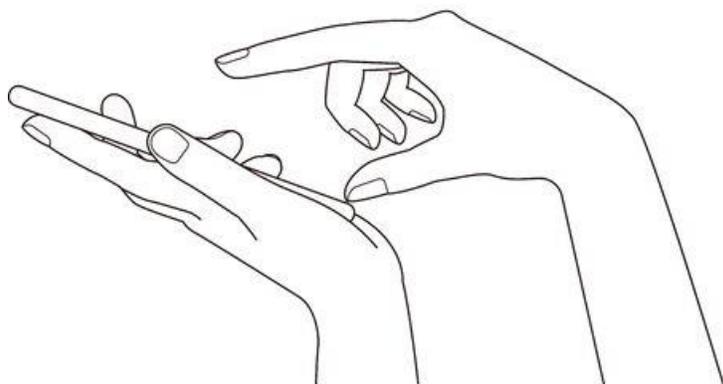


Figura 13. Muestra la instrucción del tapping,

Para ambas manos, todos los dedos debían golpear el dedo pulgar, posterior sobre la mesa y finalmente en la plantilla.

Nota. Adaptado de “Ilustración de Tapping” [imagen], por STOCKLIB, 2021, (<https://www.stocklib.es/vectores-libres-de-derechos/tapping>).

Evaluación psicodiagnóstica. Para la evaluación psicodiagnóstica se solicitó a los participantes adoptar una posición cómoda frente al monitor, primero se les presentó un cuestionario, para identificar su edad y grado escolar, una vez que respondían, aparecía en la pantalla las instrucciones las cuales se les pedía leer con cuidado y en voz alta, una vez que terminaban, se les mencionaba que a continuación tendrían que resolver un rompecabezas, que debían observar adecuadamente las opciones y mover el cursor hasta la opción que creyeran era la correcta, procurando hacerlo lo más rápido y mejor que pudieran.

Para la selección de las respuestas los participantes debían mover el cursor hasta la opción deseada y dar ‘seleccionar’.

Resultados

Fase de evaluación inicial

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación inicial para ambos participantes, la cual consistió en cinco pruebas, con la finalidad de precisar el estado general de los participantes (véase tabla 5).

Tabla 5

Resultados de la evaluación inicial

Grupo	Participante	RAVEN	FINGER TPPING (promedio de taps/ sec)	Evaluación auditiva (Total/ 10 estímulos)	Agudeza visual (nivel de agudeza mononuclear)	Discriminación al color (T/ 11 láminas)
DT	1	Promedio	2.7 taps/ sec	10/10	7	9/11
TEA	1	Muy bajo	3 taps/ sec	10/10	7	11/11

Nota: Se muestran los resultados de las cinco pruebas, los resultados del participante con desarrollo típico (DT), y el participante con trastorno del espectro autista (TEA).

Prueba de agudeza visual: Optotipos de Snellen.

El criterio de exclusión de esta tarea se basó en la obtención del puntaje monocular, siendo este $AV \leq 0.2^2$, para ambos participantes las puntuaciones se encuentran en rango 7, lo que se clasificó como un nivel de agudeza adecuado.

Prueba de discriminación cromática: Láminas de Ishihara. Si bien, la discriminación del color no representaba una variable significativa, se consideró para poder complementar la evaluación visual general, para ello se registraron el número de errores de cada participante de las 11 láminas presentadas.

De forma general, el criterio de exclusión consistió en no más de dos laminas con respuestas incorrectas.

Los resultados fueron para el participante con TEA un total de 11/ 11 láminas identificadas correctamente, cabe destacar que dos de las láminas no presentaban número, siendo estas los controles, durante el piloteo se identificó que los niños tendían a dar respuestas de tipo “Esa parece arena, pero no tiene número”, por lo cual la respuesta arena se consideró como una respuesta válida, en el caso del participante con DT se obtuvo un puntaje de 9 /11 láminas, sus errores fueron en las láminas 12 y 13.

Prueba de discriminación tonal.

Los resultados mostraron que ambos participantes fueron capaces de identificar 107 tonos en rangos de 125 Hz a 8000 Hz (para la escala completa véase procedimiento), los cual se

² AV (agudeza visual), para mayores detalles de la obtención de AV y las conversiones véase en procedimiento

consideró como un nivel de audición adecuado. Para el caso del participante con TEA negó hipersensibilidad o incomodidad ante los diferentes tonos.

Prueba de control motor: Finger Tapping Task. Los resultados de la prueba de finger tapping task mostraron para ambos participantes calidad de los movimientos para la mano dominante (derecha), con velocidad media posible, precisión aparentemente normal, con adecuado seguimiento rítmicos para los dedos dominantes, mostrando un decremento del ritmo para los dedos anular y meñique, en promedio por bloque se presentaron 2.8 golpeteos.

Evaluación psicodignóstica: Láminas de RAVEN, escala coloreada. Los resultados muestran, que el participante con desarrollo típico (TD) obtuvo una puntuación directa de 26, correspondiente a un percentil de 50 que lo ubica en un rango término medio.

Por su parte el participante con trastorno del espectro autista (TEA) obtuvo una puntuación directa de 16, correspondiente a un percentil de 5 que lo ubica en un rango con déficit intelectual

Si bien, ambos participantes difirieron respecto a la capacidad intelectual evaluada con el RAVEN, debe contemplarse que las pruebas suelen presentar desviaciones debido a la sensibilidad hacia poblaciones atípicas, por lo cual esta prueba únicamente fungió como un control más no se consideró como un criterio de exclusión, siendo que se apoyó de otras formas para considerar que el participante entendió la tarea.

Resultados ‘Double flash beep illusion’

Proporción de flashes reportados. La proporción de ensayos para los cuales los participantes reportaron dos flashes³, lo cual correspondió a percibir la ilusión, fueron

³ En el caso del presente proyecto se hablaba de ‘flash (es)’ para denominar a los círculos (estímulos visuales) dentro de la tarea, apegándose a como se reportan dichos estímulos en la literatura.

determinados por cada condición de SOA, es decir para cada duración positiva o negativa, así como para cada bloque de probabilidad, para el caso de la condición experimental (dos beeps y un flash;1F2B). Los datos presentados, indican que, a mayor proporción de dos flashes reportados, corresponden a un mayor efecto de la ilusión.

Dentro de las gráficas se presentan las 16 duraciones empleadas, en un rango de 0.025ms a 0.500 ms positivos como negativos (SOAs), así para ambos participantes; además de integrarse la condición de un flash y un beep (1F1B) como una media de posible sesgo en los participantes, divididas en tres gráficas por probabilidad. Cabe destacar que, por la naturaleza de los datos, los análisis estadísticos no pudieron ser aplicados.

Respecto a los resultados para el caso de la probabilidad de 0.25 (véase figura 11; panel 0.25) el análisis visual muestra que la distribución de dos flashes denotó un efecto de la presentación de SOAs sobre la detección de la ilusión, siendo que para el caso del participante con desarrollo típico (DT) sus repuestas muestran un incremento en los ensayos de SOAs negativos, con una mayor detección de la ilusión en las duraciones de -0.300 a -0.150 ms, incluyendo -0.050, disminuyendo su sensibilidad para los ensayos de SOAs positivos. De forma contraria, el participante con trastorno del espectro autista (TEA) reportó la ilusión en mayor proporción para los ensayos de SOA positivo, no así para los negativos, con una mayor detección en un rango de duraciones de 0.025 a 0.300 ms.

Para el caso de la probabilidad de 0.50 (véase figura 11; panel 0.50) los resultados muestran para el caso del participante con DT una mayor proporción reportada de la ilusión para los ensayos de SOAs negativos, en un rango de -0.300 a -0.100ms, con un decremento en la detección al presentarse ensayos con SOAs positivos. Para el caso del participante con TEA, la variabilidad en sus repuestas decrementó, siendo que la detección de la ilusión

presentó un patrón de proporciones equitativas (50%/ 50%), principalmente para los ensayos con SOAs positivos.

En cuanto a la probabilidad de 0.75 (véase figura 11; panel 0.75), para el participante con DT los resultados muestran una mayor porción de la detección de la ilusión para los SOAs positivos en un rango de -0.300 a -0.050 ms, disminuyendo para los SOAs negativos. Por su parte, el participante con TEA mostró, de igual forma, un patrón de respuestas indiferentes con mayor énfasis para los ensayos con SOAs positivos.

De forma general, para ambos participantes se comparó la condición de 1F1B, debido a que esta permite ver la variabilidad de las respuestas con sesgo, es decir, el favorecimiento a alguna de las opciones '1' o '2' de forma indiscriminada, lo que se observa es que el participante con TEA reportó un 50% de las veces observar la ilusión para esta condición contrario al participante con DT

Probabilidades

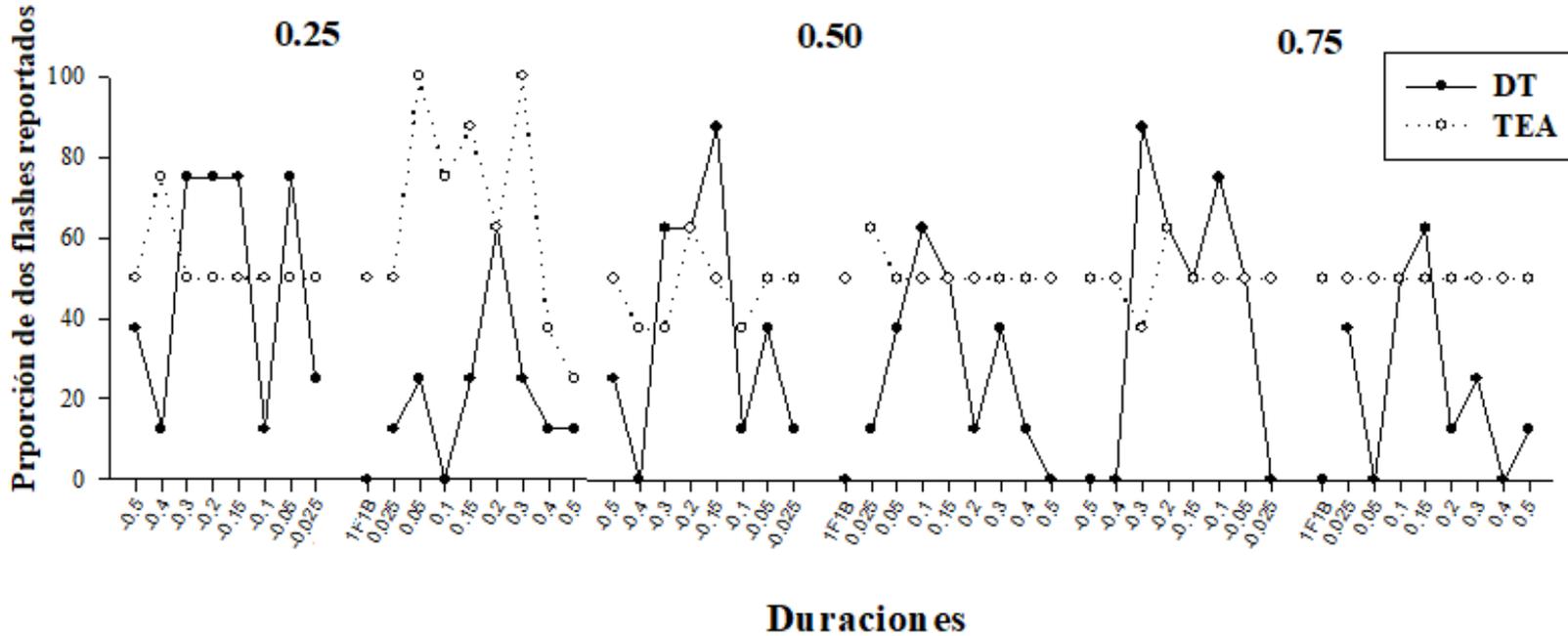


Figura 11. Proporción de dos flashes reportados por probabilidad

Resultados de la comparación uno a uno, donde la línea punteada corresponde al participante con trastorno del espectro autista (TEA) y la línea continua al participante con desarrollo típico (TD). La grafica corresponde a la proporción de dos flashes reportados en los ensayos experimentales 1F2B para las tres condiciones de probabilidad (0.25, 0.50 y 0.75). De forma general los resultados muestran mayor variabilidad en la detección de la ilusión para el participante de DT en comparación con el participante TEA, no obstante, el participante con TEA reporto una mayor detección de la ilusión por acumulación, sin embargo, las respuestas comienzan a establecerse en una proporción 50/ 50 en las probabilidades de 0.50 y 0.75 para este mismo participante en comparación con el de DT. La condición de 1F1B fue agregada considerando los resultados reportados por Foss-Feig et al (2010)

Tiempos de reacción. A continuación, se muestran los promedios de tiempos de respuesta para las tres condiciones de probabilidad; tanto los ensayos de SOAs positivos, como negativos, se consideraron, ya que ello refleja el desempeño general de los participantes (véase tabla 6).

Tabla 6

Tiempos de reacción por participante

Probabilidad	DT	Error estándar	TEA	Error estándar
0.25	0.746	0.038	0.613	0.048
0.50	0.684	0.029	0.526	0.037
0.75	0.835	0.040	0.497	0.037

Nota: Muestra los promedios y el error estándar por participante para cada condición de probabilidad.

De forma general, para el caso del participante con TEA los tiempos de reacción fueron menores en comparación con el de DT. Específicamente, los cambios son mayores para las condiciones de 0.25 y 0.75 para ambos participantes, con un efecto espejo, ya que, para el participante con TEA, el promedio de tiempo de reacción fue mayor para la probabilidad de 0.25, con un decremento al presentarse la probabilidad de 0.75. Mientras que para el caso del participante con DT, los tiempos de reacción fueron menores en la probabilidad de 0.25, incrementando al acercarse a la probabilidad de 0.75 (véase figura 12).

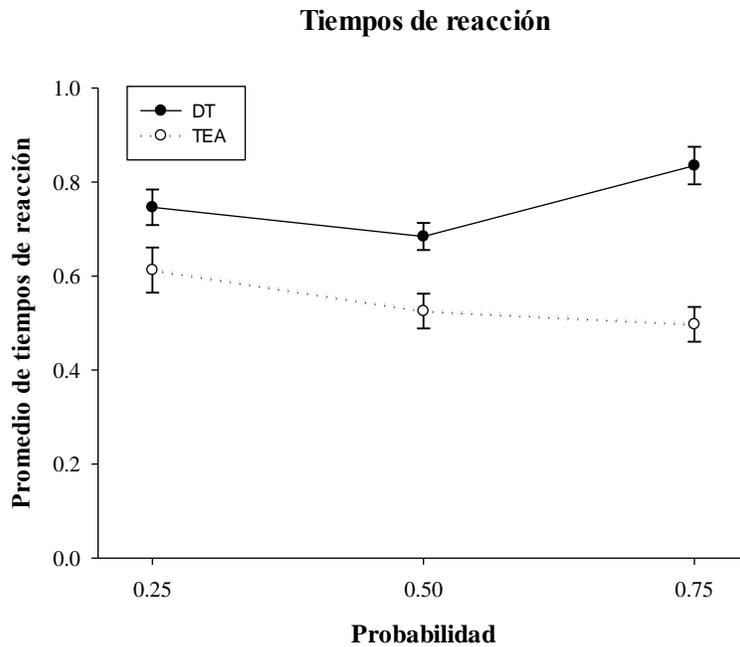


Figura 12. Tiempos de reacción

Muestra el promedio de tiempos de reacción de ambos participantes para cada condición de probabilidad. Para el caso del participante con TEA, los tiempos de reacción son mayores para la probabilidad de 0.25 con una tendencia descendente para la condición de 0.75. De forma contraria, el participante con DT muestra un ascenso del tiempo de reacción en la condición de 0.75. La línea puntuada corresponde a los tiempos del participante con TEA, mientras la línea continua corresponde al participante con DT, las barras corresponden a los errores estándar.

Detección de señales. Con la finalidad de obtener un análisis más específico del desempeño de cada participante, se llevó a cabo un análisis de detección de señales (SDT, por sus siglas en inglés), el cual ofrece información adicional sobre si la información multisensorial puede producir cambios perceptuales o un efecto directo sobre la decisión de los participantes, y en este caso, a través de las condiciones de probabilidad (Witt et al., 2015).

Para llevarlo a cabo se consideró la clasificación de la información asociada a ruido y aquella asociada a señal, para propósitos de este trabajo se eligió a la variable de duración para ser distribuida (véase tabla 7), la división se dio con base a la hipótesis general de la tarea ‘Double flash beep illusion’, en la cual la ilusión presenta un mayor efecto cuando la duración entre el segundo beep y el estímulo compuesto por un flash y un beep, mientras que al alejarse esta pierde efecto (Shams et al., 2002).

Tabla 7*Distribución de duraciones asociados a señal y ruido*

Señal (duraciones cortas)		Ruido (duraciones largas)	
-0.025	0.025	-0.200	0.200
-0.050	0.050	-0.300	0.300
-0.100	0.100	-0.400	0.400
-0.150	0.150	-0.500	0.500

Nota: Se muestran las duraciones cortas asociadas a señal y las duraciones largas asociadas a ruido, estas duraciones también se basan en los parámetros de extensión de ventanas temporales reportadas para Foss-Feig et al, 2010.

El cálculo de tasas de hits y falsas se dio con base a una matriz de respuestas (véase tabla 8), donde una respuesta de ‘2’ correspondía a detectar la ilusión, mientras que una respuesta de ‘1’ significaba no detectar la ilusión.

Tabla 8*Matriz de respuestas*

		Estado real de la tarea	
		Señal (duraciones cortas)	Ruido (duraciones largas)
Juicio de detección	Se ve la ilusión, es decir se responde 2 círculos.	Hit Número de respuestas con 2 / duraciones cortas en el rango de -150 a 150 ms. Exceptuando el rango de -500 a 500 ms.	Falsa Alarma Número de respuestas con 2/ duraciones largas en el rango de -500 a 500 ms. Exceptuando el rango de -150 a 150 ms.
	No se ve la ilusión, es decir responder 1 círculo.	Omisión Número de respuestas con 1/ duraciones cortas en el rango de -150 a 150. Exceptuando el rango de -500 a 500 ms.	Rechazo correcto Número de respuestas con 1/ en el rango de duraciones de -500 a 500. Exceptuando el rango de -150 a 150 ms.

Nota: Se muestra la distribución de respuestas con base a su asociación con ruido y señal considerando el estado real de la tarea y la elección de respuesta.

Una vez obtenidos las tasas de hits y falsas alarmas, se determinaron los valores para los indicadores no paramétricos para el caso del SDT, los cuales corresponden a A' (indicador no paramétrico de d' para sensibilidad; véase ecuación 4) y B'' (indicador no paramétrico de β para sesgo; véase ecuación 5), con base a lo reportado por Stanislaw y Todorov (1999).

$$A' = \left\{ .5 + \frac{(H - F)(1 + H - F)}{4H(1 - F)} \text{ cuando } H \geq F \right.$$

O

$$A' = \left\{ .5 + \frac{(F - H)(1 + F - H)}{4F(1 - H)} \text{ cuando } H < F \right.$$

$$B'' = \frac{H(1 - H) - F(1 - F)}{H(1 - H) + F(1 - F)} \text{ cuando } H \geq F$$

O

$$B'' = \frac{F(1 - F) - H(1 - H)}{F(1 - F) + H(1 - H)} \text{ cuando } H < F$$

Considerando los cálculos anteriores, se muestran los resultados para ambos participantes en tanto a la distribución de tasas de hits, falsas alarmas, A' y B'' (tabla 9).

Tabla 9

Respuestas por participante

Grupo	Probabilidad	THits	TFalsaAlarma	A'	B''
Control (DT)	0.25	0.172	0.234	0.414	0.115
	0.50	0.109	0.156	0.412	0.150
	0.75	0.469	0.281	0.665	0.104
Experimental (TEA)	0.25	0.531	0.422	0.653	0.010
	0.50	0.484	0.484	0.5	0
	0.75	0.5	0.5	0.5	0

Nota: Se muestran las tasas de hits y falsas alarmas, así como los indicadores de sensibilidad (A') y sesgo (B'') de ambos participantes. Las respuestas se muestran mayores para el participante con TEA en la probabilidad de 0.25 contrario al participante de DT, el cual impresiona mayores cambios para la probabilidad 0.75.

Los resultados del análisis de detección de señales (SDT) para el caso de la distribución de tasas de hits y de falsas alarmas para ambos participantes, mostró un efecto opuesto, para el caso de los hits, las tasas fueron de manera general mayores para el caso del participante con TEA en relación con el participante con DT, esto se correlaciona con los resultados en la distribución de dos flashes reportados (véase gráfica 4).

De forma específica, la tasa de hits para el participante con TEA se mostró mayor para el caso de la probabilidad de 0.25, y con una disminución tanto para las probabilidades de 0.50 y 0.75, siendo que incluso la tasa de falsas alarmas se igualó, eso se corresponde con los resultados para la distribución de dos flashes reportados. Por su parte el participante con DT mostró el efecto contrario, siendo que su tasa de hits aumentó al llegar a la condición con probabilidad de 0.75 con una tasa de falsas alarmas proporcional (véase figura 13).

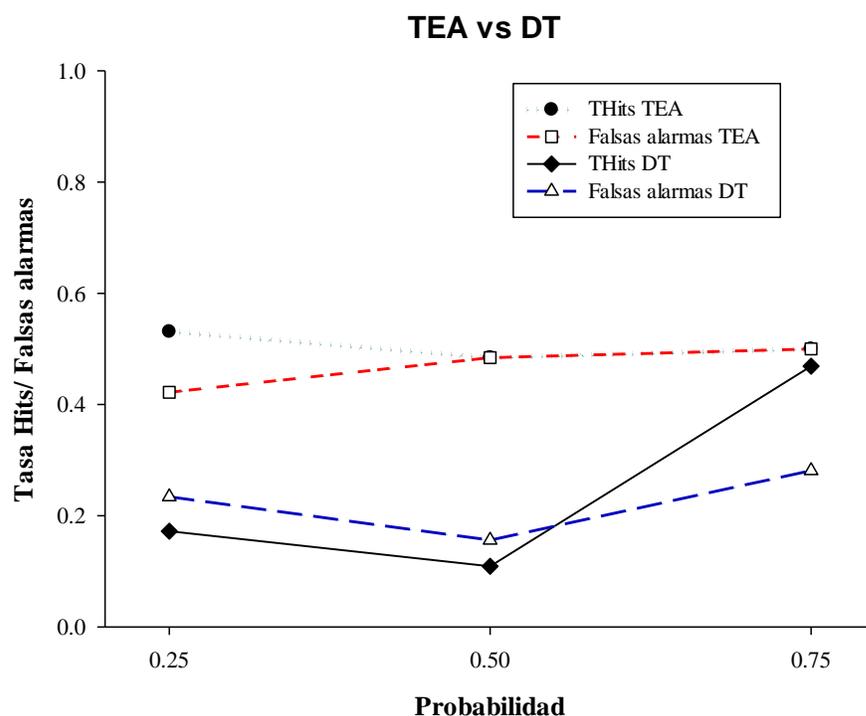


Figura 13. Tasas de hits y falsas alarmas

Muestra la distribución de hits y falsas alarmas para ambos participantes. De forma general, el participante con TEA mostró una tasa mayor de ambos en comparación con el participante de DT, los cambios, de forma

específica, se observan para el participante con TEA en la condición de 0.25, y para el participante con DT en la condición de 0.75.

Nota: La línea punteada corresponde a la tasa de hits del participante con TEA, mientras que la línea continua corresponde al participante con DT, la línea punteada roja corresponde a la tasa de falsas alarmas del participante con TEA. La línea punteada azul corresponde a la tasa de falsas alarmas del participante con DT.

En relación con el indicador de sensibilidad (véase figura 14), este nos permitió precisar el efecto de la manipulación de probabilidad sobre la tarea para cada participante, los resultados corroboran que los participantes son sensibles no solo a las duraciones siendo capaces de reportar la ilusión, sino también a cuando los eventos se vuelven más recurrentes. Para el caso del participante con TEA el indicador A' , muestra una mayor respuesta sobre la probabilidad 0.25, siendo su desempeño indiferente para las condiciones de 0.50 y 0.75. Mientras que para el caso del participante con DT, la sensibilidad hacia la tarea comienza a ser mayor al aumentar la probabilidad a 0.75.

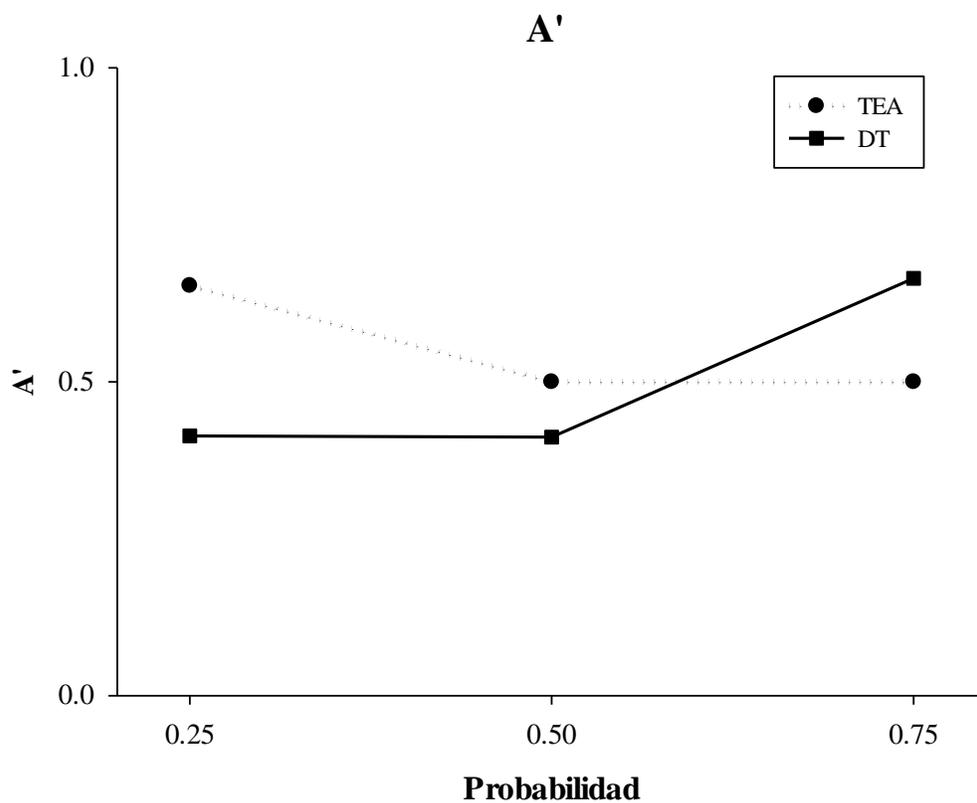


Figura 14. Indicador A' (sensibilidad)

Se muestra el grado de sensibilidad de los participantes. De forma general, los cambios en 0.25 son más percibidos por el participante con TEA en comparación con su par de DT, el cual mostró un mayor efecto de sensibilidad cuando la probabilidad aumentó, como en el caso de la probabilidad de 0.75.

Nota: La línea punteada corresponde al indicador de sensibilidad del participante con trastorno del espectro autista, mientras la línea continua corresponde al mismo indicador para el participante de desarrollo típico.

Finalmente, el indicador B'' (véase figura 15) no mostró cambios significativos entre los participantes. Únicamente se observó un cambio ligero para el participante con DT en la condición de 0.50, no obstante, esto no precisó un efecto para su desempeño en la tarea.

Los resultados, por lo tanto, permiten observar que ambos participantes respondieron sin favorecer alguna opción, o de forma azarosa.

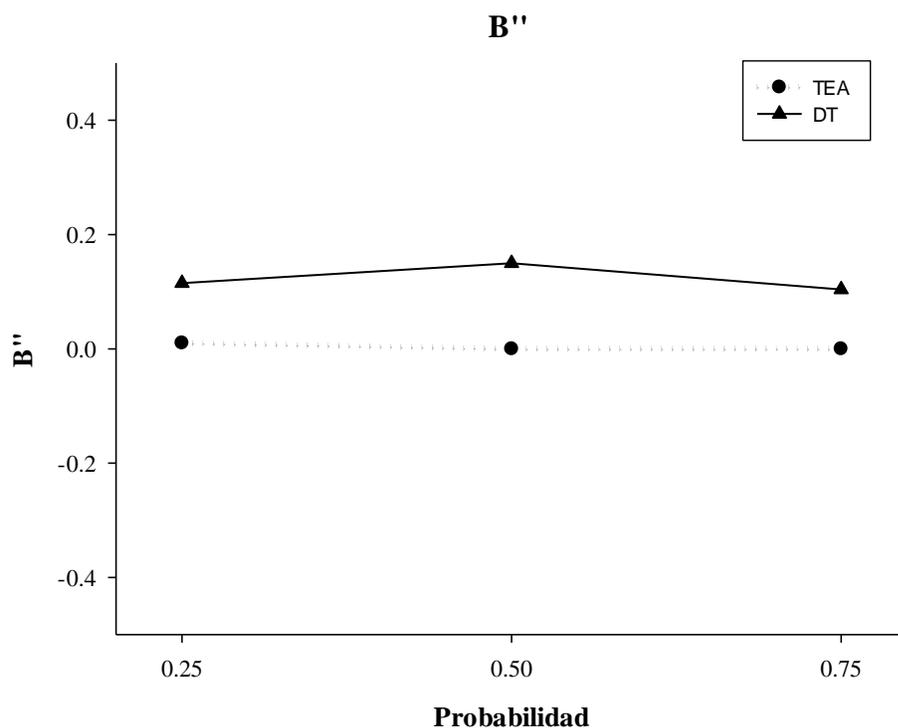


Figura 15. Indicador B'' (sesgo)

Se muestran los cambios en B'' (sesgo) para ambos participantes, los cambios no impresionan una elección favorecida hacia alguna de las opciones.

Análisis clínico del caso

Se trata de un participante masculino de 9 años 6 meses, quien fuera diagnosticado hace 7 años con trastorno del espectro autista (F84.0, clave CIE-10) por un médico neuropediatra. Actualmente recibe tratamiento farmacológico, donde se incluyen Risperdal, Ritalin y Sertralina, con seguimiento terapéutico enfocado al lenguaje y funcionalización.

El menor presenta un nivel general por debajo de la media normotípica de acuerdo con la prueba de matrices progresivas de RAVEN en un rango V, que indica un nivel de dificultad intelectual. No obstante, el análisis cualitativo de su desempeño impresiona que sus dificultades estriban en aspectos de deducción de relaciones y habilidades de razonamiento lógico necesarios para la adaptación y habituación a nuevos contextos a través de la anticipación a los cambios, generalización e integración de la información, ya que, por lado, las matrices iniciales implican una asociación unimodal requiriendo únicamente de habilidades de discriminación por características, color, tamaño, o forma, las cuales el menor lleva a cabo sin mayor complicaciones, no así cuando las matrices incorporan dos elementos cambiantes forma y tamaño, e incluso otros elementos como orientación.

Asimismo, se identificó una estrategia de maximización para la solución, tanto para las matrices de Raven como para la tarea experimental, al seleccionarse la opción con mayor tasa de similitud, lo cual también se asocia a sesgos probabilísticos como representatividad y equiprobabilidad, los cuales demuestran ser poco flexibles y con mayor resistencia al cambio.

De manera general, el menor demuestra un cambio abrupto tanto para la resolución de las matrices como para la ejecución de la tarea experimental, dicho cambio puede ser relacionado a dificultades para incorporar elementos de su experiencia para la solución de nuevas tareas, lo que corresponde a una recalibración estado a estado, es decir lo que podría

ser interpretado como un sesgo o perseveración, puede ofrecer información sobre un análisis centrado al detalle, así cada ensayo es un evento nuevo y único. Por ejemplo, en la progresión de series, un cambio en el color, el tamaño, la dirección sobre una matriz presentada anteriormente puede significar un estímulo totalmente novedoso, y por lo tanto requerir un nuevo análisis y estrategia para solucionarlo.

Discusión

En el presente trabajo la interacción de procesos de integración multisensorial, probabilidad y tiempo, se examinó en un paradigma ilusorio conocido como ‘double flash beep illusion’, con un rango de 18 duraciones, cada una asociada a un arreglo de tres probabilidades (0.25, 0.50, 0.75). En una comparación uno a uno entre un participante de desarrollo típico con un participante con trastorno del espectro autista.

De forma general, en la detección de la ilusión los resultados sugieren que el participante con TEA presentó una mayor sensibilidad, reportando más veces la ilusión a diferencia de su par control, lo cual se observa en la tasa de hits y el indicador A’ del análisis de detección de señales en las tres condiciones de probabilidad, además de ello, la ilusión se mostró constante a lo largo de un rango mayor de duraciones. Lo anterior habla acerca de una capacidad intacta de integración de claves visuales y auditivas simples en estos individuos (Shams et al., 2005; Van der Smagt et al., 2007; Foss-Feig et al., 2010; McGovern et al., 2014; Van Opstal, 2016; Kawakami et al., 2020), así como un proceso de integración sensorial funcional, aunque aparentemente menos selectivo (Bao et al, 2017).

La cualidad de tiempo se evaluó usando 16 SOAs en un rango de -500 a 500 ms. Los resultados mostraron que para el participante con TEA, la ilusión se presentó incluso ante duraciones largas, con una tasa de falsas alarmas mayor a comparación del participante de TD, si bien esta diferencia no pudo ser evaluada estadísticamente si puede ser descrita en términos de la VIT, la cual se ha hipotetizado extendida en este grupo (Foss-Feig et al., 2010; Kwakye et al., 2010; Stevenson et al., 2014), una explicación similar había sido dada por Wainwright y Bryson (1996) pero en términos de la detección de estímulos, para lo cual ellos encontraron que cuando se presentaban claves visuales a 100 ms antes de la aparición de un estímulo objetivo, los participantes control podían reaccionar más rápido debido a la

validación que realizaban de dichas claves, sin embargo, en el caso de los participantes con TEA la respuesta mostró un efecto de validación incluso más extendido que en los controles (véase en Stevenson et al., 2014), lo anterior apoya la hipótesis de un déficit en el procesamiento selectivo de la información en TEA, específicamente sobre la vía Top Down la cual actúa dentro de la discriminación de las claves ambientales en concordancia con los estados internos de los organismos (expectativas, experiencias y motivación), necesaria para determinar la presencia o ausencia, en este caso, de la ilusión bajo determinadas condiciones temporales (Wang et al., 2018), y que aluden a una dominancia de la vía Bottom up en dicha población, tal como lo que encontraron Amso y colaboradores, en un estudio con jóvenes con TEA de alto rendimiento y sus pares controles, en el cual se evaluó la participación del procesamiento Bottom-up, en la detección de estímulos visuales, los resultados arrojaron una predominancia de este procesamiento en el grupo con TEA, y relacionándolo con diferencias en el control oculomotor y de control fino, que puede encontrarse inalterado en dicha población.

El valor adaptativo de la dominancia bottom up en contraste a la vía Top down estriba en que la participación de la vía top down promueve procesos de atención y generación de expectativas los cuales facilitan la percepción visual incrementando la probabilidad de que un evento visual posterior ocurra, a la vez que se reduce la carga computacional priorizando el procesamiento de un tipo particular de información con base a su significancia conductual (Cook, Barbalat y Blakemore, 2012), por lo tanto una alteración en dichas cualidades provocarían una mayor activación de la vía Bottom up que si bien comparte mecanismo de organización y predicción de información tiene como consecuencia la respuesta limitada al detalle (Amso et al, 2014) además de tiempos de respuesta más cortos, como que se sugiere para el participante con TEA.

Otro factor temporal que se consideró fueron los tiempos de reacción de ambos participantes, los cuales fueron promediados por condición de probabilidad, lo que permitió permitiendo observar el efecto de la probabilidad sobre esta respuesta. Considerando los resultados obtenidos, el tiempo de reacción promedio fue menor para el participante con TEA en comparación con su par control. Esto puede indicar que la habilidad temporal de respuesta está aparentemente intacta y que conductas como la toma de decisión (elegir 1 o 2), el procesamiento y el acomodo de estímulos de diversa fuente, igualmente dependientes de tiempo, pueden verse afectados no solo por la propia condición de desarrollo, sino también por las características de las tareas, la demanda de mecanismos y habilidades cognitivas que en conjunto juegan un papel como posibles disruptores (Ferraro, 2014; Chouinard, Unwin, Landry y Sperandio, 2016; Keil, 2020).

Retomando el aparente predominio del procesamiento Bottom up, se plantea que en TEA se estaría presentando un cambio en la validación de las claves (estímulos) y la fuente de la cual provienen requiriendo un mayor lapso, es decir un ensanchamiento de la VIT, sin afectar la organización de una respuesta, particularmente al tratarse de estímulos unisensoriales. Lo anterior puede dar pistas sobre aspectos de hiper e hipo sensibilidad y la codificación de estímulos sociales o lingüísticos en estos individuos (Mottron et al., 2006; Maekawa et al., 2011; Xavier et al., 2015; Baisch et al., 2017; Bao et al., 2017). Incluso, como lo mencionan Stevenson et al (2014) y Zaidel et al. (2015), el costo de un VIT ensanchada puede dar como resultado una recalibración temporal más rápida, es decir, una actualización y adaptación a representaciones sensoriales prueba a prueba, lo que repercute, de igual forma, en una atenuación de las expectativas y por lo tanto depender más de la información real entrante, por lo tanto, dichas representaciones se encontraría en un estado bruto o 'literal' de la realidad, poco adaptativas.

La cualidad de probabilidad se evaluó a través de la frecuencia con la que se presentaban las duraciones por bloques de ensayo, ya sea 0.25, 0.50 y 0.75 para ambos participantes, los resultados muestran un efecto aparentemente opuesto, es decir, una mayor detección de la ilusión en la probabilidad de 0.75 para el participante con DT, contrario al participante con TEA donde la probabilidad fue de 0.25. Lo anterior rechaza la hipótesis central de este estudio sobre una detección mayor de la ilusión a mayor probabilidad, pero durante un rango menor de duraciones para el caso del participante con TEA (Foss-Feig et al., 2010). Además de una aparente indiscriminación de los eventos dados su frecuencia.

Si bien, este estudio fue exploratorio, las respuestas del participante con TEA permiten ilustrar de forma general, una discordancia en la adaptación a las regularidades estadísticas y la adecuación de expectativas de los eventos sensoriales debido a la presentación de estos en el ambiente. Estos hallazgos pueden ser explicados teniendo en consideración la propiedad de los estímulos de fungir como ‘adaptadores’, que pueden tener un efecto negativo sobre el percepto actual, es decir, una inclinación percibida en la dirección opuesta de los adaptadores; Para lo cual, el entrenar un estímulo en el pasado actúa sesgando la respuesta es decir, adaptándola, al anclarla a las condiciones donde se asocia y no a permitir una extrapolación contextual (Pellicano y Burr., 2012 ; Teufel et al., 2013; Lawson et al., 2017; Hudac et al., 2018), lo anterior puede relacionarse con efectos de habituación, y su aparente alteración en TEA, siendo que la disminución de la habituación puede llevar, por una parte, a la dificultad para discriminar un estímulo novedoso en presencia de algunos continuos llevando así a una hiposensibilidad para la detección de cambios en el ambiente. Y por otra, la habilidad de habituación puede reducir la atenuación de los estímulos llevando con ello a una hipersensibilidad debido a la inmersión a estímulos destacados, y por lo tanto

resultando a asociaciones estímulo - respuesta poco adaptativas (Guiraud et al., 2011; Hudac et al., 2018; Cheng y Jin, 2019; Sun et al., 2020).

Además de lo anterior, el posible efecto de habituación en el caso del participante con TEA puede relacionarse con los resultados en la detección de la ilusión, ya que su distribución mostro un aplanamiento para las probabilidades de 0.50 y 0.75, lo cual podría interpretarse como un sesgo, sin embargo en el SDT dicho parámetro no impresiono favorecer a alguna de las opciones (véase resultados) y por el contrario se relacionaría con los niveles de selectividad, los cuales pueden llevar a los participantes en primera instancia a crear experiencias sobre el curso de aparición de los eventos, por ejemplo, para el caso de la probabilidad de 0.25 la información se presenta de forma novedosa, sin embargo, puede no tener la saliencia necesaria para generar una expectativa funcional lo que estaría guiando las respuestas a una tendencia a la indiscriminación, esto puede ser igual a una habituación más rápida relacionada que en adición a la recalibración temporal puede llevar a una aparente ‘integración literal’ o una actualización uno a uno de los ensayos que inhiben la posibilidad de generar expectativas incluso sobre eventos sensoriales.

La hipótesis general planteada en la presente investigación se enfocaba principalmente en los efectos sobre la ventana de integración, los resultados permiten observar que es la habituación la que puede ofrecer una explicación más a fin para explicar la hipo e hipersensibilidad en esta población. Siendo así que la disminución de la habituación conlleva a dificultades para discriminar un estímulo novedoso en presencia de algunos continuos, ligado a una hiposensibilidad para la detección de cambios en el ambiente. En adición, la habilidad de habituación puede reducir la atenuación de los estímulos llevando con ello a una hipersensibilidad debido a la inmersión a estímulos destacados, la disminución

de la habituación conlleva a dificultades sobre la capacidad de adaptabilidad, reportado en algunos casos para pacientes con TEA.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación pretendían mostrar el efecto de la manipulación de probabilidad sobre los cambios de la extensión de la ventana sensorial temporal en TEA, con base en la hipótesis de que una exposición repetida a un estímulo podría mejorar la detección, en este caso de la ilusión, bajo determinadas condiciones como son las duraciones, si bien, los resultados no pudieron ser evaluados de manera estadística, el análisis de detección de señales permite establecer que los procesos de tiempo, integración sensorial y probabilidad se hayan interrelacionados, y que en el caso del TEA es posible hablar de una ventana de integración extendida que guía hacia validaciones prolongadas sobre las cualidades y relaciones de los estímulos, pero que mantienen la organización de una respuesta aparentemente intacta, en los cuales puede estar presente la activación de la vía Bottom up en la codificación de dicha información.

Por su parte, los efectos de la probabilidad, aunque se pensaban como positivos dirigidos a una mejora en la detección de determinadas duraciones, mostraron el efecto contrario, evidenciando alteraciones en aspectos de habituación, que puede por una parte sesgar las respuestas a las condiciones en las que fueron entrenadas sin una adecuada contextualización y que puede dar claves sobre las respuestas de hiper e hipo sensibilidad en este grupo de individuos.

Siendo así que los aspectos temporales en TEA están determinados en gran medida a la codificación multisensorial y al aprendizaje de regularidades estadísticas, al menos como se encontró en esta investigación.

Limitaciones. De manera general el tamaño de la muestra, particularmente de los niños con TEA, el cual debido a la accesibilidad para recaudar a muestra repercutió en la extrapolación de las conclusiones y los datos, ya que estos no pudieron ser analizados de manera estadística por lo cual se optó por aplicar el análisis de detección de señales.

Considerando esto, y retomando la hipótesis general sobre la probabilidad, se propone para futuras investigaciones, ampliar la muestra, incluyendo distintas etapas del desarrollo, tanto en poblaciones típicas como atípicas; ajustar la presentación de las condiciones de probabilidad únicamente considerando los parámetros 0.25 y 0.75, así como su aleatorización entre participantes para observar si se presentan cambios en las duraciones donde se detectan las duraciones; cambios sobre la sensibilidad y sesgo; así como indagar la cualidad de habituación con mayor detalle; y finalmente, comparar grupos por edad verbal y cronológica.

Referencias

- AAPA Research Department, & Rizzolo, D. (2019). Autism Spectrum disorder: Not just a childhood issue. Recuperado de: <https://www.aapa.org/>.
- Aguilar, F, & Carpio, C. (2014). La función de la conducta adjuntiva en el timing: Un análisis paramétrico de la manipulación espacial. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 17 (4), 1580-1596.
- Ahn, D. (2016). Introduction: Neurodevelopmental Disorders. *Hanyang Medical Reviews*, 36, 1-3. DOI: <http://dx.doi.org/10.7599/hmr.2016.36.1.1>.
- Alanis, D, Burr, D. (2004). The ventriloquist effect results from near- optimal bimodal integration. *Current Biology*, 14, 257-262. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2004.01.029>.
- Allman, M, & De León, I. (2009). “No time like the Present”: Time Perception in Autism. In A.C. Giordano, and V. A. Lombardi (Eds.) *Causes and Risk for Autism* (pp. 65-76). New York: Nova Science Publisher. ISBN: 978-1-60456-861-5.
- Allman, J, De Leon, I, & Wearden, J. (2011). Psychophysical assessment of timing in individuals with autism. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 116 (2), 165-178. DOI: <http://dx.doi.org/10.1352/1944-7558-116.2.165>.
- Allman, J. (2011). Deficits in temporal processing associated with autistic disorder. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 5 (2), 1-2. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnint.2011.00002>.
- Allman. M, Pelphrey. K & Meck. W. (2012). Developmental neuroscience of time and number: implications for autism and other neurodevelopmental disabilities. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 6 (7). DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnint.2012.00007>.

- Allman, M, Sundeep, T, Griffiths, T, & Meck, W. (2013). Properties of the internal clock: First- and Second-Order Principles of subjective Time. *Annual Review of Psychology*, 65, 21.1-21.29. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-psych-010213-115117>
- American Psychiatric Association. (2014). Guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM (5a. ed), p.p 28-33.
- Amso, D, Haas, S, Tenenbaum, E, Markant, J, & Sheinkopf, S. (2014). Bottom up attention orienting in young children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44 (3), 664-673, DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-013-1925-5>.
- Anamalamudi, K., Surampudi, B. R., & Maganti, M. (2014). Computational models of time perception. 2014 First International Conference on Networks & Soft Computing (ICNSC2014). DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/cnsc.2014.6906670>
- Backbill, Y, & Fitzgerald, H. (1972). Stereotype temporal conditioning in infants. *Psychophysiology*, 9 (6), 569-577. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8986.1972.tb00766.x>.
- Buhusi, C, Oprisan, S, & Buhusi, M. (2016). Clocks within clocks: Timing by Coincidence detection. *Behavioral Sciences*, 8, 207-213. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.02.024>
- Baisch, B, Cai, S, Li, Z, & Pinheiro, V. (2017). Reaction time of children with and without autism spectrum disorders. *Open Journal of Medical Psychology*, 6, 166-178. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojmp.2017.62014>
- Bao, V, Doobay, V, Mottron, L, Collignon, O, & Bertone, A. (2017). Multisensory integration of low-level information in autism spectrum disorder: Measuring susceptibility to the flash-beep illusion. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47, 2535-2545. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-017-3172-7>

- Bausenhart, K. (2014). Mechanism of multisensory integration in time domain. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 126, 4-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.02.296>.
- Bebko, J, Schroeder, J, & Weiss, J. (2014). The McGurk effect in children with autism and Asperger Syndrome. *Autism Research*, 7, 50-59. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/aur.1343>
- Bhatara, A, Bibikian, T, Laugeson, E, Tachdijian, R, & Sininger, Y. (2013). Impaired timing and frequency discrimination in high-functioning autism spectrum disorders. *Journal of Autism Developmental Disorder*, 43 (10), 2312-28. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-013-1778-y>.
- Bindra, D, & Waksberg, H. (1956). Methods and terminology in studies of time estimation. *Psychological Bulletin*, 53 (2), 155-159. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/h0041810>
- Block, R, & Zakay, D. (1996). Models of Psychological time revisited. En H. Helfrich (Ed.), *time and Mind* (pp. 171-195). Kirkland, WA, Hogrefe & Huber Publications.
- Block, R. A. (2003). Psychological timing without a timer: The roles of attention and memory. En H. Helfrich (Ed.), *Time and mind II: Information Processing Perspectives* (pp. 41-59). Ashland, OH, US: Hogrefe & Huber Publishers.
- Block, R, & Grondin, S. (2014). Timing and time perception: A selective review and commentary on recent reviews. *Frontiers in Psychology*, 5 (658). DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00648>
- Boer-Schellekens, L, Eussen, M, & Vroomen. J. (2013). Diminished sensitivity of audiovisual temporal order in autism spectrum disorder, *Frontiers in Integrative Neuroscience*. 7 (8), 1-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnint.2013.00008>.

- Buonomano, D & Karmarkar, U. (2002). How do we tell time? *The Neuroscientist*, 8 (42), 42-51. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/107385840200800109>
- Brannon, M, Roussel, L. W, Meck, W.H, & Woldorff, M. (2004). Timing in the baby brain. *Cognitive Brain Research*, 21(1), 227–233. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.04.007>.
- Brenner, L. A., Shih, V. H., Colich, N. L., Sugar, C. A., Bearden, C. E., & Dapretto, M. (2015). Time Reproduction Performance Is Associated with Age and Working Memory in High-Functioning Youth with Autism Spectrum Disorder. *Autism Research*, 8(1), 29–37. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/aur.1401>
- Brock, J, Brown, C, Boucher, J, & Rippon. (2002). The temporal binding deficit hypothesis in autism. *Development and Psychopathology*, 14 (2), 209-224. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/s0954579402002018>
- Brodeur, D A, Gordon, C, Flores, H, & Burack, J. (2014). Time estimation among low-functioning individuals with autism spectrum disorders: Evidence of poor sensitivity to variability of short durations. *Autism Research*, 7, 237-244. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/aur.1364>.
- Buhusi, C, Oprisan, S, & Buhusi, M. (2016). Clocks within Clocks: Timing by coincidence detection. *Behavioural Sciences*, (8), 207-213. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.02.024>
- Cheng, Y, & Jin, P. (2011). Dysfunction of habituation learning: A novel pathogenic paradigm of intellectual disability and autism spectrum disorder. *Society of Biological Psychiatry*, 15 (86), 253-254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2019.06.012>
- Chouinard, F, Unwin, K, Landry, O, & Sperandio, I. (2016). Susceptibility to optical illusion varies as a function of the autism spectrum disorder but not in ways predicted by

- local-global biases. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46 (6), 2224-2239. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-016-2753-1>
- Christensen, D, Maenner, M, Bildrer, D, et al. (2019). Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among children aged 4 years – early autism and developmental disabilities monitoring network, seven sites, United States, 2010, 2012, and 2014. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 68 (2).
- Church, R. M. (1984). Properties of the internal clock. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 423 (1 Timing and Ti), 566-582. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-6632.1984.tb23459.x>
- Church, R. (2002). A tribute to John Gibbon. *Behavioural Processes*, 57 (2-3), 261- 274. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0376-6357\(02\)00018-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0376-6357(02)00018-9).
- Coca, I. (2012). *Evaluación de las estrategias de adaptación a disfunciones de la visión* (Tesis de pregrado). Universitat Politècnica de Catalunya, Facultat d' Òptica i Optometria de Terrassa. Catalunya, España.
- Conway, C, Pisoni, D, & Kronenberger. (2009). The importance of sound for cognitive sequencing abilities. *Current Directions in Psychological Science*, 18 (5), 275-279. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01651.x>.
- Cook, J, Barbalat, G, & Blakemore, SJ. (2012). Top-down modulations of the perception of other people in schizophrenia and autism. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6 (175). DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2012.00175>
- Correa, A, Lupiáñez, J, & Tudela, P. (2006). La percepción del tiempo: Una revisión desde la neurociencia cognitiva. *Cognitiva*, 18 (2), 145-168. ISSN: 0214-3550.

- Crowder, A, & Hohle, R. (1970). Time estimation by young children with and without informational feedback. *Journal of Experimental Child Psychology*, 10, 295-307. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0022-0965\(70\)90053-6](http://dx.doi.org/10.1016/0022-0965(70)90053-6).
- Dacewicz, A, Szymaszek, A, Nowak, K & Szelag, E. (2018). Training- Induce Changes in Rapid Auditory Processing in Children with Specific Language Impairment: Electrophysiological Indicators. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12 (310). DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2018.003310>.
- Dione, C.B. & Johansson, C. (2018). Probability or Change in Probability? *Seventh Swedish Language technology Conference*, Nov. 7-9.(poster).
- Dreher, J. C, Koechlin, E, & Grafman, J. (2002). The roles of timing and task order during task switching. *Neuroimage*, 17 (1), 95-109. DOI: <http://dx.doi.org/10.1006/nimg.2002.1169>
- Droit-Volet, S, & Rattat, A. (1999). Are time and action dissociated in young children's time estimation? *Cognitive Development*, 14, 573-595. ISSN: 0885-2014.
- Droit-Volet, S, Tournet, S, & Wearden, J. (2004). Perception of the duration of auditory and visual stimuli in children and adults. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section*, 57 (5), 797-818. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02724980343000495>
- Droit-Volet, S & Meck, WH. (2007). How emotions colour our perception of time. *Trends in Cognitive. Science*, 11 504–513.
- Droit-Volet, S, Meck, WH, & Penney, T. (2007). Sensory modality and time perception in children and adults. *Behavioural Processes*, 74, 244-250. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.beproc.2006.09.012>.

- Droit-Volet, S, Cocenas- Silva, R, & Gil, S. (2010). The effect of expectancy of a threatening event on time perception in human adults. *Emotion, 10* (6), 908-914. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/a0020258>
- Droit-Volet, S. (2013). Time perception in children: A neurodevelopmental approach. *Neuropsychologia, 52* (2), 220-234. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.09.023>.
- Droit-Volet, S, Wearden, J. H, & Zélati, S. P. (2015). Cognitive abilities required in time judgement depending on temporal task used: a comparison of children and adults. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 68* (11), 2216-2242. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/17470218.2015.1012087>
- Droit-Volet, S. (2016). Development of time. *Behavioral Sciences, 8*, 102-109. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.02.003>
- Ernst, O, & Banks, M. (2002). Humans integrate visual and haptic information in statistically optimal fashion. *Nature, 415* (6870), 429-33. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/415429a>
- Espinoza, M. (2016). *Efecto de la demanda de atención y el componente espacial en la producción de intervalos de tiempo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología, Ciudad de México.
- Trujano, E. (2010). *Reevaluación de las predicciones del modelo de Aprendizaje de Tiempo (LeT) en un procedimiento de bisección dual*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología, Ciudad de México.
- Ferraro, F R. (2014). No evidence of reaction time slowing in autism spectrum disorder. *Autism, 1-7* (short report). DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/1362361314559986>

- Foss-Feig, J, Kwakye, L, Cascio, C, Burnette, C, Kadivar, H, Stone, W, & Wallace, M. (2010). An extended multisensory binding window in autism spectrum disorders. *Experimental Brain Research*, 203, 381-389. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-010-2240-4>.
- Fraise, P. (1984). Perception and Estimation of Time. *Annual Review of Psychology*, 35 (1), 1–37. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ps.35.020184.000245>
- García, J, Sánchez, F, Revuelta, J, Cortés, O, Esparza, M, Sánchez-Ventura, J, Mengual, M, Merino, M, Pállas, C, Martínez, A. (2016). Valoración de la agudeza visual. *Revista Pediátrica de Atención Primaria*, 18, 267-74. ISSN: 1139-7632.
- Gautier, T, & Droit- Volet, S. (2002). Attention and time estimation in 5-8 year- old children: a dual task procedure. *Behavioural Processes*, 58, 57-66.
- Gaytán-Tocavén, L, López- Vázquez, M. A, Guevara, M. A, & Olvera- Cortés, M. E. (2017). Aberrant connections between climbing fibers and Purkinje cells induce alterations in the timing of an instrumental response in the rat. *Experimental Brain Research*, 235 (9), 2787-2796. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-017-5014-4>
- Gibbon, J, Church, R. M, & Meck, W. H. (1984). Scalar Timing in Memory. En Gibbon & Allan (Eds.), *Timing and time Perception* (pp. 52-77). Nueva York: Annals of the New York Academy of Sciences.
- Gil, S, Chambres, P, Hyvert, C, Fanget, M, & Droit-Volet, S. (2012). Children with autism spectrum disorder have “the working raw material” for time perception. *PLoSone*, 7 (12), 1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0049116>.
- Gomot, M, & Wicker, B. (2012). A challenging, unpredictable Word for people with autism spectrum disorder. *International Journal of Psychophysiology*, 83, 240-247. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.09.017>

- Gong, Z, & Shengqing, H. (2017). Developmental stages and important periods of probability cognition in 6 to 14 years -old students. *Avances de Investigación en Educación Matemática, 11*, 47-68. Corpus ID: 54717917
- Grondin, S. (2010). Timing and time perception: A review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Attention, Perception & Psychophysics, 72* (3), 561-582. DOI: <http://dx.doi.org/10.3758/APP.72.3.561>
- Guiraud, J. A, Kushnerenko, E, Tomalski, P, Davies, K, Ribeiro, H, & Johnson, M. H. (2011). Differential habituation to repeated sounds in infants at high risk for autism. *NeuroReport, 1*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/wnr.0b013e32834c0bec>
- Gupta, D. S. (2014). Processing of sub- and supra- seconds intervals in the primate brain results from the calibration of neuronal oscillators via sensory, motor and feedback processes. *Frontiers in Psychology, 5* (816), 1-16, DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00816>
- Hicks, R. R, Miller, G. W, & Kinsbourne, M. (1979). Prospective and Retrospective Judgements of time as a function of amount of information processed. *The American Journal of Psychology, 89* (4), 719, DOI: 10.2307/1421469
- Hillock-Dunn, A, Grantham, D, & Wallace, M. (2016). The temporal binding window for audiovisual speech: children are like little adults. *Neuropsychologia, 88*, 74-82. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.02.017>.
- Hudac, C, DesChamps, T, Arnett, A, Cairney, B, Ruqian, M, Webb, S, & Bernier, R. (2018). Early enhanced processing in delayed habituation to deviance sounds in autism spectrum disorder. *Brain Cognition, 123*, 110-119. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2018.03.004>.

- Irvy, R. B, & Spencer, R. (2004). The neural representation of time. *Current Opinion in Neurobiology*, 14, 225-232. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conb.2004.03.013>.
- Isaksson, S, Solomäki, S, Touminen, J, Arstila, V, Flater-Wagner, C, & Noreika, V. (2018). Is there a generalized timing impairment in autism spectrum disorders across time scales and paradigms? *Journal of Psychiatric Research*, 99, 111-121. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpsychires.2018.01.017>.
- Johansson, F, Hesslow, G, & Medina, J. (2016). Mechanism for motor timing in the cerebellar cortex. *Behavioral Sciences*, 8, 53-59. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.01.013>
- Jones, R, Tarpey, T, Hamo, A, Carberry, C, Brouwer, G, & Lord, C. (2018). Statistical learning is associated with autism symptoms and verbal abilities in young children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3625-7>
- Kanabus, M, Szlag, E, Rojek, E, & Pöppel, E. (2002). Temporal order judgement for auditory and visual stimuli. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 62, 263-279. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/10836867>.
- Karaminis, T, Ciccini, G, Neil, G, Cappagali, G, Aagten-Murhy, D, Burr, D, & Pellicano, E. (2016). Central tendency effects in time Interval reproduction in autism. *Scientific Reports*, 6 (28570), 1-13. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/srep28570>
- Kawakami, S, Uono, S, Otsuka, S, Yoshimura, S, Zhao, S, & Toichi, M. (2020). Atypical Multisensory Integration and the Temporal Binding Window in Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-020-04452-0>

- Keane, B, Rosenthal, O, Chun, N, & Shams, L. (2010). Audiovisual Integration in High Functioning adults with autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 4, 276-289. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rasd.2009.09.015>.
- Keil, J. (2020). Double flash illusion: Current findings and future directions. *Frontiers in Neurosciences*, 14 (298). DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnins.2020.00298>
- Killeen, P, & Fetterman, G. (1988). A Behavioral Theory of Timing. *Psychological Review*, 98 (2), 274-295. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295x.95.2.274>.
- Kononowicz, T, Van Rijn, H, & Meck. W. H. (2018). Timing and time perception: A critical review of neural timing signatures before, during and after the to- be- timed interval. *In Steven ´s Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience*, 454-489, DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/978111917017>.
- Körding, K, Beierholm, U, Ji Ma, W, Quartz, S, Tenenbaum, J, & Shams, L. (2007). Causal inference in multisensory perception. *PLoSOne*, 9, DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0000943>.
- Kroger- Acosta, A, Machado, A, & Santos, J. (2013). Effects of motion on time perception. *Elsevier*, 95, 50-59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2013.02.002>.
- Kwakye, L, Foss-Feig, J, Cascio, C, Stone, W, & Wallace, M. (2010). Altered Auditory and Multisensory temporal processing in Autism spectrum disorders. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 129 (4), 1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnint.2010.00129>.
- Lawson, R, Mathys, C, & Rees, G. (2017). Adults with autism overestimate the volatility of the sensory environment. *Nature Neurosciences*, 20 (9), 1293-1299. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nn.4615>

- Lewis, P. A, & Miall, R. C. (2006). A right hemispheric prefrontal system for cognitive time measurement. *Behavioral Processes*, 71, 226-234. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.beproc.2005.12.009>.
- Lewkowicz, D, & Flom, R. (2013). The audiovisual temporal binding window in early childhood. *Child Development*, 00, 0. 1-10. DOI: <http://dx.doi.org/0.1111/cdev.12142>.
- Lustig, C, & Meck, W. H. (2011). Modality differences in timing and temporal memory throughout the lifespan. *Brain and Cognition*, 77(2), 298–303. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2011.07.007>
- Machado, A, Malheiro, M. T, & Erhagen, W. (2009). Learning to time: A perspective. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 92 (3), 423-458. DOI: <http://dx.doi.org/10.1901/jeab.2009.92-423>
- Maekawa, T, Tobimatsu, S, Inada, N, Oribe, N, Onitsuka, T, Kanba, S, & Kamio, Y. (2011). Top-down and bottom-up visual information processing of non-social stimuli in high functioning autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5, 201-109. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rasd.2010.03.012>
- Manning, C, Kilner, J, Neil, L, Karaminis, T, & Pellicano, E. (2016). Children on the autism spectrum update their behaviour in response to a volatile environment. *Developmental Science*, 20 (5). DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/desc.12435>
- Marinho, V, Oliveira, T, Rocha, K, Ribeiro, J, Magahaes, F, Pinto, G, Velasques, B, Di Giorgio, L, Orsini, M, Gupta, D, Bittencourt, J, Bastos, V, & Teixeira, S. (2017). The dopaminergic system dynamic in the time perception: a review of evidence. *International Journal of Neuroscience*, 128 (3), 262-282. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207454.2017.1385614>

- Matthews, W, & Meck, W. (2016). Temporal cognition: Connecting subjective time to perception, attention, and memory. *Psychological Bulletin*, 142 (8), 865- 907. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/bul0000045>
- Mauk, D, & Bounomano, D. (2004). The neural basis of temporal processing. *Annual Review of Neuroscience*, 27 (1) 307-340. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144247>.
- Mayo, J, & Eigsti, I. (2012). Brief report: A comparison of statistical learning in school-aged children with high functioning autism and typically developing peers. *Journal of Developmental Disorders*, 42, 2476-2485. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-012-1493-0>
- McGovern, D. P, Roudaia, E, Stapleton, J, McGinnity, T. M, & Newell, F. N. (2014). The sound-induced flash illusion reveals dissociable age-related effects in multisensory integration. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnagi.2014.00250>
- McCormack, T, & Hoerl, C. (2017). The developmental of temporal concepts: Learning to locate events in time. *Timing & Perception*, 5, 297-327. DOI: <http://dx.doi.org/10.1163/22134468-00002094>
- Meck, W. H. (1996). Neuropharmacology of timing and time perception. *Cognitive Brain Research*, 3, 227-242. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0926-6410\(96\)00009-2](http://dx.doi.org/10.1016/0926-6410(96)00009-2).
- Meck, W. H. (2005). Neuropsychology of timing and time perception. *Brain and Cognition*, 58, 1-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2004.09.004>.
- Merchant, H, Zarco, W, & Prado, L. (2007). Do we have a common mechanism for measuring time in hundreds of milliseconds range?. *Journal of Neurophysiology*, 99, 939-949. DOI: <http://dx.doi.org/10.1152/jn.01225.2007>

- Merchant, H., & De la Fuente, V. (2014). Neurobiology of Interval Timing. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, H, Merchant & V, De la Fuente (Eds.), vol 829, New York, NY: Springer New York. DOI:10.1007/978-1-4939-1782-2
- Mioni, G, Zakay, D, & Grondin, S. (2015). Faster in briefer: The symbolic meaning of speed influences time perception. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22, 1285-291, DOI: <http://dx.doi.org/10.3758/s13423-015-0815-6>
- Misyak, B, Christiansen, M, & Tomblin, J. (2010). Sequential expectations: The role of prediction. Based learning in language. *Topics in Cognitive Science*, 2, 138-153. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1756-8765.2009.01072.x>.
- Möhring, W, Libertus, M, & Bertin, E. (2012). Speed discrimination in 6 and 10 month- old infants follows Weber's law. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111 (3), 405-418. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jecp.2011.11.002>
- Morimoto, C, Hida, E, Shima, K, & Okamura, H. (2017). Temporal Processing Instability with Millisecond Accuracy is a Cardinal Feature of Sensorimotor Impairments in Autism Spectrum Disorder: Analysis Using the Synchronized Finger-Tapping Task. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(2), 351–360. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-017-3334-7>
- Mottron, L, Dawson, M, Soulières, I, Hubert, B, & Burack, J. (2006). Enhanced perceptual functioning in autism: An update, and eight principles of autistic perception. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36 (1), 27-43. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-005-0040-7>
- Murai, Y, & Yotsumoto, Y. (2018). Optimal multisensory integration leads to optimal time estimation. *Scientific Reports*, 13068 (8), 1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-31468-5>

- Noel, P, De Nier, M, Stevenson, R, Alais, D, & Wallace, T. (2016). Atypical rapid audio-visual temporal recalibration in autism spectrum disorders: Audiovisual temporal calibration in ASD. *Autism Research*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/aur.1633>
- Noel, J P, Lytle, M, Cascio, C, & Wallace, M. (2018). Disrupted Integration of Exteroceptive and Interoceptive Signaling in Autism Spectrum Disorder. *Autism Research*, *11* (1), 194-205. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/aur.1880>.
- Pellicano, E, & Burr, D. (2012). When the world becomes ‘too real’: A bayesian explanation of autistic perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *16* (10), 504-510. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2012.08.009>
- Penney, T. B, & Touret, S. (2005). Les effets de la modalité sensorielle sur la perception du temps. *Psychologie Française*, *50*(1), 131–143. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.psfr.2004.10.011>
- Pentland, A, & Liu, A. (1999). Modeling and Prediction of Human Behavior. *Neural Computation*, *11*(1), 229–242. DOI: <http://dx.doi.org/10.1162/089976699300016890>
- Pinheiro, M, & Tonneau, F. (2016). Learning in the Temporal Bisection Task: Relative or Absolute?. *Journal of Experimental Psychology: Animal Learning and Cognition*, *42* (1), 67-81. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/xan0000089>
- Plate, R, Fulvio, J, Shutts, K, Green, S, & Pollak, S. (2018). Probability learning: Changes in behavior across time and development. *Child Development*, *89* (1), 205-218. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/cdev.12718>.
- Poole, D, Gowen, E, Warren, P, & Poliakoff, E. (2017). Brief Report: Which came first? Exploring Crossmodal Temporal Order Judgements and Their Relationship with

- Sensory Reactivity in Autism and Neurotypicals. *Journal of Autism Developmental Disorder*, 47, 215-223. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-016-2925-z>.
- Rammsayer, T, Bortner, N, & Troche, S. (2015). Visual-auditory differences in duration discrimination of intervals in the sub second and second range. *Frontiers in Psychology*, 6 (1626), 1-7, DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01626>.
- Rao, S, Mayer, A, & Harrington, D. (2001). The evolution of brain activation during temporal processing. *Nature Neuroscience*, 4, 317-323. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/85191>.
- Raven, J, C, Court & Raven, J. (2001). *Manual RAVEN Matrices Progresivas* (2da Ed.). Madrid: TEA Ediciones.
- Robertson, C, & Baron-Cohen, S. (2017). Sensory perception in autism. *Nature Reviews: Neuroscience*, 18, 671-683. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nrn.2017.112>.
- Ruiz, M. (2001). *Tablas antropométricas infantiles* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes. Bogotá, Colombia.
- Saffran, J. (2018). Statistical learning as a window into developmental disabilities. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 10 (35). 2-5, DOI: <https://doi.org/10.1186/s11689-018-9252-y>
- Shams, L, Kamitani, Y, & Shimojo, S. (2002). Visual illusion induced by sound. *Cognitive Brain Research*, 14, 147-152. PII: S0926-6410(02)00069-1.
- Sharma, S. (2012). Cultural Influences in probabilistic thinking. *Journal of Mathematics Research*, 4 (5), 63-70, DOI: <http://dx.doi.org/10.5539/jmr.v4n5p63>.
- Schlottmann, A. & Wilkening, F. (2011). Judgment and decision making in young children (pp55-83). In M.Dhami, A.Schlottmann & M.Waldmann (Eds.) Judgment and decision-making as a skill: Learning, Development, Evolution. Cambridge: Cambridge University Press.

- Sinha, P, Kjelgaard, M. M, Gandhi, T. K, Tsourides, K, Cardinaux, A. L, Pantazis, D, Held, R. M. (2014). Autism as a disorder of prediction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(42), 15220–15225. DOI: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1416797111>
- Stanislaw, H, & Todorov, N. (1999). Calculation of signal detection theory measures. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *31*(1), 137–149. DOI: <http://dx.doi.org/10.3758/bf03207704>.
- Starling, J, Reeder, P, & Aslin, R. (2018). Probability learning in an uncertain world: How children adjust to changing contingencies. *Cognitive Development*, *48*, 105-116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2018.06.008>
- Stevenson, R, Siemann, J, Schneider, B, Eberly, H, Woynarosky, T, Camarata, S, & Wallace, M. (2014). Multisensory temporal integration in autism spectrum disorders. *The Journal of Neuroscience*, *34* (3), 691-697. DOI: <http://dx.doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3615-13.2014>.
- Stiles, N, Tanguay A, & Shimojo, S. (2019). The Dynamic Double flash Beep Illusion: Auditory Triggered Replay of Illusory Visual Expansion. *Multisensory Research*, *1* (22). DOI: <http://dx.doi.org/10.1163/22134808-20191392>.
- Suárez, I, Moreno, M, & Casini, L. (2018). Un reloj interno: Modelos, neurociencias y trastorno por déficit de atención e hiperactividad. *Revista Iberoamericana de Neuropsicología*, *1* (2), 180-1791.
- Sun, Y, Lui, X, Li, B, Cava-Segal, C, Wang, A, & Zhang, M. (2020). Effects of repetition suppression on sound induced flash illusion with aging. *Frontiers in Psychology*, *11* (216), 1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00216>.

- Szelag, E, Dacewicz, A, Szymaszek, A, Wolak, T, Senderski, A, Domitritz, I & Oron, A. (2015). The application of Timing in Therapy of Children and Adults with Language Disorders. *Frontiers in Psychology*, 6 (1714), 1-18, DOI: <http://dx.doi.org/0.3389/fpsyg.2015.01714>
- Taagen, N, Van Rijn, H, & Anderson, J. (2007). An integrated theory of prospective time Interval estimation; The role of cognition, attention, and learning. *Psychological Review*, 114 (3), 577-598. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.114.3.577>
- Teufel, C, Subramaniam, N, & Fletcher, P. (2013). The role of priors in Bayesian models of perception. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 7 (25). DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fncom.2013.00025>
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the "Internal clock". *Psychological Monographs: General and Apply*, 77 (13), 1-31. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/h0093864>.
- Vagia, A, Orfanidou, E, & Vatakis, A. (2013). Language and time: The effect of time concepts on duration perception. Abstract presented at the *TIMELY* Workshop on B Development of Timing and Time Perception: A lifespan perspective. Granada (SP).
- Valko, L., Schneider, G., Doehnert, M., Müller, U., Brandeis, D., Steinhauser, H. & Drechesler, R. (2010). Time processing in Children and Adults with ADHD. *Journal Neural Transmission*, 117 (10), 1213-1228. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00702-010-0473-9>
- Van der Smagt, M, Van Engeland, H, & Kemner, C. (2007). Brief report: Can you see what is not here? Low-level auditory- visual integration in autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorder*, 37(10), 2014-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-006-0346-0>.

- Van Opstal, J. (2016). Multisensory Integration. The Auditory System and Human Sound-Localization. *Behavior*, 361–392. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-801529-2.00013-1>
- Wallace, M, & Stevenson, R. (2014). The construct of the multisensory temporal binding window and its dysregulation in developmental disabilities. *Neuropsychologia*, 64, 105-123. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.08.005>.
- Witt, J, Taylor, J, Sugovic, M, & Wixted, J. (2015). Signal detection measures cannot distinguish perceptual biases from response biases. *Perception*, 44, 289-300. DOI: 10.1068/p7908.
- Witter, L, Canto, C, Hoogland, T, Grujil, J, & De Zeeuw, C. (2013). Strength and timing of motor responses mediated by rebound firing in the cerebellar nuclei after Purkinje cell activation. *Frontiers in Neural Circuits*, 7 (133), 1-14. DOI: 10.3389/fncir.2013.00133.
- Woynaroski, T, Kwakye, L, Foss-Feig, J, Stevenson, R, Stone, W, & Wallace, M. (2013). Multisensory Speech Perception in children with Autism Spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43 (12), 2891-2902. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-013-1836-5>.
- Xavier, J, Vignaud, V, Ruggiero, R, Bodeau, N, Cohen, D, & Chaby, L. (2015). A multimodal approach to the study of emotion recognition in autism spectrum disorders. *Frontiers in Psychology*, 6 (1954). DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01954>.
- Zaidel, A, Goin-kochel, R, Angelaki, D. (2015). Self-motion perception in autism is compromised by visual noise but integrated optimally across multiple senses.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,
112 (20), 6461-6466. DOI: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1506582112>

Zélanti, P. & Droit-Volet, S. (2011). Cognitive abilities explaining age-related changes in time perception of short and long durations. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109 (2), 143–157.

Zhang, J, Meng, Y, He, J, Xiang, Y, Wu, C, Wang, S, & Yuan, Z. (2018). McGurk effect by individuals with autism spectrum disorder and Typically Developing controls: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3680-0>.

Zhou H, Cai, X, Weigl, M, Bang, P, Cheung, E, & Chan, R. (2018). Multisensory temporal Binding Window in autism spectrum disorders and schizophrenia spectrum disorders: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 86, 66-76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.12.013>.

Anexos

Consentimiento informado



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Psicología
Laboratorio de Acción y Cognición comparada



Consentimiento informado para la participación en la investigación “Efecto de la probabilidad en la extensión de la ‘Ventana Temporal Sensorial’ en niños con trastornos del Neurodesarrollo”

Fundamentos del consentimiento Informado:

La presente investigación está dirigida por el Dr. Oscar Zamora Arévalo y el Dr. Felipe Cruz Pérez e implementada por la pasante de psicología Maritza Angélica Hernández López quien forma parte de su equipo de investigación.

El objetivo de llevar a cabo dicha investigación es determinar de qué forma los aspectos de probabilidad asociados a diferentes duraciones pueden afectar la percepción de estas, pudiendo crear un efecto de extensión en cómo se integran los estímulos (claves visuales y auditivas), dentro de una tarea adaptada conocida como “Double Flash Beep Illusion”. Si bien esta es la prueba experimental, se llevarán a cabo otras cuatro pruebas adicionales con la finalidad de poder obtener parámetros de medición controlados que provean información adicional a lo que se busca medir.

Las pruebas adicionales incluyen, una prueba de rendimiento y capacidad de razonamiento perceptual fluido conocida como Test de Matrices Progresivas RAVEN computarizada, la cual además de proveer de una medida de la capacidad general de rendimiento ofrece tiempos de respuesta importantes para el protocolo. En adición a lo anterior, una prueba de agudeza visual usando las tablas de SNELLEN y la prueba de ISHIHARA para aspectos de discriminación cromática, usadas para poder descartar alguna dificultad relacionada con aspectos visuales, asimismo una prueba auditiva con tonos puros para poder descartar al igual que el caso anterior alguna dificultad en la audición y una prueba de control motor conocida como FINGER TAPPING.

Si usted accede a la participación de su hijo (a) en dicha investigación, se le pedirá al menor que desarrolle una tarea diseñada en una computadora, a partir de la observación de

un círculo en medio de una pantalla asociada a dos tonos, reportando únicamente cuantas veces aparece el círculo. Además, se le pedirá que asista a la aplicación de las pruebas adicionales antes descritas. Esto tomará aproximadamente dos sesiones de un tiempo estimado de 60 minutos (cada sesión puede tener una duración variable y está sujeta al desempeño del menor).

En adición, se le pedirá al tutor del menor responder un cuestionario de datos en relación con el menor, estos datos serán únicamente con fines académicos y de investigación, siendo que los datos serán tratados con confidencialidad, haciendo mención a datos estadísticos sin hacer referencias a nombres o casos particulares.

Cabe resaltar que algunos de los tonos pueden resultar irritables al oído, pero sin repercusiones posteriores para su hijo (a), por lo cual, le pedimos que considere esto antes de decidir dar su consentimiento para participar. Igualmente usted podrá decidir que su hijo (a) no continúe en la tarea y retirarlo en cualquier momento.

La participación de su hijo en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para otro propósito fuera de los de investigación. Si bien, los datos personales como nombre o edad serán manejados de forma anónima, los resultados arrojados por las pruebas se usarán únicamente con fines académicos y científicos, siendo que de publicarse el presente trabajo estos podrán ser socializados dentro de foros de discusión o congresos, sin hacer referencia a nombres, ya que únicamente se busca dar a conocer resultados estadísticos.

Por medio de este consentimiento y una vez dado a conocer las condiciones, usted acepta que su hijo (a) participe en esta investigación de manera estrictamente voluntaria. Cabe notar que la información que arroje tanto la evaluación psicodiagnóstica, como el procedimiento en sí mismo, será tratado con confidencialidad y de manera anónima. Resaltando que NO se usará para ningún otro propósito fuera de la investigación. Igualmente, usted puede retirarse con su hijo (a) en cualquier momento sin que eso lo perjudique de ninguna forma y sin ningún tipo de consecuencia.

Finalmente, usted al dar su consentimiento recibirá un reporte con los datos obtenidos por las pruebas de forma descriptiva, con la posibilidad de poder hacer preguntas, aclarar dudas y solicitar datos respecto al desempeño de su hijo dentro de las pruebas.

Declaración del Participante:

De acuerdo a lo planteado anteriormente yo:

_____, tutor (a) del menor:
_____, declaro que he leído el presente documento, se me ha explicado el contenido de la investigación y la participación de mi hijo/a en la misma.

Reconozco que la información dada en el curso del protocolo es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito más que los descritos anteriormente, sin mi consentimiento; he tenido la posibilidad de aclarar mis dudas y tomo libremente la decisión de autorizar la participación de mi hijo (a) dentro de dicho protocolo de investigación.

Entiendo que una copia de este documento me será entregada y que puedo pedir la información sobre los resultados de la investigación, así como recibir un reporte con los resultados de las evaluaciones cuando éstas haya concluido. Para ello puedo contactar a la pasante Maritza A. Hernández López al correo: angelicahernandez.1004@gmail.com

Datos del contacto del Participante y el Responsable

Edad: _____

Contacto: _____

Lugar y Fecha: _____

Firma del Padre o Tutor

Firma del Investigador

Cuestionario sociodemográfico



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Psicología
Laboratorio de Acción y Cognición comparada



Cuestionario

A continuación, se le realizarán algunas preguntas correspondientes al estado sociodemográfico de ambiente del menor, estos datos serán almacenados y usados únicamente con fines académicos y de investigación en forma estadística, sin hacer menciones a nombres o casos específicos que puedan poner en riesgo la integridad del menor y su núcleo familiar.

Le pedimos lea cuidadosamente las preguntas y conteste con honestidad, de tener alguna o cualquier duda acérquese al aplicador.

Nombre del menor: _____

Edad: Fecha de nacimiento (dd/mm/aa): / ____ / ____ / ____

Sexo Femenino () Masculino ()

¿Qué parentesco tiene con el menor? Padre () Madre () Otro _____

¿Cuántas personas viven con el menor? _____

Nivel Socioeconómico Bajo () Medio () Alto ()

Nivel educativo del Padre Primaria____ Secundaria____ Bachillerato____

Licenciatura ¿Cuál? _____

Nivel educativo de la Madre Primaria____ Secundaria____ Bachillerato____

Licenciatura ¿Cuál? _____

¿Cuál es el nivel escolar del menor?: _____

¿Recibe o ha recibido educación musical? Sí____ ¿De qué tipo? _____

¿Cuántas horas a la semana practica dicha actividad?

¿Cuánto tiempo lleva practicándola?

¿Realiza algún deporte?

No___

Sí___ ¿Cuál? _____

¿Cuántas horas a la semana practica dicha actividad?

¿Cuánto tiempo lleva practicándola?

No___

¿El menor cuenta con algún diagnóstico clínico?

Sí_____. ¿Cuál? _____

¿Hace cuánto tiempo se lo dieron?

¿Por quién fue diagnosticado?

Pediatra () Neurólogo () Paidopsiquiatra ()

Otro (especificar)_____

No___

¿Recibe algún tratamiento farmacológico?:

Sí_____ ¿Cuál? _____

No___

¿Recibe el menor algún tipo de terapia?

Sí_____ ¿De qué tipo? _____

No___

¿Cuántas horas duerme el menor?

¿A los cuantos años comenzó a caminar?

¿A los cuantos años dio su primera palabra?

Agradecemos su cooperación.