

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

TESIS DE LICENCIATURA

---

## Estudios con Detección de Señales

---

*Autora:*

Adriana F. Chávez De la Peña

*Supervisor:*

Dr. Arturo Bouzas

*Que para obtener el título de  
Licenciatura en Psicología*

*hecho en*

Lab 25

Laboratorio de Comportamiento Adaptable

8 de diciembre de 2016



## Declaracion de Autoria

Yo, Adriana F. Chávez De la Peña, declaro que esta tesis que lleva por nombre, «Estudios con Detección de Señales» así como todo el trabajo presentado en el mismo son de mi autoría. Entendiéndose que:

- Este trabajo fue realizado durante el periodo de marzo del 2016 a marzo del 2017 bajo la guía del Dr. Arturo Bouzas y otros miembros del Laboratorio 25.
- Nada de lo que aquí se presenta ha sido utilizado con anterioridad para recibir el grado académico ya mencionado, o bien, algún otro, ni en ésta ni en ninguna otra Universidad.
- Las ideas aquí expuestas cuya autoría no me corresponde, están clara y adecuadamente señaladas en el texto.
- Toda cita se señala y vincula a la fuente de donde se obtuvo. Con excepción de dichos fragmentos citados, todo lo aquí escrito es enteramente mi responsabilidad, producto de mi trabajo.
- He señalado y dado crédito a todas las posibles fuentes de apoyo consultadas (lenguajes de programación, códigos base y manuales varios).
- Cualquier porción del trabajo aquí expuesto que se haya realizado en colaboración directa o indirecta con un tercero, es señalada y presentada con claridad.

Firma:

---

Fecha:

---



*«Research is what I'm doing when I don't know what I'm doing.»*

Wernher von Braun, 1957.

(Apparently, I've been doing research my whole life...)



Universidad Nacional Autónoma de México

## *Resumen*

Facultad de Psicología  
Laboratorio de Comportamiento Adaptable

Licenciatura en Psicología

### **Estudios con Detección de Señales**

by Adriana F. Chávez De la Peña

La idea general del trabajo de tesis aquí expuesto es la siguiente: Tenemos un Modelo ampliamente estudiado en Psicología conocido como Teoría de Detección de Señales (TDS; SDT en inglés) que suele aplicarse al análisis del desempeño de participantes experimentales en tareas binarias donde se les solicita que indiquen si detectan, o no, la presencia de un estímulo o clase de estímulos en particular, describiendo su ejecución a partir de los aciertos o errores cometidos en la emisión de juicios de detección ('Sí, lo que se me pidió detectar está presente', o 'no, no lo está') y arrojando información acerca de la precisión con que los participantes distinguen la señal del ruido, y sobre qué tan sesgados están a responder de una u otra forma.

Al aplicar el modelo de Detección de Señales a tareas de Memoria de Reconocimiento donde, después de haber sido expuestos a una lista de ítems, los participantes tienen que identificar los elementos ya antes vistos (la señal) dentro de un conjunto que incluye también elementos no presentados antes (el ruido) y comparar la ejecución de los participantes entre dos clases de estímulos, siendo una de ellas más fácil de reconocer (A) que la otra (B), consistentemente se ha encontrado un patrón de respuestas que demuestra que los participantes no sólo son mejores reconociendo los elementos previamente mostrados en la condición A ( $Hits(A) > Hits(B)$ ), sino que también son mejores identificando los estímulos nuevos dentro de esta misma condición ( $F.alarm(A) < F.alarm(B)$ ). Este patrón, identificado como 'Efecto Espejo', ha sido interpretado en términos de participantes experimentales que están respondiendo a una misma tarea, utilizando un sólo criterio de elección, donde ambas condiciones se mueven a lo largo del mismo eje de decisión de tal forma que las distribuciones de ruido de cada condición reflejan las distribuciones de señal.

El Efecto Espejo sólo ha sido estudiado en Memoria de Reconocimiento y por tanto, ha sido explicado a partir de diferencias en la atención y procesamiento que recibe cada una de las condiciones durante la fase de estudio previa a la tarea de reconocimiento. El presente trabajo es el primero en explorar la existencia del Efecto Espejo fuera del ámbito de la Memoria de Reconocimiento. Se presentan dos variaciones de una tarea meramente perceptual donde con base en la literatura en ilusiones ópticas se diseñaron dos niveles de discriminabilidad y se encontró evidencia de el Efecto Espejo en 85 % de los participantes. Los resultados obtenidos fueron evaluados tanto a partir de la replicación del análisis clásico (pruebas t y ANOVAS), como con la construcción de Modelos Bayesianos Jerárquicos y Latentes. Las posibles implicaciones de los resultados obtenidos se desarrollan y discuten con detalle.





## *Agradecimientos*

Las primeras personas en quienes pienso al leer la palabra Agradecimiento son mis padres. A ellos les debo cuanto tengo y he podido lograr. Mamá, gracias por enseñarme a no conformarme nunca y a dar siempre un poquito más, pero sobretodo gracias por toda la franqueza con que me has hablado siempre. Papá, gracias por ser mi Superman, por siempre confiar en mí y por el eterno apoyo que me has dado; gracias por ser el mejor hombre que existe en la Tierra.

Tantas y tantas personas a las que agradecer...

...Gracias a la enana, mi hermana Angélica, por ser mi confidente y mejor amiga desde su llegada al mundo. (¡No hay persona en el mundo a quien ame como a tí, enana!)

...Muchísimas gracias a Jaime por todo, absolutamente todo el tiempo que compartimos. Las palabras no me alcanzan para describir cuánto impacto tuvo su apoyo para mí, no sólo en la realización de este proyecto académico, sino en quien soy hoy en día y la forma en que veo el mundo y las relaciones humanas. Gracias por ser my really good guy.

...A Beto por siempre, siempre, cuidarme de mi peor enemigo: yo misma, y por iluminar mi camino y siempre, siempre, tener una palabra de aliento y un abrazo listo para mí.

...A Ale por ser el primero en creer en mí a lo largo de estos años, por estar siempre para mí cuando de verdad le he necesitado y por demostrarme que cuando se quiere a alguien, se hace todo por estar ahí, no importa cómo.

...A Solesiwí, por su infinita paciencia y mano mágica para devolver mis pies a la tierra y traducir mis atribulaciones en soluciones concretas.

...A Brandon, por romper las barreras del tiempo y el espacio y obsequiarme siempre una sonrisa genuina.

...A todo el Laboratorio 25: A Manuel, por siempre; a José Luis, por aquellas tardes de viernes en que al ritmo de sus manos programando en R todo cobraba sentido; a Marco, por el apoyo técnico, por literalmente sentarse conmigo a enseñarme a perderle el miedo a los lenguajes de programación; a Melisa y Elena, por hacer de revisoras de estilo. Por supuesto, a todo el 'Clan del Cuartito' (Niño, Itzel, Uriel...), quienes hicieron del periodo de cierre de la presente tesis, una época tranquila, tan amena como se pudo y por siempre tener tiempo para echarle un ojo a mis debrayes.

...Y sobre todo, agradezco infinitamente al Dr. Arturo Bouzas por brindarme la oportunidad de trabajar bajo su guía, por permitirme el honor de llamarme su estudiante y por todas las oportunidades de crecimiento que puso a mi alcance.



# Índice general



# Índice de figuras



# Índice de cuadros





# Listado de Abreviaturas

<b>SDT</b>	<b>S</b> ignal <b>D</b> etection <b>T</b> heory
<b>TDS</b>	<b>T</b> eoría (de) <b>D</b> etección (de) <b>S</b> eñales



*En memoria de Leticia Eugenia De la Peña Cortina...*



## Capítulo 1

# Teoría de Detección de Señales

### 1.1. Introducción: Detección e Incertidumbre

Uno de los problemas más frecuentes a los que se enfrentan los sistemas inmersos en entornos variables es la detección de estados o eventos particulares, cuya identificación resulta importante dado que permite tomar una decisión respecto a los posibles comportamientos que pueda realizar y las posibles consecuencias que puede tener cada uno de ellos. En otras palabras, con frecuencia los sistemas que aspiran a optimizar su comportamiento se encuentran ante el conflicto de 'decidir' si 'algo' está o no ocurriendo en el mundo para poder guiar su comportamiento en consecuencia.

En esencia, determinar si 'algo' está o no ocurriendo no parecería representar un problema significativo si pudieramos tener entera confianza en la capacidad que se tiene de detectar dichos eventos. Sin embargo, este no parece ser nunca el caso. Cuando hablamos de la Detección de un estado/evento como un problema de adaptabilidad, estamos asumiendo que el sistema que se enfrenta a dicha tarea lo está haciendo dentro de un entorno donde la presentación de dichos evento o estados es aleatoria y donde estará expuesto a otro tipo de eventos.

La noción de incertidumbre representa un punto clave para hablar de la Detección como un problema para los organismos adaptables. El mundo está cargado de ruido: ni los sistemas perceptuales de detección de los organismos son perfectos, ni los eventos cuya detección interesa a los mismos suelen ocurrir de manera aislada e inconfundible. De tal forma que el ruido en el entorno afecta nuestra capacidad para detectar un evento en particular en ambos sentidos: en la propia presentación del evento y en la forma en que el sistema puede extraer información de su entorno para juzgar su ocurrencia.

Los organismos habitan en entornos donde están siendo constantemente expuestos a distintos tipos de estimulación. Dichos estímulos pueden, o no, aportar al organismo cierta información respecto a las relaciones de contingencia operando en su entorno.

### 1.2. Teoría de Detección de Señales

La Teoría de Detección de Señales (TDS o SDT, por sus siglas en inglés) plantea que la información que interesa detectar (Sea un evento en particular o un estado o categoría más general, identificada como una señal) suele presentarse en conjunto con otro tipo de estimulación (i.e. ruido), cargándola de incertidumbre y haciendo de

la percepción un proceso de toma de decisiones donde el sistema debe formular un juicio de detección que le permita guiar su comportamiento. Es importante precisar que la TDS no es exclusiva del estudio de la percepción visual u otras modalidades de detección sensorial, sino que también puede referirse, en un sentido más abstracto, a la detección de información dentro de un conjunto de datos ambiguos; (e.g. estudios de memoria donde se solicita al participante detectar los elementos que ya se le habían mostrado antes, o bien, la interpretación de baterías clínicas). (Wei Ji Ma, 2012)

En el laboratorio, la TDS se estudia a partir de tareas de detección donde se expone a un sujeto a  $N$  número de ensayos, (comprendidos por  $n$  ensayos con sólo ruido y  $n$  ensayos donde el ruido viene acompañado de la señal) ante los que se le pide al participante que responda eligiendo una de dos opciones: Sí está la señal o No está la señal. En estos escenarios controlados, el experimentador decide la proporción de ensayos con y sin señal que se presentarán, así como la matriz de pagos que definirán la utilidad de sus aciertos y errores.

La TDS ha sido utilizada para describir un amplio número de fenómenos. Cuando hablamos de detección de señales, podemos referirnos a la señal tanto como un estímulo sensorial concreto (e.g. una luz, tono, u objeto particular), como una categoría más abstracta (e.g. una enfermedad, una emoción o un estado). (Ver la sección de lecturas recomendadas para más ejemplos).

### 1.2.1. Supuestos generales del modelo

1. Hay variabilidad, siempre (Ver Fig. 1).

a. Hay variabilidad en la señal

La idea central de variabilidad radica en la noción de que ningún estímulo se presenta ni se percibe exactamente igual cada vez que nos encontramos con él. Es decir, cada vez que nos encontramos con la señal en el mundo, ésta puede hacerlo dentro de un rango de posibilidades con cierta probabilidad. Esta idea se muestra gráficamente en la Figura 1, con la distribución normal azul identificada bajo la etiqueta de 'Señal'. La idea es que la señal va adoptar una cierta forma de entre los puntos que abarca la distribución de probabilidad; siendo unas más probables que otras, conforme se aproximan a la media.

La variabilidad en la señal puede interpretarse en términos de dos fuentes: la percepción del sistema que ejecuta la tarea de detección, o la propia presentación estímulo en sí mismo. En el primer caso, se asume que cada vez que vemos un mismo estímulo que se mantiene constante en términos de sus propiedades físicas, (e.g. una luz o un tono), este puede ser percibido de manera distinta en cada presentación (i.e. unas veces parecerá un poco más intenso y otras, un poco menos). En el segundo caso, se asume que la señal puede tomar más de una forma, (e.g. si la señal es el enojo de un amigo, existen ciertos rasgos que son más o menos comúnmente asociados a su enfado; pero no siempre se va a ver exactamente igual).

b. Hay variabilidad en el entorno.

Por otro lado, es importante tomar en cuenta que las señales que interesa detectar coexisten en el mundo con otros estímulos; algunos de los cuales pueden llegar a producir una evidencia similar a la de nuestra señal y ser, por tanto, confundidos con la misma. Esta idea se representa en la Figura 1 con la distribución normal negra

identificada bajo el nombre de ruido, que se traslapa con cierta probabilidad con la distribución de señal.

El soporte de las distribuciones, identificado en la Figura 1 bajo el nombre de 'Evidencia' rara vez se define con precisión, teniendo una concepción más bien abstracta; La idea general es que cuando queremos detectar una señal particular, comenzamos a recolectar un tipo de evidencia específico a la tarea ante la que nos encontramos. Lo más importante, es que la señal siempre va a estar asociada en mayor medida con dicha evidencia, distribuyéndose siempre en valores situados por encima (a la derecha, en la Figura 1) del ruido.

Este primer supuesto de variabilidad, como algo inherente a todo estímulo y sistema, nos lleva a hablar de la discriminabilidad de la señal, o bien, de la sensibilidad del sistema ante la señal, que el modelo de detección de señales va a representar con un mismo parámetro:  $d'$ , que corresponde a la distancia entre las medias de las distribuciones de ruido y señal, y cuyo cómputo abordaremos más afondo más adelante con ayuda de nuestro graficador en Python.

## 2. Las consecuencias importan:

La TDS define toda tarea de detección como una tarea de decisión, donde el fin último por el cual el organismo se interesa en determinar si la señal está o no presente, es el de guiar su curso de acción. Es decir, el comportamiento de cualquier organismo va a depender de las señales que este detecta en su entorno.

Una consecuencia directa de la variabilidad involucrada en el entorno de decisión, es que el desempeño de todo sistema de detección es propenso a cometer errores y emitir un juicio de presencia o ausencia de la señal, que puede no coincidir con el estado del mundo. Dependiendo la correspondencia entre el estado del mundo y el juicio emitido por el sistema de detección, la TDS maneja las clasificaciones de respuesta mostradas en la Tabla 1; donde las celdas 2 y 3, corresponden a los errores posibles.

La TDS asume que el organismo fija un criterio de elección a lo largo del eje de la Evidencia, que va a determinar a partir de cuánta evidencia va a juzgar la señal como presente. Dicho criterio se va a representar como una línea transversal que atraviesa ambas distribuciones en una determinada altura, y se le va a identificar con el parámetro  $k$ . La TDS asume que los organismos van a fijar esta regla de elección, ponderando la información a la que tienen acceso con la información que poseen sobre la estructura de la tarea (i.e. cómo suele presentarse la señal, qué tan probable es que se presente, etc.)

a. Sesgo Sin embargo, no todos los errores tienen el mismo costo. Imaginemos el caso de una presa en potencia que busca determinar si el sonido que acaba de escuchar en la maleza corresponde o no con el de un depredador; no hay tiempo que perder, y el costo que dicho organismo tendría que pagar por cometer una falsa alarma (gasto innecesario de energía) o una omisión (morir devorado) es sustancialmente diferente. En este escenario particular, es muy probable que la presa sea mucho más propensa a correr por su vida, juzgando la presencia del depredador a partir de valores menores de evidencia.

Esta discrepancia en el peso que se le da a las consecuencias posibles de emitir una u otra respuesta y obtener uno de los cuatro posibles resultados, suele representarse en términos de una matriz de pagos, que nos ayude a definir cuáles son las consecuencias que el organismo buscará evitar o promover, según sea el caso, en mayor medida.

Ya sea por los distintos pesos que tengan las posibles consecuencias para el organismo, o porque se tiene una preferencia o predisposición inherente a decretar la presencia o ausencia de la señal, la TDS asume que el desempeño de los organismos

que se enfrentan a tareas de detección de señales va a depender tanto de la calidad de la información a la que se tiene acceso (dentro de lo que se incluye la importancia de la variabilidad, que determina tanto la discriminabilidad de la señal como la sensibilidad del sistema ante la misma), como de un sesgo de elección.

La localización del criterio en nuestro eje de evidencia recolectada va a estar altamente influida por el sesgo que tenga nuestro sistema. Podemos hablar entonces de dos tipos distintos de sesgo: conservador y liberal. El primero, favorece la emisión de respuestas negativas al desplazar el criterio a la derecha y requerir al sistema la recolección de mayores niveles de evidencia antes de dar por detectada la señal. El segundo, promueve la detección de la señal, situando el criterio de elección hacia la izquierda, emitiendo un juicio de detección con valores menores de evidencia. Nótese que un sistema carente de sesgo, sería aquel que situara su criterio de elección justo en el punto en que las dos distribuciones se juntan, donde la probabilidad de cometer cualquiera de los tipos de acierto y errores, son iguales entre sí.

Para cuantificar el sesgo del sistema, la TDS nos proporciona dos medidas: la primera de ellas corresponde a la distancia entre el punto de sesgo-neutro (i.e. el punto donde se interceptan ambas distribuciones) y la localización del criterio ( $c$ ) y la segunda, a la razón entre el punto en que el criterio toca la distribución de la señal y la distribución de ruido ( $\beta$ ). Dichos parámetros no sólo permiten saber cuán grande es el sesgo del sistema, sino que facilitan su clasificación en las categorías previamente expuestas, siendo el caso que si  $\beta < 1$  o  $C < 0$ , sabemos se trata de un sesgo liberal y si  $\beta > 1$ ,  $C > 0$ , hablamos de un sesgo conservador.

### 1.2.2. Parámetros del modelo

Antes de ahondar a detalle en los parámetros, hay que declarar un par de supuestos formales que hace la Teoría para facilitar la representación gráfica del modelo y la estimación paramétrica:

1) En su forma clásica, la TDS asume que las distribuciones de ruido y señal son distribuciones normales. 2) La TDS asume equivarianza entre las distribuciones de ruido y señal. Es decir, asume que la dispersión de ambas distribuciones es la misma, fijando la desviación estándar a 1. 3) Para facilitar la estimación paramétrica, a la distribución de ruido (que por definición debe aparecer siempre a la izquierda de la señal) se le asigna una media de 0. Una revisión un poco más profunda en la literatura, (sobre todo en literatura más formal y especializada) nos demuestra que, si se cuenta con información suficiente, los supuestos 1 y 2 pueden violarse. Por ejemplo, en estudios de memoria de reconocimiento, donde se les pide a los participantes que discriminen entre estímulos que les fueron presentados en una etapa previa y estímulos completamente nuevos, los resultados demuestran consistentemente que la distribución de señal (de estímulos previamente vistos), tiene una mayor varianza que la distribución de ruido; dicho eso, si se piensa utilizar la TDS como modelo de referencia para una tarea de memoria de reconocimiento, se puede hacer caso omiso del supuesto de equivarianza.

Como se mencionó previamente, al realizar una tarea de detección existen dos posibles tipos de aciertos: al detectar la señal (Hits) y al rechazar el ruido (Rechazos), y dos posibles tipos de errores: los falsos positivos (Falsas alarmas) y los falsos negativos (Omisiones). La materia prima con base en la cual funciona el modelo propuesto por la TDS, son las tasas de aciertos y errores cometidos durante la tarea, de manera que por cada participante que pasa por una tarea de detección, tenemos cuatro tasas que describen su ejecución:



La Tabla 2 ilustra el cómputo de las cuatro tasas de ejecución, como una relación entre el resultado obtenido y el tipo de ensayo con base en el que se le definió como tal. Es decir, tenemos dos tasas definidas en relación al número total de ensayos con la señal (la tasa de hits y la tasa de omisiones) que nos dicen qué proporción de los ensayos con señal fueron detectados correctamente y cuáles se dejaron pasar; y tenemos dos tasas definidas en relación al total de ensayos con ruido (la tasa de falsas alarmas y la tasa de rechazos correctos) que nos describen la relación de los ensayos con ruido que fueron discriminados correctamente y aquellos que se confundieron con la señal.

Para realizar el análisis de datos, bajo el marco de la TDS, sólo necesitaremos un par de estas tasas: la tasa de hits y la tasa de falsas alarmas. Esto bajo el entendido de que las tasas de omisión y rechazos correctos no son más que su complemento, respectivamente, y que estas dos tasas contienen toda la información que necesitamos sobre el desempeño de los participantes.

La idea general de la importancia de estas tasas de ejecución, es que cada una representa el área de las distribuciones de ruido y señal que cae a la izquierda o derecha del criterio de decisión.

Fig. 2. El Graficador de Tasas de Ejecución ilustra la idea de que, dependiendo la localización del criterio de decisión que esté usando el participante, cambia la proporción de aciertos y errores que se puedan cometer en función al área bajo la curva. En la parte superior del simulador se muestra la proporción de cada distribución que cae bajo cada clasificación hecha por el modelo. El slider colocado en la parte inferior del graficador permite al usuario alterar la posición del criterio sobre el eje de decisión y alterar así la probabilidad de obtener cada outcome posible. Con fines ilustrativos, en este graficador el valor de  $d'$  se mantiene constante y lo único que se altera es la localización de la línea que atraviesa ambas distribuciones (y que simula al criterio de elección).

La Fig. 2 presenta una vista previa del Graficador. En ella, se puede observar cómo la distribución de señal y la distribución de ruido se dividen a ambos lados del criterio, en los aciertos y errores correspondientes. El supuesto descriptivo que hace la teoría, es que el organismo computa la evidencia que observa con la información que tiene sobre las consecuencias de cometer uno u otro posible error para colocar un criterio de elección que maximice sus ganancias, o bien, minimice sus pérdidas. Esto se ilustra en el Graficador con el slider ubicado en la parte inferior, con el que se puede alterar la posición del criterio sobre el eje de decisión y observar los cambios en la probabilidad de cometer ciertos aciertos o ciertos errores que se dan en consecuencia.

Para la estimación paramétrica se utiliza la misma lógica, pero se sigue el procedimiento inverso. Dado que no podemos observar ni cuantificar de manera directa el criterio usado por los participantes para responder a la tarea, qué tan juntas o separadas se encuentran las distribuciones de ruido y señal para cada participante o qué tipo de sesgo pudieran estar siguiendo, utilizamos las tasas de ejecución para hacer inferencias sobre la localización del criterio, la diferencia entre las medias de ambas distribuciones y el grado en que una respuesta se favorece sobre otra.

A partir de ahora comenzaremos a hablar sobre cómo se calculan cada uno de los parámetros del modelo, de acuerdo a la teoría clásica que sigue los supuestos estadísticos previamente descritos. Es importante aclarar que el Graficador de Tasas previamente expuesto no representa la teoría con entera precisión; el propósito de ese primer Graficador es simplemente ilustrar cómo describe la TDS el comportamiento de un sistema que se enfrenta ante una tarea de detección, donde existen dos distribuciones que se sobreponen. El Graficador permite manipular directamente la

localización del criterio, con la simpleza que implicaría desplazar una línea vertical sobre el eje de decisión y ver qué consecuencias tiene sobre la probabilidad de obtener un tipo particular de acierto o error.

- Discriminabilidad

Para encontrar la distancia entre las medias de la distribución de ruido y señal, necesitamos saber el punto en que el criterio toca cada distribución. Para ello, calculamos las probabilidades complementarias a las tasas de hits y falsas alarmas y las traducimos a puntajes Z (Ver Fig. 3). Dado que el puntaje Z funciona como una medida de dispersión de la media, basta con restar el puntaje Z de la intersección del criterio con la distribución de señal a el puntaje Z de intersección con la distribución de ruido para conocer la localización de la media de la señal. Por definición,  $d'$  sólo puede tener valores positivos ya que la teoría asume que la distribución de señal siempre está a la derecha de la distribución de ruido porque contiene una mayor cantidad de la evidencia con base en la cual se hace el juicio de detección de la señal.

- Criterio

Una vez que hemos resumido el desempeño de nuestro participante en la tarea de detección, el parámetro cuya estimación resulta más sencilla y directa es el Criterio ( $k$ ). Entender cómo se computa el parámetro nos requiere únicamente de mantener presente el supuesto de que el Ruido se distribuye normalmente y se va a localizar siempre a la izquierda de la señal, por lo que le asignamos una media de cero para tener un punto de referencia para estimar el espacio en que se desarrollan el resto de los parámetros.

Para calcular el criterio lo único que necesitamos es conocer la tasa de Falsas Alarmas, que tal y como mencionábamos en el segmento anterior, nos indica qué proporción de la distribución de ruido cae a la derecha del criterio. Dado que a la distribución de ruido, le fue asignada arbitrariamente una media de cero, podemos asignar un valor al punto en que el criterio corta la distribución de ruido y define las tasas de Rechazos y Falsas Alarmas obtenidas por el participante. Conociendo el área de la distribución de Ruido que cae bajo el criterio, (el complemento de la tasa de Falsas Alarmas, o bien, la Tasa de Rechazos correctos), y sabiendo que la distribución tiene una desviación estándar de 1, podemos convertir el valor de la tasa (que corresponde a la probabilidad de cometer un rechazo correcto, de acuerdo al área bajo la curva) en Puntajes Z y conocer la localización del criterio.

El parámetro  $k$ , por lo general, va estar representado por un número natural (un número positivo), que indica en términos de Puntajes Z la posición del criterio sobre el eje de decisión, relativo a la distribución de ruido con media cero. El criterio sólo tiene valores positivos, porque normalmente se espera que la tasa de falsas alarmas nunca tenga un valor mayor a 0.5 (las consecuencias de una tasa de Falsas Alarmas tan alta, se expondrán con más claridad en el apartado correspondiente a la  $d'$

- Sesgo -  $\beta$

- Sesgo -  $C$

**1.3. La Teoría de Detección de Señales en el desarrollo de la Psicología**

**1.4. Areas de impacto**

**1.4.1. Psicofísica**

**1.4.2. Teoría de la Decisión**

**1.4.3. Modelos de decisión perceptual**



## Capítulo 2

# Memoria de Reconocimiento

## 2.1. Modelos utilizados en el estudio de la Memoria de Reconocimiento

### 2.1.1. Teoría del Umbral

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam ultricies lacinia euismod. Nam tempus risus in dolor rhoncus in interdum enim tincidunt. Donec vel nunc neque. In condimentum ullamcorper quam non consequat. Fusce sagittis tempor feugiat. Fusce magna erat, molestie eu convallis ut, tempus sed arcu. Quisque molestie, ante a tincidunt ullamcorper, sapien enim dignissim lacus, in semper nibh erat lobortis purus. Integer dapibus ligula ac risus convallis pellentesque.

### 2.1.2. Teoría del Procesamiento Dual

Nunc posuere quam at lectus tristique eu ultrices augue venenatis. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Aliquam erat volutpat. Vivamus sodales tortor eget quam adipiscing in vulputate ante ullamcorper. Sed eros ante, lacinia et sollicitudin et, aliquam sit amet augue. In hac habitasse platea dictumst.

### 2.1.3. Teoría de Detección de Señales

Morbi rutrum odio eget arcu adipiscing sodales. Aenean et purus a est pulvinar pellentesque. Cras in elit neque, quis varius elit. Phasellus fringilla, nibh eu tempus venenatis, dolor elit posuere quam, quis adipiscing urna leo nec orci. Sed nec nulla auctor odio aliquet consequat. Ut nec nulla in ante ullamcorper aliquam at sed dolor. Phasellus fermentum magna in augue gravida cursus. Cras sed pretium lorem. Pellentesque eget ornare odio. Proin accumsan, massa viverra cursus pharetra, ipsum nisi lobortis velit, a malesuada dolor lorem eu neque.

## 2.2. El Efecto Espejo

“is usually interpreted in terms of (unequal variance) signal detection theory (SD) in which case it implies that the order of the underlying old item distributions mirrors the order of the new item distributions” (DeCarlo, L., 2007)

Teoría de Atención / Verosimilitud: Un modelo de marcaje de rasgos, determinado por un muestreo diferencial dada la condición (H-frequency, L-frequency)

Teoría de Atención / Verosimilitud; demasiado complicada, sus supuestos no son necesarios (Decarlo, 2007; Hintzman, 1994; Murdock, 1998) Intercambio de papers Hintzman-Glanzer

'The mixture model' (DeCarlo, 2007) – Extensión de la SDT, una extensión mezclada.  
Between vs Within condition discussion (Listas separadas o mezcladas)

Between condition: Problemas (1) No se puede descartar la posibilidad de que el criterio de respuesta difiera a lo largo de las condiciones. Y (2) las distribuciones subyacentes no necesariamente están escaladas de la misma forma a lo largo de las dos condiciones.

"one cannot compare the values of  $d'$  across the two conditions without further assuming that the variance of the reference distributions (LN and HN) are the same, which does not appear to be the case. (DeCarlo, 2007)

## Capítulo 3

# El Efecto Espejo: Implicaciones y Aproximaciones

“is usually interpreted in terms of (unequal variance) signal detection theory (SD) in which case it implies that the order of the underlying old item distributions mirrors the order of the new item distributions” (DeCarlo, L., 2007)

Teoría de Atención / Verosimilitud: Un modelo de marcaje de rasgos, determinado por un muestreo diferencial dada la condición (H-frequency, L-frequency)

Teoría de Atención / Verosimilitud; demasiado complicada, sus supuestos no son necesarios (Decarlo, 2007; Hintzman, 1994; Murdock, 1998) Intercambio de papers Hintzman-Glanzer

‘The mixture model’ (DeCarlo, 2007) – Extensión de la SDT, una extensión mezclada. Between vs Within condition discussion (Listas separadas o mezcladas)

Between condition: Problemas (1) No se puede descartar la posibilidad de que el criterio de respuesta difiera a lo largo de las condiciones. Y (2) las distribuciones subyacentes no necesariamente están escaladas de la misma forma a lo largo de las dos condiciones.

“one cannot compare the values of  $d'$  across the two conditions without further assuming that the variance of the reference distributions (LN and HN) are the same, which does not appear to be the case. (DeCarlo, 2007)

### 3.1. Evidencia recolectada

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam ultricies lacinia euismod. Nam tempus risus in dolor rhoncus in interdum enim tincidunt. Donec vel nunc neque. In condimentum ullamcorper quam non consequat. Fusce sagittis tempor feugiat. Fusce magna erat, molestie eu convallis ut, tempus sed arcu. Quisque molestie, ante a tincidunt ullamcorper, sapien enim dignissim lacus, in semper nibh erat lobortis purus. Integer dapibus ligula ac risus convallis pellentesque.

### 3.2. Relevancia

A primera vista el patrón de respuestas identificado como Efecto Espejo podría parecer trivial: Si sabemos que lo que distingue a las condiciones de estímulos

### 3.3. Algunos modelos desarrollados para dar cuenta del Efecto Espejo

■

■

### 3.4. Main Section 2

Sed ullamcorper quam eu nisl interdum at interdum enim egestas. Aliquam placerat justo sed lectus lobortis ut porta nisl porttitor. Vestibulum mi dolor, lacinia molestie gravida at, tempus vitae ligula. Donec eget quam sapien, in viverra eros. Donec pellentesque justo a massa fringilla non vestibulum metus vestibulum. Vestibulum in orci quis felis tempor lacinia. Vivamus ornare ultrices facilisis. Ut hendrerit volutpat vulputate. Morbi condimentum venenatis augue, id porta ipsum vulputate in. Curabitur luctus tempus justo. Vestibulum risus lectus, adipiscing nec condimentum quis, condimentum nec nisl. Aliquam dictum sagittis velit sed iaculis. Morbi tristique augue sit amet nulla pulvinar id facilisis ligula mollis. Nam elit libero, tincidunt ut aliquam at, molestie in quam. Aenean rhoncus vehicula hendrerit.



## Capítulo 4

# Experimento: Buscando el Efecto Espejo en otras áreas

A perceptual task was designed to compare subjects' responses across two levels of discriminability that were constructed according to the literature that has explored the variables involved in the Ebbinghaus illusion. The focus was on the number of external circles, which has shown to be directly related to the intensity of the illusion (Massaro, 1971). The two levels were defined as follows: • High accuracy (A): Ebbinghaus illusions with 2 or 3 surrounding circles. • Low accuracy (B): Ebbinghaus illusions with 7 or 8 surrounding circles. Two experiments were conducted, on each one participants had to indicate, pressing one of two keys, whether two circles appearing on screen were the same size (Signal) or not (Noise); these circles were presented on a bright color and identified by the name of 'central circles'. In Experiment 1 both circles were constructed as Ebbinghaus illusions, varying the number of surrounding circles on each trial. Experiment 2 consisted of a single Ebbinghaus illusion-circle that had to be compared with an aisle, constant, reference circle. Both experiments included underestimation and overestimation-inducing Ebbinghaus illusion. Each experiment included a total of 640 trials (320 trials for each class of stimuli, A or B, with 120 signal and noise trials respectively) presented at random. On each trial, stimuli were shown for only 1.5 seconds to prevent habituation to the illusion. Participants could enter their response ('Yes, circles are the same size' or 'No, they're not') either before or after stimuli disappeared from screen. After the first response was given, a scale containing numbers from 1 to 3 was presented to indicate participants to grade how confident they were from their previous response by pressing one of the three possible response keys, (1-Low, 2-Medium, 3-High). However, the program registered these responses as part of a larger continuum going from 1 to 6, distinguishing 'yes' from 'no' responses: a) If participants chose 'No' and pressed 3, it would be registered as 1 (Very sure noise), and so on. b) If participants chose 'Yes' first and pressed 3, it would be registered as 6 (Very sure signal), and so on. Participants had to press the space bar to indicate that they were ready to move from trial to trial. Response time was also registered.

### 4.1. Objetivo

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam ultricies lacinia euismod. Nam tempus risus in dolor rhoncus in interdum enim tincidunt. Donec vel nunc neque. In condimentum ullamcorper quam non consequat. Fusce sagittis tempor feugiat. Fusce magna erat, molestie eu convallis ut, tempus sed arcu. Quisque molestie, ante a tincidunt ullamcorper, sapien enim dignissim lacus, in semper nibh erat lobortis purus. Integer dapibus ligula ac risus convallis pellentesque.

#### 4.1.1. Construcción de la Tarea

Nunc posuere quam at lectus tristique eu ultrices augue venenatis. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Aliquam erat volutpat. Vivamus sodales tortor eget quam adipiscing in vulputate ante ullamcorper. Sed eros ante, lacinia et sollicitudin et, aliquam sit amet augue. In hac habitasse platea dictumst.

#### 4.1.2. Materiales

La tarea fue programada y ejecutada a partir de Psychopy v.12. Se controló que la distancia que separase los estímulos presentados se encontrara dentro de un ángulo de  $X$  grados del campo visual de los participantes, así como que estos realizaran la tarea en una distancia de 1 m respecto del monitor.

### 4.2. Procedimiento

Sed ullamcorper quam eu nisl interdum at interdum enim egestas. Aliquam placerat justo sed lectus lobortis ut porta nisl porttitor. Vestibulum mi dolor, lacinia molestie gravida at, tempus vitae ligula. Donec eget quam sapien, in viverra eros. Donec pellentesque justo a massa fringilla non vestibulum metus vestibulum. Vestibulum in orci quis felis tempor lacinia. Vivamus ornare ultrices facilisis. Ut hendrerit volutpat vulputate. Morbi condimentum venenatis augue, id porta ipsum vulputate in. Curabitur luctus tempus justo. Vestibulum risus lectus, adipiscing nec condimentum quis, condimentum nec nisl. Aliquam dictum sagittis velit sed iaculis. Morbi tristique augue sit amet nulla pulvinar id facilisis ligula mollis. Nam elit libero, tincidunt ut aliquam at, molestie in quam. Aenean rhoncus vehicula hendrerit.

#### 4.2.1. Instrucciones

#### 4.2.2. Registro de respuestas

## Capítulo 5

# Datos: Sólo datos.

### 5.1. Explorando la ejecución de los participantes

#### 5.1.1. Control 1: ¿Los participantes estaban poniendo atención a la tarea?

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam ultricies lacinia euismod. Nam tempus risus in dolor rhoncus in interdum enim tincidunt. Donec vel nunc neque. In condimentum ullamcorper quam non consequat. Fusce sagittis tempor feugiat. Fusce magna erat, molestie eu convallis ut, tempus sed arcu. Quisque molestie, ante a tincidunt ullamcorper, sapien enim dignissim lacus, in semper nibh erat lobortis purus. Integer dapibus ligula ac risus convallis pellentesque.

#### 5.1.2. Control 2: Evaluando tiempos de respuesta a lo largo del experimento

#### 5.1.3. Control 3: ¿La duración del experimento tuvo un impacto en la ejecución de los participantes?

#### 5.1.4. Control 4: ¿Las variables mezcladas para construir los estímulos están afectando el desempeño de los participantes?

---

### 5.2. Evidencia del Efecto Espejo

Sed ullamcorper quam eu nisl interdum at interdum enim egestas. Aliquam placerat justo sed lectus lobortis ut porta nisl porttitor. Vestibulum mi dolor, lacinia molestie gravida at, tempus vitae ligula. Donec eget quam sapien, in viverra eros. Donec pellentesque justo a massa fringilla non vestibulum metus vestibulum. Vestibulum in orci quis felis tempor lacinia. Vivamus ornare ultrices facilisis. Ut hendrerit volutpat vulputate. Morbi condimentum venenatis augue, id porta ipsum vulputate in. Curabitur luctus tempus justo. Vestibulum risus lectus, adipiscing nec condimentum quis, condimentum nec nisl. Aliquam dictum sagittis velit sed iaculis. Morbi tristique augue sit amet nulla pulvinar id facilisis ligula mollis. Nam elit libero, tincidunt ut aliquam at, molestie in quam. Aenean rhoncus vehicula hendrerit.

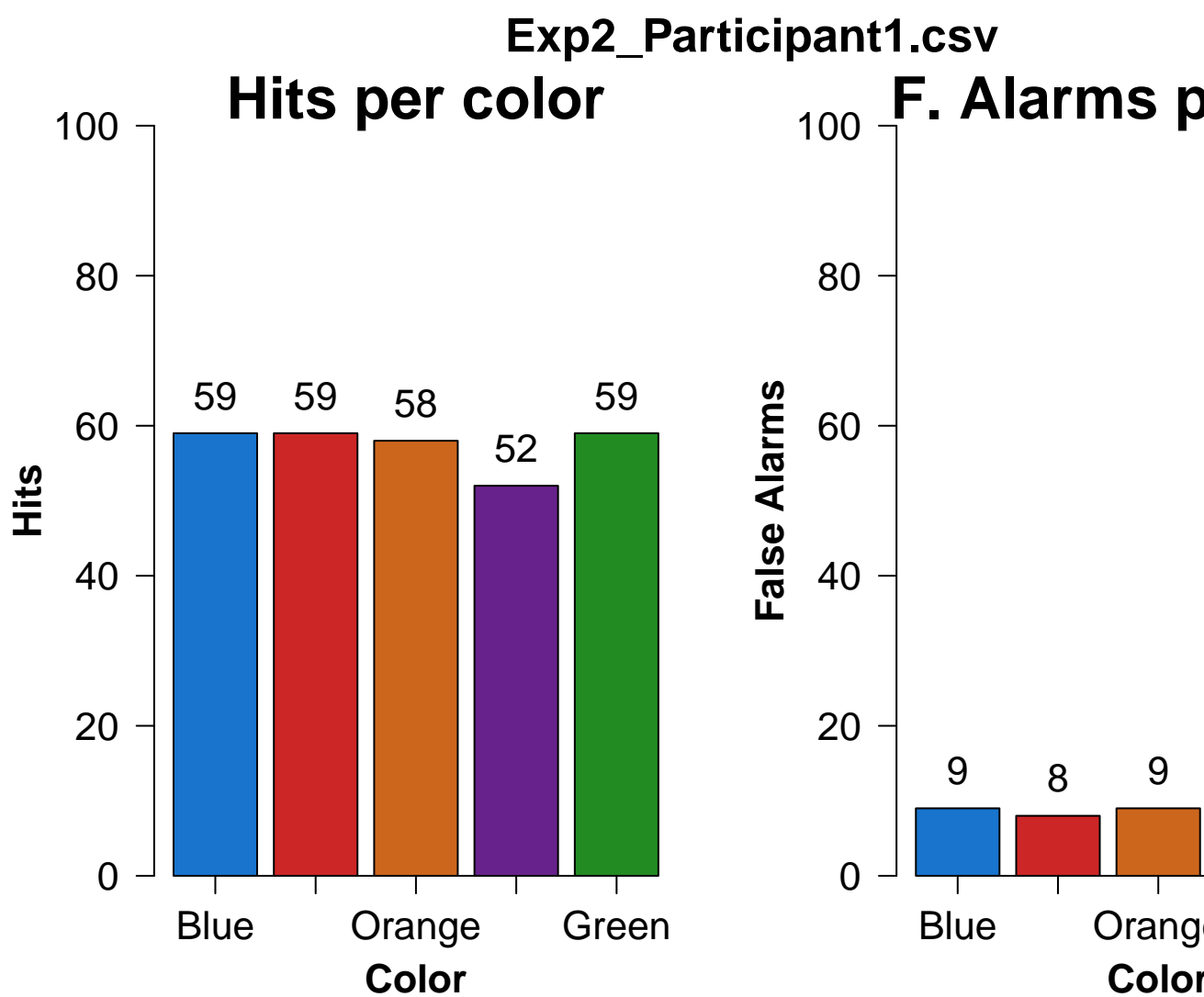


FIGURA 5.1: An electron (artist's impression).

## Apéndice A

# Frequently Asked Questions

### A.1. How do I change the colors of links?

The color of links can be changed to your liking using:

```
\hypersetup{urlcolor=red}, or  
\hypersetup{citecolor=green}, or  
\hypersetup{allcolor=blue}.
```

If you want to completely hide the links, you can use:

```
\hypersetup{allcolors=.}, or even better:  
\hypersetup{hidelinks}.
```

If you want to have obvious links in the PDF but not the printed text, use:

```
\hypersetup{colorlinks=false}.
```