



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE PSICOLOGIA

**"EFECTOS DE MEMORIA EN EL PROCESAMIENTO DE
OBJETIVOS REDUNDANTES"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO EN PSICOLOGIA

P R E S E N T A :

JOSE EMMANUEL GUZMAN MARTINEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. GERMAN PALAFOX PALAFOX

REVISOR: DR. FLORENTE LOPEZ RODRIGUEZ

SINODALES: DR. ARTURO BOUZAS RIAÑO

MTRO. OSCAR ZAMORA AREVALO

MTRO. OSCAR VLADIMIR ORDUÑA TRUJILLO

MEXICO D.F.

2004



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.

GRACIAS A MI MADRE, A MI PADRE,
A MI HERMANO, A MI HERMANA
ADORABLE LAURA, GRACIAS.

ESTE TRABAJO FUE REALIZADO EN EL LABORATORIO DE COGNICIÓN Y PERCEPCIÓN DE LA FACULTAD DE PSICOLOGIA DE LA UNAM.

QUIERO AGRADECER AL DR. GERMAN PALAFOX, POR SU SUPERVISIÓN Y SUS ATINADAS SUGERENCIAS.

GRACIAS TAMBIEN AL DR. FLORENTE LOPEZ, POR SUS SUGERENCIAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TESIS; AL DR. ARTURO BOUZAS RIAÑO, AL MTRO. OSCAR ZAMORA AREVALO Y AL MTRO. OSCAR VLADIMIR ORDUÑA TRUJILLO POR SUS COMENTARIOS Y REVISIONES.

FINALMENTE, AL LABORATORIO DE "COYOACAN" AGRADEZCO LA AYUDA BRINDADA.

RESUMEN

Los tiempos de reacción (TR) para la detección de un estímulo compuesto por dos atributos o rasgos, cada uno de los cuales sería suficiente para su reconocimiento, son generalmente menores que los TR ante un estímulo definido por sólo uno de estos atributos o rasgos. Este fenómeno se conoce como el efecto de redundancia.

Investigaciones previas sugieren que este efecto se debe a un procesamiento en paralelo de la información visual, lo cual ha dado lugar a dos tipos de modelos: de carrera y de coactivación. Sin embargo, algunos estudios reportan un patrón de TR en tareas de detección de estímulos con atributos redundantes que sugiere un efecto de búsqueda serial en memoria, donde: TR ante 2 estímulos (independientes) con rasgos idénticos > TR ante estímulos formados por una conjunción de características > TR una sola característica.

Para contrastar las predicciones de un modelo de procesamiento en paralelo, ya sea de carrera o de coactivación, con la predicción de un modelo de búsqueda serial en memoria, se diseñó una tarea de “presentación secuencial visual rápida” de estímulos redundantes, en la que, en diferentes condiciones, se incrementa el número de atributos o rasgos válidos para la identificación del objetivo (carga de memoria), y se varió el número de señales que se presentaban de manera simultánea. Para esta tarea, con una búsqueda serial en memoria se esperaba un incremento en TR con el aumento del número de atributos o señales válidas, mientras que con un procesamiento en paralelo los TR disminuirían al pasar de una a dos señales válidas y, al menos, se mantendría constante al pasar a tres señales redundantes.

Los resultados obtenidos en las tres condiciones utilizadas en este estudio (detección de un solo color en ensayos sencillos; detección de uno de dos colores en ensayos sencillos y redundantes; y detección de uno de tres colores en ensayos sencillos y redundantes con tres colores), sugieren un efecto de búsqueda serial en memoria solamente en los ensayos sencillos, lo cual indica que el efecto de redundancia prevalece aún cuando se incrementa la carga de señales en memoria.

Trabajo financiado por el proyecto CONACYT 37802-H a cargo del Dr. Florente López Rodríguez

Índice

INTRODUCCIÓN.....	5
1. LA TAREA CON SEÑALES REDUNDANTES Y EL EFECTO DE REDUNDANCIA.....	9
2. LOS MODELOS DE CARRERA Y DE COACTIVACIÓN.....	12
EL MODELO DE CARRERA.....	13
EL MODELO DE COACTIVACIÓN.....	14
LA REGLA DE DESIGUALDAD.....	15
3. EL MODELO DE BUSQUEDA SERIAL EN MEMORIA DE STERNBERG.....	18
4. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
MÉTODO.....	23
RESULTADOS.....	27
DISCUSIÓN.....	31
5. CONCLUSIONES.....	35
REFERENCIAS.....	36

INTRODUCCIÓN

Cuando se proyecta un objeto visual en la retina, se desencadena una compleja serie de procesos que dan lugar a la percepción del objeto (Lennie, 1998). Sin embargo, las personas generalmente no reciben pasivamente los estímulos, sino que asumen una función activa en su percepción y buscan los estímulos de su interés. A este proceso de búsqueda se le ha llamado atención, la cual no sólo consiste en orientar los receptores hacia los estímulos que nos interesan, sino también en privilegiar el procesamiento de los estímulos atendidos a costa de los no atendidos o ignorados (e.g., Mack y Rock, 1998). La atención es un factor importante en el procesamiento visual al guiar al organismo hacia la información relevante para dar algún tipo de respuesta.

Gran parte de la investigación sobre la atención se ha relacionado con fallas en la percepción de estímulos o eventos que ocurren dentro del campo visual, la selección de estímulos, la integración de objetos, el desempeño en tareas simultáneas y la capacidad de procesamiento (Scholl, 2001).

En particular, el presente trabajo aborda el problema de cómo los organismos responden cuando dos o más señales que son relevantes para una misma respuesta aparecen simultáneamente, o en una secuencia muy rápida, y la atención parece dividirse entre estas fuentes múltiples de información.

Son dos las preguntas asociadas a este problema las que se plantea, de manera general, este estudio:

1. ¿De qué manera la información proveniente de múltiples fuentes llega a producir una respuesta simple?, y
2. ¿Facilitan (o retardan) los excedentes de información relevante el procesamiento de un estímulo?

Para responder estas preguntas es necesario considerar no sólo los procesos de atención involucrados, sino también los procesos de comparación de la información que se mantiene en memoria, i.e., el número y tipo de claves o señales válidas para dar una respuesta, con la información que se presenta en una muestra o escena visual (ver Sternberg, 1998).

La técnica más común para tratar de dilucidar este problema de señales múltiples ha sido la de medir los tiempos de respuesta (TR) en tareas en las que se presenta a un sujeto (S) un determinado estímulo, generalmente visual, y se mide el tiempo transcurrido entre el inicio de la presentación y el inicio de la respuesta. Los cambios en TR bajo diferentes manipulaciones proveen información acerca de los procesos o mecanismos involucrados en la ejecución de la tarea (Townsend, 2001).

En particular, el efecto de la presentación simultánea o secuencial de dos señales se ha investigado mediante una tarea llamada de objetivos redundantes, la cual se detalla en el capítulo I, en la que se pide al sujeto que responda lo más rápido ante la presentación de una de dos señales válidas para la identificación del estímulo objetivo¹. El resultado más común en este tipo de tareas es que los TR son más bajos en los ensayos donde se presenta las señales simultáneas que en los ensayos donde se presentan las señales por separado (Feintuch & Cohen, 2002; Grice, Canham & Boroughs, 1984; Krummenacher, Müller & Heller, 2002; Miller 1982; Miller 1991; Mordkoff y Yantis 1993; Mullin, Egeth & Mordkoff, 1988)

Para explicar este resultado se han propuesto varios modelos, entre los que destacan los llamados de “carrera” y los de “coactivación”. El primer tipo de modelos, de carrera, proponen que las señales se procesan en paralelo pero que sólo una de ellas es necesaria para activar o evocar la respuesta; la señal que se procese más rápido dará lugar a la activación de la respuesta. Los modelos de coactivación explican los efectos de redundancia asumiendo que la energía de cada una de las señales se integra para generar la respuesta (Miller, 1982), rebasándose más rápidamente el umbral de activación. Estos modelos se describen con mayor detalle en el capítulo II.

Ambos tipos de modelos suponen un procesamiento en paralelo a nivel de identificación del objetivo pero difieren en la manera en que las señales redundantes activan una respuesta. Tanto los modelos de carrera como los de coactivación se han caracterizado como modelos de capacidad ilimitada, y por los efectos facilitadores del incremento en el número de señales redundantes (i.e., decrementos de los TR) que

¹ La nomenclatura que se utiliza para referirse a los estímulos que se definen por la presencia de dos o más atributos no es homogénea. Algunos autores se refieren a ellos como “objetivos redundantes” (REFS), mientras que otros los llaman “señales redundantes” (REFS), o incluso, “estímulos redundantes” (REFS). En este trabajo, tomaremos como equivalentes las referencias a objetivos y señales redundantes, excepto cuando sea necesario distinguirlos, lo cual se hará explícitamente.

predicen, se puede decir que muestran características de “supercapacidad” (Townsend & Nozawa, 1995).

Sin embargo, en un estudio de búsqueda visual rápida con carga de memoria (Guzmán & Palafox, 2002; ver capítulo tres), se contrastaron los TR para la detección de un objetivo determinado por una de las señales válidas, con los TR de un objetivo redundante, compuesto por dos señales válidas, presentados en dos condiciones: secuencial y simultáneamente, encontrando que los TR eran mayores cuando el número de señales válidas incrementaba, independientemente del tipo de presentación, ya sea que las señales formen parte del mismo objeto o se presenten por separado, en dos objetos presentados secuencialmente.

A raíz de los resultados de este experimento surge una pregunta sobre la posible interacción de un efecto de búsqueda en memoria con el procesamiento en paralelo que se ha postulado para explicar los efectos de redundancia. Los efectos de búsqueda en memoria consisten en que a medida que incrementa la información que se debe mantener en memoria para identificar un objetivo, se elevan los TR (Sternberg, 1966). Este proceso de búsqueda serial de información en memoria también se detalla en el capítulo III.

En este trabajo se investiga el efecto de una carga de memoria en una tarea con señales redundantes bajo un procedimiento de “presentación serial visual rápida” (RSVP, por sus siglas en inglés: rapid serial visual presentation (ver Kanwisher & Potter, 1989), en la cual se manipuló el número de señales válidas para la detección de un estímulo. De esta manera, se espera poder contrastar el efecto de redundancia con un efecto de búsqueda serial en memoria.

En el primer capítulo, como ya se mencionó, se presenta una descripción de la tarea de señales redundantes, con la cual se han realizado todos los estudios que reportan efectos de redundancia, así como los principales hallazgos acerca de este efecto. En el capítulo dos se exponen los principales modelos que tratan de explicar los efectos de redundancia: los modelos de carrera y de coactivación. En el siguiente capítulo se describe el modelo de búsqueda serial en memoria de Sternberg y se relaciona con el estudio de Guzmán y Palafox (2002), el cual es el punto de partida para el presente estudio. En el capítulo cuatro se plantea el problema de investigación y su justificación, el método por medio del cual se

abordó el problema, los resultados obtenidos, y su discusión. Finalmente, en el capítulo cinco se presentan las conclusiones de este trabajo.

1. LA TAREA CON SEÑALES REDUNDANTES Y EL EFECTO DE REDUNDANCIA

En las tareas donde se requiere que el sujeto responda lo más rápido posible ante dos señales, comúnmente se obtienen TR más bajos cuando estas se presentan de manera simultánea o con una muy breve asincronía de inicio entre las señales, que cuando se presenta una sola de estas, resultado que se ha denominado como “efecto de redundancia” (Colonius, 1988). Estas tareas se conocen como tareas de señales redundantes.

Por lo general, en estas tareas se incluyen dos ensayos críticos: los que presentan únicamente una de las dos señales denominados “ensayos sencillos” (ES); mientras que en los que se presentan las dos señales redundantes son denominados, a su vez, “ensayos redundantes” (ER). Ambos tipos de ensayos se presentan de manera aleatoria entre estímulos distractores que no contienen ninguna de las dos señales relevantes, pidiéndole al sujeto que responda lo más rápido posible ante la presencia de al menos una de las dos señales. El número de ensayos redundantes y de ensayos sencillos generalmente se mantiene igual dentro de cada bloque experimental para evitar cualquier sesgo por variaciones en la frecuencia de presentación.

Los efectos de redundancia generalmente se determinan sustrayendo directamente la media de los TR en los ensayos sencillos de la media de los TR en los ensayos redundantes (Mordkoff & Yantis, 1991). Sin embargo, Miller (1982) ha promovido la comparación de las funciones de distribución acumuladas (FDA) de los TR de ambos tipos de ensayos, ya que una comparación directa entre medias no daría amplia cuenta de los procesos involucrados y un contraste claro entre las predicciones de los distintos modelos que tratan de explicar los efectos de redundancia.

Uno de los primeros estudios con tareas de señales redundantes fue el realizado por Biederman y Checkosky (1970), quienes sugirieron que los efectos de redundancia son producto de la facilitación estadística. Cuando se presentan dos señales redundantes simultáneas, se genera una respuesta más rápida por un simple proceso de facilitación estadística, i. e., las respuestas rápidas son producto de la sumación de probabilidad que se genera al obtener dos muestreos independientes a dos distribuciones que se superponen (cada una de las dos distribuciones corresponden a cada una de las dos activaciones de las

dos señales). La activación de una respuesta dentro de una distribución tiene asociada una probabilidad, por ejemplo las activaciones para TR más bajos tienen las probabilidades más altas. En otras palabras, las dos señales se procesan en paralelo y de manera independiente, activando la respuesta más rápidamente.

Investigaciones posteriores, iniciando con Shiffrin & Grantham (1974) y Meijers & Eijkman (1977), se fueron concentrando en la posible interacción entre las dos señales redundantes. En otras palabras, se planteó el problema de cómo dos o más señales participan en la activación de una respuesta, dando lugar a dos clases de modelos: aquellos que mantienen la independencia del procesamiento de las señales, modelos de carrera, y aquellos que proponen una sumación de la información, modelos de coactivación.

Aunque los efectos de redundancia han sido estudiados más ampliamente en la modalidad visual, también se han reportado con señales inter-modales. Por ejemplo, Bernstein (1970) diseñó una tarea con el propósito de determinar si podemos ver y escuchar al mismo tiempo, encontrando que los TR y la precisión para detectar una señal visual y una auditiva válidas cuando eran presentadas simultáneamente, eran menores que cuando se presentaban de manera separada. En otras palabras, había un efecto de redundancia a pesar de que las señales redundantes se presentaron en diferentes modalidades.

Feintuch y Cohen (2002) resaltaron el papel de la atención focalizada en el procesamiento de las señales redundantes. Al presentar objetivos definidos por señales válidas en diferentes dimensiones, pero ubicadas en la misma posición espacial, se obtuvo el efecto de redundancia. Sin embargo, cuando las señales correspondían a diferentes valores en la misma dimensión visual, y estas se presentaron en diferentes posiciones, quedando una de ellas fuera del foco de atención, el efecto de redundancia desapareció.

Cuando se utilizan señales redundantes en diferentes dimensiones, se incrementa considerablemente el efecto de redundancia. Por ejemplo, si las señales válidas en una tarea de detección son una forma y un color, el efecto de redundancia es mayor que cuando las señales corresponden a variaciones o diferentes valores dentro de una sola dimensión, ya sea ésta un color o una forma (Mordkoff y Yantis, 1993).

Por otra parte, Mordkoff y Miller (1993) encontraron un efecto de redundancia en un experimento en el que se utilizaron dos señales válidas que variaban a lo largo de una sola dimensión y se manipuló la contingencia de estas; es decir, se podían presentar dos

señales válidas idénticas o dos señales válidas diferentes en los ensayos redundantes. El efecto de redundancia fue menor, en comparación, cuando las señales válidas fueron idénticas que cuando fueron diferentes. Sin embargo, cuando la probabilidad de presentar las señales válidas idénticas se igualó a la de las señales válidas diferentes, i.e., $\Pr(T_i | T_i) = \Pr(T_i | T_j)$, el efecto de redundancia fue similar en las dos condiciones.

Krummenacher, Müller y Heller (2002) realizaron un estudio con objetivos que diferían claramente de los distractores; es decir, los objetivos sobresalían de las muestras visuales en las cuales estaban inmersos, creando un efecto de “pop-out” o “saliencia” (vale la pena resaltar que en las tareas de “pop-out” generalmente se obtienen TR muy bajos). Krummenacher et al, (2002), adaptaron este método de búsqueda guiada a una tarea de señales redundantes, en la que manipularon la dimensión de los objetivos válidos, i.e., señales con valores en diferentes dimensiones, y el valor de las señales dentro de una sola dimensión, así como la separación espacial de las señales válidas. Bajo estas condiciones, estos autores encontraron efectos de redundancia únicamente cuando los estímulos salientes tenían valores en dimensiones diferentes, y cuando estos se encontraban cercanos dentro de la muestra visual.

En otro estudio, realizado con el fin de corroborar si el efecto de redundancia era producto de una sumación de energía, Grice, Canham y Boroughs (1984) utilizaron una tarea de identificación de letras en las que éstas estaban formadas por letras más pequeñas, i.e., letras “globales”, o bien eran sólidas (S; del mismo tamaño que los componente de las letras globales, G). En los tres experimentos que reportaron, no se encontraron cambios significativos en los TR en las diferentes condiciones de redundancia, i.e., G vs G, G vs S, S vs S. En los dos primeros experimentos, el distractor se presentó siempre en una posición espacial, tanto en ES como en los ER, diferente a las dos posibles ubicaciones de las señales válidas, sin efectos aparentes sobre el efecto de redundancia. Sin embargo, en los ensayos sencillos del tercer experimento, el distractor ocupaba uno de los lugares en que aparecían las señales válidas, encontrándose un incremento del TR en estos ensayos, sugiriendo que los estímulos distractores pueden tener un efecto de interferencia con el procesamiento de las señales válidas.

La tarea de señales redundantes no sólo ha sido útil para entender la naturaleza del efecto de redundancia, sino también para estudiar otros fenómenos. Mullin, Egeth y

Mordkoff (1988), por ejemplo, utilizaron el paradigma de señales redundantes para investigar la capacidad del sistema visual para focalizar y cambiar la atención a más de dos posiciones espaciales, encontrando que el foco de atención mostraba una “preferencia posicional” hacia aquellas zonas en las que se presentaban señales redundantes.

Pashler (1987) y Linell & Humphryes (2001), utilizaron la tarea de señales redundantes para poner a prueba la teoría de integración de rasgos (TIR; Treisman, 1979, 1980; Treisman & Gelade, 1980; Treisman, Schmidt, 1982; Treisman, 1999), una de las más vigentes, para dar cuenta del procesamiento visual.

Pashler (1987) puso a prueba los supuestos de la TIR por medio de la detección de conjunciones de señales válidas en arreglos visuales en los que se aumentaba el número de distractores. Cuando se presentaba un sólo estímulo de conjunción como objetivo a detectar, los TR incrementaban conforme aumentaba el número de distractores, conforme a la predicción de la TIR. Sin embargo, cuando se presentaron dos objetivos en el arreglo visual, los TR fueron independientes del número de distractores, sugiriendo que en arreglos visuales con objetivos redundantes que comparten parcialmente rasgos con los distractores, i.e., conjunciones, se da un procesamiento en paralelo, contrario a lo predicho por la TIR.

Por otro lado, Linell & Humphryes (2001), de nueva cuenta, pusieron a prueba la TIR con un procedimiento de presentación serial visual rápida con señales redundantes, formadas éstas por conjunciones intra-dimensión, un objeto visual formado por dos colores; los estímulos objetivos aparecían dentro del mismo arreglo con distractores que compartían parcialmente alguna de sus características. En este experimento, la introducción de una segunda conjunción también resultó en un procesamiento en paralelo, TR independientes del número de distractores, contrario a lo predicho por la TIR.

2. LOS MODELOS DE CARRERA Y DE COACTIVACIÓN

Para dar cuenta de fenómenos en los cuales los organismos tienen que responder a dos o más estímulos que se presentan simultáneamente, dando lugar a efectos de facilitación o de interferencia, se han propuesto diferentes modelos teóricos (ver Duncan, 1984). En este capítulo se describen los dos modelos más importantes que tratan de dar

cuenta del efecto de redundancia y, más en general, de como la atención se reparte entre diferentes modalidades, posiciones espaciales o fuentes de información: los modelos de carrera y los modelos de coactivación.

EL MODELO DE CARRERA

El modelo de carrera supone un procesamiento por separado de cada elemento que aparece en una escena visual, siendo codificado por uno de varios canales que operan en paralelo; la respuesta se genera en el momento en que cualquiera de los canales llega a activar el proceso de decisión (Meijers y Eijkman, 1977; Mordkoff y Yantis, 1991; ver Fig. 1). En otras palabras, el modelo de carrera supone que cuando se presentan dos señales redundantes se genera una competencia entre ellas, siendo la más rápida, siendo sólo una la que determina la respuesta: la ganadora de la carrera, i. e., cada respuesta tiene una probabilidad asociada, siendo las respuestas más rápidas las que tienen las probabilidades más altas. (Biederman y Checkosky, 1970).

En otras palabras, el modelo de carrera supone que cuando se presentan dos señales redundantes se genera una competencia entre ellas, siendo la más rápida la que determina la respuesta: la ganadora de la carrera (Biederman y Checkosky, 1970).

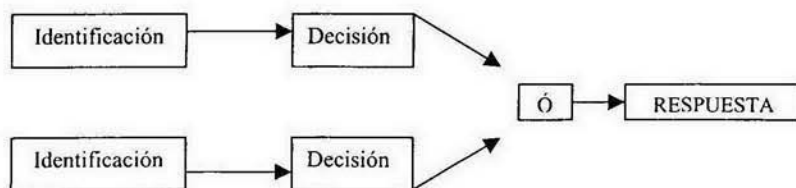


Figura 1. Esquema de modelo de carrera. Cada señal válida es codificada por separado, la activación de una respuesta es disparada tan rápido como una sola señal determina el proceso de decisión.

Este modelo asume una distribución de TR asociada a cada una de las señales. Cuando se presenta una de las señales se muestrea un TR de la distribución correspondiente, por lo que el TR necesario para evocar una respuesta varía aleatoriamente.

En una situación en la que se presentan dos señales válidas simultáneamente, el muestreo independiente de las dos distribuciones da como resultado un TR promedio menor al de cualquiera de las dos señales por pura facilitación estadística (Raab, 1962; citado en Miller, 1982), lo cuál explica el efecto de redundancia comúnmente observado.

EL MODELO DE COACTIVACIÓN.

En este modelo se asume que cada una de las señales produce cierta activación, i.e., “energía”, que se acumula en el tiempo; la respuesta se genera cuando el nivel de activación rebasa un umbral de activación. Los TR en ensayos redundantes son resultado de la “coactivación” de las señales que se presentan de manera simultánea, acelerando la acumulación de energía necesaria para generar una respuesta (Miller, 1982). En tales circunstancias la activación de una respuesta es más rápida cuando esta se encuentra asociada a más de una señal, como es el caso de las tareas con señales redundantes, donde los inputs en dos canales de información se combinan para activar más rápidamente una respuesta (Miller, 1991). El modelo de coactivación contempla un mecanismo de decisión que suma o junta la activación generada por cada una de las señales para que posteriormente se inicie la respuesta (ver Figura 2).

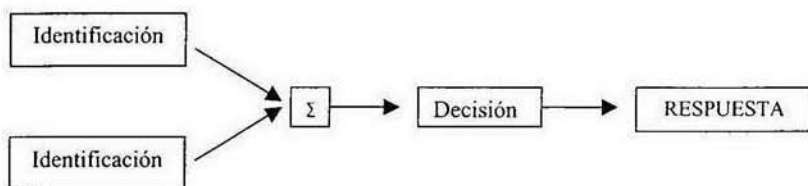


Figura 2. Esquema del modelo de coactivación. Cada señal válida es codificada por separado, el proceso de decisión para activar una respuesta es determinado por un mecanismo que integra información

A diferencia del modelo de carrera, el de coactivación sugiere que los TR ante la presencia de señales redundantes son más rápidos que los que producirían una simple

facilitación estadística, pues el efecto es resultado del muestreo de una sola distribución que contiene TR mayores a los producidos por cualquiera de las señales.

LA REGLA DE DESIGUALDAD

Una comparación de las medias de los TR entre ensayos sencillos y redundantes no permite diferenciar los modelos de carrera y coactivación, pues ambos son consistentes con un efecto de redundancia simple: $TR(ES) > TR(ER)$. Sin embargo, en 1982, Miller propuso un procedimiento para poder distinguir cual de los dos tipos de modelos, de carrera o de coactivación, explica mejor los efectos de redundancia: la regla de desigualdad.

La regla de desigualdad, que se describe más adelante, permite rechazar o aceptar los supuestos estadísticos de un modelo de carrera (facilitación estadística), poniendo a prueba las predicciones de una facilitación estadística comparando las funciones de distribución de TR acumulada (FDA²) de los ensayos sencillos y ensayos redundantes.

De acuerdo al mecanismo de generación de respuestas del modelo de carrera, las distribuciones de TR de ensayos redundantes están conformadas por distribuciones de los TR más rápidos de las señales procesadas por separado, con variaciones aleatorias, por lo que el efecto de redundancia no puede ser mayor del que supondría una simple facilitación estadística.

Puesto de otra forma, si la probabilidad de que una señal en el canal 1 active una respuesta en un tiempo t es p_1 y la probabilidad de que una señal en el canal 2 active una respuesta con el tiempo t es p_2 , la probabilidad de una respuesta en los ensayos redundantes (p_{er}) en un tiempo t (o menor a t), tiene que ser menor o igual a $p_1 + p_2$ (Miller, 1982; Mordkoff y Yantis, 1993): $p_{er} \leq p_1 + p_2$.

Puesto que esto sería válido para cualquier tiempo t , la regla de desigualdad se puede describir de manera más general como sigue:

$$P(TR < t \mid ER) \leq P(TR < t \mid ES_1) + P(TR < t \mid ES_2),$$

² Una FDA representa la probabilidad de que se dé una respuesta en un tiempo igual o menor a t .

donde $P(TR < t | ER)$ es la FDA para los ensayos redundantes, y $P(TR < t | ES_i)$ son las FDA de los respectivos ES_i .

Los modelos de activaciones por separado, o de carrera, deben obedecer la regla de desigualdad necesariamente, mientras que los modelos que involucren una interacción de las señales, como el de coactivación, pueden llegar a violarla. Una violación a la regla de desigualdad implicaría un cruce de la FDA para los ensayos redundantes y la suma de las FDA de los ensayos sencillos (ver figura 3).

El análisis de FDA que presentó Miller (1982) mostró una clara violación a la regla de desigualdad, lo cual sirvió para proponer que el modelo de coactivación era el más adecuado para explicar los efectos de redundancia (ver también Miller, 1991).

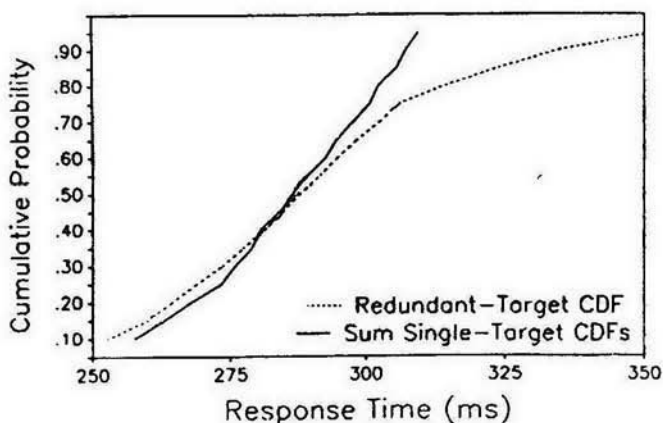


Figura 3. La violación de la regla de desigualdad se muestra como un cruce de la FDA para ensayos redundantes y de la suma de las FDA de los ensayos sencillos. Este resultado no puede ser explicado por un modelo de carrera pero el modelo de coactivación sí lo explica. (Figura tomada de Egeth & Mordkoff, 1991).

Sin embargo, Eriksen (1988) resalta que puede existir una vía de error para la regla de desigualdad. Con base en una revisión minuciosa de los errores cometidos en las tareas de efectos de redundancia, Eriksen señaló que el alto porcentaje de errores (alrededor de 20%) y la consecuente aparición de respuestas rápidas “falsas” que se confunden con las

respuestas “correctas” más rápidas, resta poder al análisis de distribuciones y, con ello, a la confiabilidad de la regla.

No obstante, la regla de desigualdad es una de las referencias básicas para explicar los efectos de redundancia. Por ejemplo, Egeth & Mordkoff (1991) llevaron a cabo un análisis detallado del comportamiento de las FDA predicho por los modelos de carrera y de coactivación, para lo cual tomaron las diferencias más notorias entre los estudios más sobresalientes en tareas con un efecto de redundancia. Tras haber manipulado en un solo estudio las principales variables utilizadas en diversas investigaciones, estos autores resumen la manera de interpretar las FDA de acuerdo a la regla de desigualdad: para modelos de carrera la suma de las distribuciones de los TR a ES nunca debe cruzarse con la distribución de los ER; en el caso de procesos de coactivación, las dos distribuciones deben cruzarse³.

Aunque gran parte de la investigación realizada con señales redundantes ha favorecido al modelo de coactivación (Feintuch & Cohen, 2002; Grice, Canham & Boroughs, 1984; Krummenacher, Müller & Heller, 2002; Miller 1982; Miller 1991; Mordkoff y Yantis 1993 b; Mullin, Egeth & Mordkoff, 1988), algunos trabajos que han favorecido a los modelos de carrera con tareas de señales redundantes lo han hecho en condiciones que son críticamente diferentes. Por ejemplo, Shiffrin & Grantham (1974) dieron cuenta de los efectos de redundancia por medio de un modelo de carrera; sin embargo, en su estudio utilizaron una respuesta diferente para cada una de las señales válidas, obteniendo así un efecto de “paridad”, el cual sugiere un procesamiento por separado para cada señal entrante al sistema. En otro estudio, Mordkoff y Yantis (1991) propusieron un modelo interactivo de carrera, en el cual se permitía una interacción de las dos señales válidas en forma de contingencias entre señales; sin embargo, en un par de estudios subsecuentes (Mordkoff y Yantis, 1993 y Mordkoff y Miller 1993), se mostró que cuando no hay contingencias entre estímulos el modelo no podía dar cuenta de los resultados mientras que el modelo de coactivación no tenía problema alguno para explicarlos.

³ En los casos en que se sostenga la regla de desigualdad, el modelo de coactivación no queda completamente descartado, pues si la distribución se carga hacia los tiempos más cortos las activaciones serían más rápidas que las producidas por una activación por separado, i. e., ES, disminuye la probabilidad de que se presente el cruce de las FDA.

3. EL MODELO DE BUSQUEDA SERIAL EN MEMORIA DE STERNBERG

En estudios con detecciones rápidas de una o más señales válidas se han encontrado ciertos costos por comparar más de una señal válida en memoria con la presentada visualmente en cada ensayo, sugiriendo un procesamiento serial (Guzmán & Palafox, 2002; Sternberg, 1966). Tales resultados se contraponen a los modelos de carrera y de coactivación que se han catalogado como de capacidad ilimitada por los efectos facilitadores que se obtienen al incrementarse el número de señales válidas en memoria, i.e., decrementos de los TR (ver Townsend & Nozawa, 1995). Tal contraposición motiva una pregunta sobre la posible interacción de un efecto de búsqueda en memoria con el procesamiento en paralelo que se ha postulado para explicar los efectos de redundancia.

En 1966, Sternberg llevó a cabo un estudio en el que dio a sus sujetos una lista de n ítems a memorizar, $x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$, denominado grupo de ítems positivos; posteriormente, se les pedía que compararan un estímulo de prueba con los ítems de la lista memorizada. El sujeto tenía que dar una respuesta positiva o negativa si el ítem de prueba correspondía a los ítems en memoria o no, respectivamente. Los resultados de este experimento mostraron que conforme se incrementa la carga de memoria, el TR para determinar si el ítem de prueba estaba dentro de la lista de ítems memorizada o no, incrementaba de manera proporcional. Los mismos resultados se obtuvieron posteriormente (Sternberg, 1975), cuando se emplearon diferentes grupos de ítems o bien cuando se aumentaba gradualmente la carga de memoria con el mismo grupo de ítems.

El modelo propuesto por Sternberg para explicar estos resultados, supone que cuando se da la lista a memorizar, ésta se representa y guarda en memoria. En las condiciones en que se utilizan diferentes listas de memoria, estas pasan directamente a un almacén de corto plazo y cuando el ítem de prueba se presenta, es procesado en dos etapas: la primer etapa es la de codificación del estímulo, que genera una representación del estímulo de prueba; en la segunda etapa, la de comparación serial, la representación del estímulo prueba es comparada sucesivamente con las representaciones de cada uno de los ítems de memoria disponibles en el almacén; cada comparación da como resultado una

señal “positiva” si los ítems son iguales, o “negativa” cuando los ítems son diferentes (Treisman & Doctor, 1987)

Sternberg (1966) distinguió dos maneras en las que se puede rastrear o “barrer”⁴ la información en memoria. En un caso el barrido o búsqueda en memoria cesa en el momento en que el proceso de comparación serial resulta en una señal positiva; en el otro, el proceso de comparación continua hasta que el ítem de prueba ha sido comparado con todos los ítems en memoria, aún cuando se haya dado una señal positiva previamente. Van Zandt y Townsend (1995) definen estos mecanismos como “reglas de detención” del procesamiento por auto terminación y por búsqueda exhaustiva, respectivamente.

Es posible diferenciar los modelos de comparación serial con reglas de detención diferente al contrastar las respuestas a los ítems positivos y negativos, ya que en el caso de una búsqueda exhaustiva, no debe de haber diferencia en los TR entre ambos grupos de ítems, mientras que en una búsqueda auto-terminada, los TR para los ítems prueba que pertenecen al grupo positivo deben ser menores a los del grupo negativo. (Sternberg, 1975)

De acuerdo a los resultados obtenidos, Sternberg (1966) concluyó que el proceso de comparación del ítem de prueba con los ítems en memoria era serial y exhaustivo.

Una de las variantes del modelo de Sternberg es el modelo dinámico de apilamiento (dynamic stack model) el cual da un énfasis especial a la manera en que se codifica la lista de ítems a memorizar o como ésta lista fue almacenada, así como a la cantidad de ítems y su organización en el almacén de memoria. Este modelo supone una búsqueda serial auto-terminada, pero genera el mismo efecto en las comparaciones de los grupos de ítems de prueba positivos y negativos. Según este modelo, el almacén de corto plazo esta organizado a manera de un “apilamiento dinámico hacia abajo”, en el cual se insertan aleatoriamente las representaciones de los ítems positivos y negativos. Cada ítem representado en la “pila” tiene un código asociado de acuerdo al tipo de respuesta que puede producir. Cuando un ítem de prueba se presenta, se lleva a cabo una serie de comparaciones con los ítems en memoria, comenzando desde la parte alta de la “pila” y de manera serial, deteniéndose el proceso cuando se encuentra la representación del ítem prueba. La respuesta está definida por el código asociado con la representación. La probabilidad de encontrar un ítem en la

⁴ El término utilizado en inglés es “scanning”, que aquí se traduce como “barrido” o “rastreo”.

“pila” está determinada por el movimiento que estos van teniendo dentro del apilamiento, un ítem que ha sido encontrado es puesto en la parte alta de la “pila”, mientras que los que no han sido encontrados se mandan a la parte baja de la “pila”; la consecuencia de esto es que los ítems encontrados más recientemente y con mayor frecuencia, son los que se encuentra más rápidamente. De esta manera, el TR en cualquier ensayo es una función lineal entre de la ubicación del ítem prueba en la “pila” y el tiempo tomado para ubicar su posición.

Sin embargo, el modelo de “apilamiento dinámico” tiene una desventaja, pues únicamente aplica cuando el grupo de estímulos positivos y negativos son los mismos a través de los ensayos; si se introducen diferentes grupos de ítems, estos tienen que reorganizarse cada vez que entran al almacén.

El modelo de Sternberg sugiere que la búsqueda de información en memoria trae consigo ciertos costos, por lo que surgen algunas preguntas relacionadas al procesamiento de estímulos con señales redundantes o, más en general, a la comparación de objetos con atributos múltiples: ¿se discriminan los objetos con multi-atributos, por medio de una comparación serial de sus respectivos atributos, por una comparación simultánea o en paralelo de dichos atributos, o mediante una comparación de las representaciones unitarias –o configuraciones- de cada objeto, sin importar sus atributos componentes (como lo explican los modelos de plantilla, de procesamiento integral)?.

A pesar de la amplia investigación que hay en el modelamiento de tareas con objetivos redundantes, hay aspectos que no han sido considerados con un modelamiento como el analizado antes. Por ejemplo en un estudio donde se manipuló la carga de memoria (Guzmán & Palafox, 2002), en tres condiciones: 1) la detección de una única señal válida como objetivo, 2) dos señales válidas presentadas de manera simultánea (un objetivo que formaba una conjunción) y 3) la detección de dos señales válidas presentadas de manera secuencial. En tales condiciones se encontró un efecto de memoria: los TR para la detección de una señal válida fueron los más bajos, seguidos por los de la detección con presentación simultánea y por último las señales presentadas de manera secuencial.

En este estudio, la condición de detección de una única señal válida corresponde a los ensayos sencillos en las tareas clásicas con señales redundantes, mientras que las conjunciones de señales válidas corresponden los ensayos redundantes. Los resultados en estos dos tipos de ensayos pueden ser explicados por coactivación; sin embargo, la condición crítica es la de detección de dos señales válidas presentadas de manera secuencial, que corresponderían a un ensayo sencillo, la cual arroja datos contrarios a los esperados en las tareas con objetivos redundantes.

Una posible explicación del patrón de TR observado por Guzmán y Palafox (2002) podría ser tomada del modelo de Sternberg el cual predice que una respuesta está determinada por la cantidad de información sostenida en memoria de corto plazo; es decir, no es lo mismo detectar un objetivo que dos objetivos.

En la tarea utilizada por Guzmán y Palafox, los altos TR presentes en los ensayos sencillos (detección de objetivos presentados secuencialmente) pueden ser producto de un efecto de comparación del estímulo presentado en la muestra visual con la información en memoria, i.e., uno o dos objetivos.

En las tareas en las que se requiere que se memoricen dos o más señales válidas, los elevados TR que se obtienen en los ensayos sencillos no corresponderían a un efecto redundancia, tal como lo plantean los modelos de coactivación o carrera, sino de la carga de dos señales válidas en la memoria. De manera similar, el efecto de carga de memoria podría explicar los TR más elevados en los ensayos sencillos que en las conjunciones, resultado que no concuerda con los resultados típicos en tareas de búsqueda visual de Treisman y Gelade (1980), donde el procesamiento de una sola característica visual se procesa más rápido que las conjunciones de atributos.

4. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Cuando la atención se divide entre distintos estímulos o señales, el procesamiento de los mismos puede darse de manera serial o en paralelo. En las tareas con señales redundantes, los modelos de carrera o de coactivación suponen un procesamiento en paralelo de cada una de las señales. Los mecanismos propuestos en estos modelos predicen que el aumento en el número de señales redundantes debe resultar en un decremento en los TR.

Tal como lo describen Biederman y Checkosky (1970), la disminución de los TR en tareas redundantes es “un exceso de información relevante que acelerará el reconocimiento de señales en una tarea”.

Ambos modelos, de carrera y de coactivación, predicen que la activación de una respuesta es determinada por un proceso de auto-terminación, pues basta con que una señal sea reconocida para que se emita la respuesta.

En varios estudios (Feintuch & Cohen, 2002; Grice, Canham & Boroughs, 1984; Krummenacher, Müller & Heller, 2002; Miller 1982; Linell & Humphreys, 2001), se han puesto a prueba los modelos de coactivación y de carrera, bajo las más diversas condiciones, coincidiendo todos en que los modelos basados en coactivación son más adecuados que cualquier modelo de carrera para dar cuenta de los efectos de redundancia. Sin embargo, ninguno de los estudios ha puesto a prueba directamente el supuesto de capacidad ilimitada de procesamiento en el modelo de coactivación.

Como se expuso anteriormente, un modelo de coactivación asume que dos señales válidas que se presentan simultáneamente, contribuyen a alcanzar un umbral de activación para que se emita una respuesta, la cual es más rápida que cuando sólo hay una sola señal (Mordkoff & Yantis, 1993). La coactivación con diferentes cantidades de señales redundantes, predice que presentar una señal válida adicional en ensayos redundantes produciría una activación más rápida o, al menos, constante después de un cierto número de señales (e.g., una facilitación marginal decreciente). Además, detectar una sola señal debería arrojar TR iguales a los que se obtendrían en los ensayos sencillos en condiciones con dos y tres señales redundantes.

En tareas de búsqueda en memoria, se ha notado que el aumento en los TR es producto de comparar la información presentada en una muestra visual, es decir, el estímulo de prueba, con la información proporcionada previamente y retenida en memoria, i.e., el criterio de información: uno, dos o más objetivos (Sternberg, 1975). En una tarea de detección de estímulos con atributos redundantes, Guzmán y Palafox (2002) reportaron un patrón que sugería un efecto de búsqueda serial en memoria: TR ante 2 estímulos (independientes) con rasgos idénticos > TR ante estímulos formados por una conjunción de características > TR una sola característica

El objetivo del presente estudio fue probar esta sugerencia, ampliando la carga de información en memoria en una tarea con señales redundantes. Para ello, se utilizaron tres condiciones bajo un paradigma básico de las tareas con señales redundantes: 1) detección de una señal única (S); 2) detección de dos señales válidas (2S), en ensayos redundantes y sencillos; y 3) detección de tres señales válidas (3S), en ensayos redundantes y sencillos. Secundariamente los modelos de carrera suponen un incremento en la rapidez de los TR a causa de una competencia generada por el aumento en número de señales entrantes al procesador (Shibuya, 1993), lo cual también es puesto a prueba a través de aumentar los objetivos a detectar. Sin embargo, bajo un modelo de búsqueda serial en memoria, se esperaría obtener el siguiente patrón de TR al comparar principalmente los ensayos sencillos: $TR(1S) \leq TR(2S) \leq TR(3S)$.

MÉTODO.

Participantes.

Participaron voluntariamente, 18 sujetos de la Facultad de Psicología de tercer semestre, con visión normal o corregida a la normal.

Aparatos y estímulos.

La presentación de estímulos y recolección de datos se llevó a cabo con una computadora Compaq-PC modelo Deskpro Ex con un monitor S510. Se utilizó el paquete de software "E-prime" (Psychological Software Tools) para programar todas las condiciones del experimento.

Los estímulos utilizados fueron círculos de 1.5° de ángulo visual, divididos en 4 cuadrantes, los que contenían las diferentes señales, válidas y no válidas; en ambos casos,

las señales tuvieron valores dentro de una misma dimensión: color, con el fin de evitar los efectos de facilitación que se reportan al utilizarse dimensiones diferentes, e.g., color y forma (Allport, 1971). Las señales válidas fueron los colores rojo, azul y verde, mientras que las señales irrelevantes o no válidas fueron: amarillo, gris, magenta, cian, negro, blanco, plata, lima, violeta y púrpura. Ambos tipos de señales podían ocupar cada uno de los cuadrantes de manera aleatoria, de acuerdo al tipo de ensayo (ES o ER), y condiciones del experimento (ver procedimiento).

Procedimiento.

Para poner a prueba los posibles efectos de memoria en la detección de señales redundantes, se diseñó una tarea de detección rápida de por lo menos una señal válida, tanto en ensayos sencillos (i.e., una sola señal válida y tres señales irrelevantes), y ensayos redundantes (i.e., presentación de dos o tres válidas, con señales irrelevantes en los cuadrantes complementarios).

Los ensayos sencillos y redundantes fueron presentados en secuencias visuales rápidas, mezclados entre sí, y con estímulos que contenían únicamente señales irrelevantes (distractores). Los estímulos se presentaron en cuatro posiciones posibles alrededor de un punto de fijación al centro de la pantalla (0° , 90° , 180° y 270° en una secuencia fija), a una distancia de 1.2° de ángulo visual del mismo, ver figura 4.

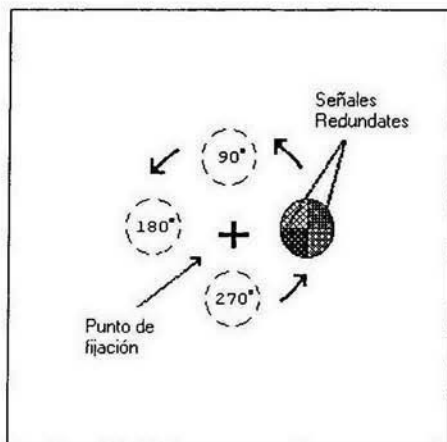


Figura 4. Posibles posiciones en las que se presentaban los estímulos.

Cada uno de los participantes realizó la tarea de detección de señales redundantes en tres condiciones de demanda de memoria: 1) detección de una señal válida; 2) detección de dos señales válidas; 3) detección de tres señales válidas. En la tabla 1 se describen estas condiciones.

	CONDICIONES DE CARGA DE MEMORIA		
	<i>1 señal válida</i>	<i>2 señales válidas</i>	<i>3 señales válidas</i>
ES	ROJO	ROJO o AZUL	ROJO o AZUL o AMARILLO
ER		ROJO y AZUL	ROJO y AZUL y AMARILLO

Tabla 1. Condiciones con diferente carga de memoria.

Para evitar posibles efectos de orden, la presentación de las tres condiciones se contrabalancearon completamente, por lo que se asignaron tres participantes a cada uno de seis grupos, cada uno con un orden de presentación diferente (factor entre sujetos).

Se les indicó a los participantes que respondieran lo más rápido posible ante la presentación de por lo menos una de las señales válidas, dependiendo de la condición de carga de memoria; una; dos; tres señales válidas. Es decir, tenían que responder al criterio de señales válidas que se les daba al inicio de cada condición: responder a una señal, por lo menos a una de dos, y por lo menos a una de tres, respectivamente.

Los participantes fueron ubicados a 90cm de la pantalla y emitían las respuestas con el dedo índice dominante por medio de un botón predeterminado del teclado de la computadora.

El procedimiento general consistió de una presentación secuencial visual rápida de ensayos que estaban conformados de la siguiente manera: presentación de un punto de fijación, aparición de un estímulo por 200 ms en una de las 4 posiciones posibles; una pantalla gris con el punto de fijación, con una duración de 50 ms; acto seguido, para evitar efectos de movimiento aparente en la secuencia de estímulos que conformaban el arreglo visual, se presentaba una máscara con una duración de 250 ms; finalmente, se presentaba nuevamente una pantalla gris con el punto de fijación al centro, por 50 ms, antes de comenzar con el siguiente ensayo, donde el estímulo aparecía en la siguiente posición del arreglo.

Cada una de las condiciones estaba constituida por cuatro bloques de 40 ensayos de estímulos con señales válidas y 280 con distractores. Los participantes tuvieron un descanso de 30 s entre los bloques.

En la condición de una señal válida, los 40 ensayos contenían la señal válida, color rojo; en la condición con detección de dos señales válidas (rojo y azul), cada bloque de 40 ensayos contenía 13 ES con el color rojo, 13 ES con el color azul y 13 ER con la presentación simultánea de rojo y azul, más un ensayo adicional que aleatoriamente se asignaba a cada uno de estos tres tipos de ensayos para cada sujeto; en la condición de detección de tres señales válidas (rojo, azul y verde), los 40 ensayos se distribuyeron de la siguiente manera: 10 ES con el color rojo, 10 ES con el color azul, 10 ES con el color verde y los últimos 10 eran ER con los tres colores: rojo, azul y verde.

Antes de realizar el experimento los participantes llevaron acabo una pequeña sesión de práctica de 40 ensayos, en la que se les dio retroalimentación. Estos ensayos no se tomaron en cuenta para el análisis de resultados.

RESULTADOS.

Los resultados principales se pueden observar en la figura 4. Los TR de los ensayos redundantes son similares a los TR ante una sola señal válida. También se puede observar un posible efecto de redundancia en las condiciones 2 y 3, al comparar los TR entre los ES y ER. Asimismo, los TR entre los ensayos en que se presentó una sola señal válida, incrementaron con el número de señales válidas a detectar; es decir, se observa un efecto de carga de memoria. El análisis estadístico de estos resultados se presenta a continuación.

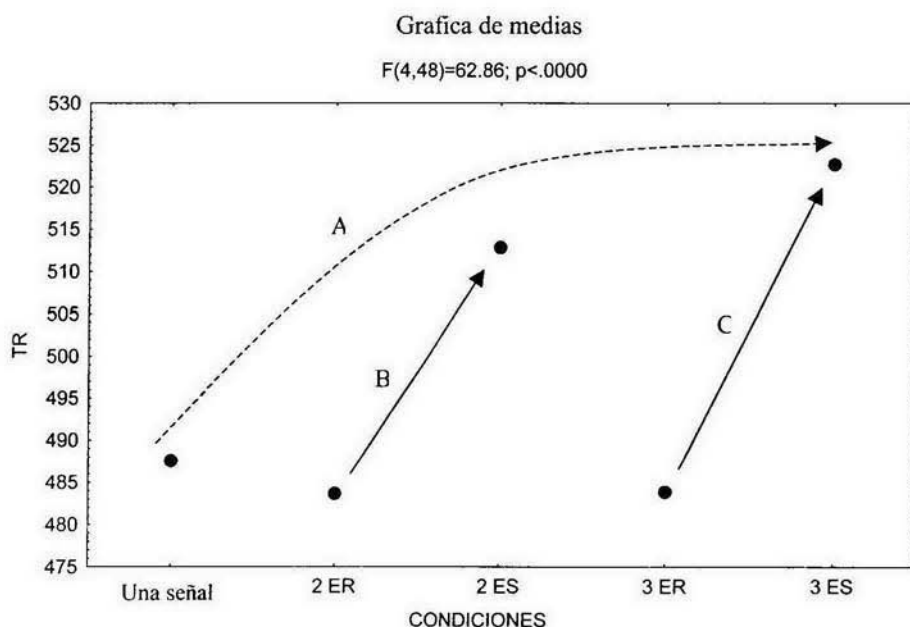


Figura 5. Tiempos de reacción en las diferentes condiciones del experimento, en las que se varió la cantidad de señales válidas para responder, así como la presentación individual (2ES y 3ES) o simultánea de las señales (2ER y 3ER). La flecha punteada (A) muestra el incremento en TR relacionado con un efecto de memoria; las flechas sólidas muestran el incremento en TR que corresponde a los efectos de redundancia en las condiciones con dos (B) y tres señales válidas (C).

Se llevó a cabo un análisis de varianza mixto con las “condiciones” como factor intra-sujetos. Los resultados se muestran en la tabla 2.

	Df	MS Effect	Df Error	MS Error	F	p-level
Orden	5	6329.884	12	5906.162	1.07174	.422
Condiciones	4	6051.293	48	96.264	62.86151	.000
Orden x condición	20	126.868	48	96.264	1.31792	.214

Tabla 2. Resultados del ANOVA de medidas repetidas.

Con este análisis se puede descartar un efecto por el orden de presentación $F(5,12) = 1.07$, $p > .05$ y se confirman las diferencias entre las condiciones de detección con una, dos y tres señales válidas, distinguiendo los ES de los ER en las últimas dos condiciones $F(4,48) = 6.86$, $p < .001$ (ver tabla 2). La interacción entre orden y condiciones no fue significativa $F(20,48) = 1.3$, $p > .05$. Un contraste posterior indicó que no había diferencias significativas entre las condiciones de detección de una señal válida y los ER correspondientes a las condiciones con dos y tres señales válidas.

Para comprobar estadísticamente un efecto de redundancia, se compararon los TR de los ES y ER ($ES - ER > 0$), en las condiciones 2 y 3. Como se puede observar en la tabla 3, el efecto de redundancia fue mayor en la condición 3 que en la condición 2 (38.84 ms vs 29.17 ms). Vale la pena mencionar que el efecto de redundancia que se observa en ambos casos, es similar al promedio reportado por Scharwz de 30 ms (1989).

No. de señales	ES (ms)	ER (ms)	Efecto de redundancia
2 señales	512.81	483.64	29.17
3 señales	522.71	483.87	38.84

Tabla 3. Diferencias entre los TR de ES y ER de las condiciones con 2 y 3 señales válidas

La comparación de los TR con dos señales válidas en ensayos sencillos (2 ES) y en ensayos redundantes (2 ER) arroja diferencias estadísticamente diferentes con una $F(1,12) = 75.8$, $p < .001$. De manera similar, en la condición 3, la diferencia entre los TR en

ensayos sencillos (3 *ES*) y en ensayos redundantes (3 *ER*), fue estadísticamente significativa, con una $F(1,12) = 156.1, p < .001$.

Por otro lado, para comprobar el efecto de carga en memoria que se observa en los TR de condición 1, la detección de una señal válida y los ES correspondientes a las condiciones de dos y tres señales (*ES* vs *2ES* vs *3ES*; ver gráfica. 1), se realizaron tres contrastes: el primero mostró una diferencia estadísticamente significativa ($F(1,12) = 61.005, p < .001$), entre los TR de *ES* y *2ES*; en segundo lugar, la diferencia entre los TR de *ES* y *3ES* también fue significativa, $F(1,12) = 4138.25, p < .001$; finalmente, la comparación entre la detección de dos y tres señales válidas en ensayos sencillos, *TR 2ES* vs *TR 3ES*, también arrojó una diferencia significativa ($F(1,12) = 13.5, p < .05$).

Finalmente, aunque no era parte del objetivo principal de este estudio, se compararon las Funciones de Distribución Acumuladas (FDA) de los TR en los *ER* con la suma de las FDA de los respectivos *ES*, *FDA(ES)*, en las condiciones 2 y 3; esto con la finalidad de probar si el modelo de coactivación podría dar mejor cuenta de los datos obtenidos que un modelo de carrera. Las FDA se obtuvieron en dos pasos: primero, cada uno de los TR fueron estandarizados en unidades de valores *z*, con el objetivo de ponderar únicamente el efecto de redundancia y reducir las posibles diferencias causadas por la carga en memoria; segundo, se obtuvo la probabilidad de que un TR fuera menor a 9 valores $z = -1.5, -1.0, -0.5, 0, +0.5, +1.0, +1.5, +2.0$ y $+2.5$, graficándose estos valores.

En las figuras 6 y 7 se muestran las FDA correspondientes a las condiciones con dos y tres señales válidas, respectivamente. En ambos casos, se observa un cruce entre la *FDA(ES)* y la FDA de los *ER*, lo que indica que hay una coactivación de las señales redundantes (Egeth y Mordkoff, 1991).

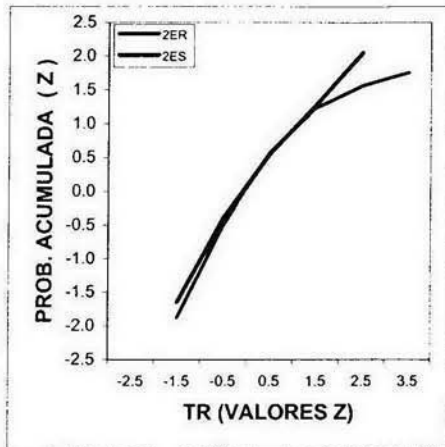


Figura 6. Curvas de distribución acumuladas en la condición de detección de dos

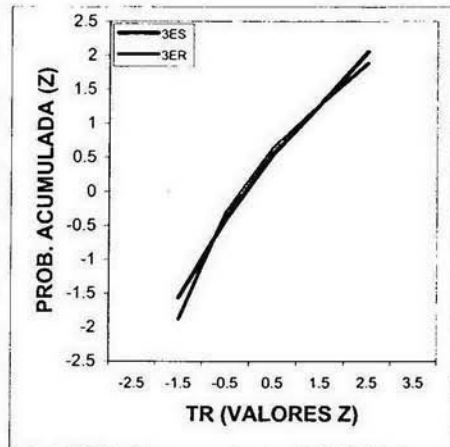


Figura 7. Curvas de distribución acumuladas en la condición de detección de tres objetivos.

Finalmente, en la figura 8 se presentan las FDA para los ER de las condiciones con dos y tres señales, junto con la FDA para una sola señal, i.e., condición 1. Como se puede observar, el comportamiento de las 3 FDA es muy similar, lo que introduce algunas dudas sobre algunas de las implicaciones de los modelos de coactivación, que indicarían TR menores conforme aumenta el número de señales válidas redundantes.

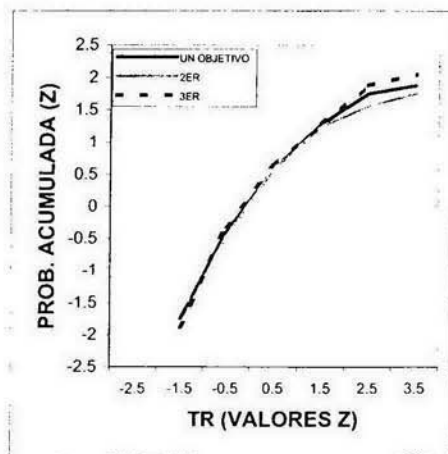


Figura 8. Patrones similares entre la detección de una señal válida y dos y tres presentadas en ER

DISCUSIÓN.

En este estudio se añadieron al método tradicional de señales redundantes dos condiciones específicas: detección con una señal válida (no redundancia) y detección con tres señales válidas (mayor grado de redundancia), para poner a prueba un modelo de búsqueda serial en memoria, así como uno de los supuestos de los modelos de coactivación, de carrera: la capacidad ilimitada (Townsend & Nozawa, 1997).

Se observaron efectos de redundancia en una tarea de detección con presentaciones visuales rápidas, tanto en las condiciones con 2 señales válidas como con 3 señales válidas. Los efectos de redundancia obtenidos fueron similares a los reportados en la literatura (Eriksen, 1988). Sin embargo, el hallazgo principal que se reporta es el incremento gradual de los TR en los ensayos en que se presentó una sola señal válida, conforme aumentó el número de señales válidas a detectar; es decir, se observó un efecto de carga de memoria congruente con un modelo de búsqueda serial. El efecto de comparación serial en memoria para los ensayos sencillos supondría que se dio una representación en la memoria de trabajo de cada una de las señales válidas, la cual fue comparada exhaustivamente a la información presentada visualmente, i.e., el estímulo de prueba (Sternberg, 1975). Este resultado pone en duda el supuesto de capacidad ilimitada de los modelos de carrera y de coactivación.

De acuerdo con lo anterior, los TR arrojados por los ES en las tareas clásicas con objetos redundantes no son el resultado de un procesamiento perceptual "simple" sino que involucra una comparación serial en memoria, dirigida a encontrar uno de las señales redundantes. Este efecto no puede ser explicado por los modelos de coactivación y de carrera, los cuales predicen que el desempeño para la detección de señales sencillas o únicas, debería ser el mismo.

Asimismo, es importante señalar que los TR de las condiciones ES, 2ER y 3ER fueron similares, lo que indica que el procesamiento de búsqueda serial en memoria fue parcial, sugiriendo una posible interacción (cancelación) de los efectos de redundancia y de búsqueda en memoria.

Adicionalmente, también se puede observar un efecto de redundancia mayor en la condición con tres señales válidas (como se observa en la tabla 2), debido a que en los TR de 3ES fueron mayores a los TR de 2ES, ya que no hubo diferencias significativas entre los TR de 2ER y 3ER. En otras palabras, la diferencia en la magnitud del efecto de redundancia es resultado del efecto de búsqueda serial en memoria en los ES.

A pesar de que se encontró una diferencia significativa en los TR con el aumento de uno a tres objetivos presentados en los ES, es importante considerar explicaciones alternativas al procesamiento de tipo serial como el postulado por Sternberg (1966).

Como se ha visto recientemente, los sistemas con procesamiento serial y procesamiento en paralelo pueden producir patrones idénticos de TR aún cuando se aumente el número de señales válidas. En particular, hay sistemas de procesamiento en paralelo de capacidad limitada que, después de una cantidad de señales límite, pasan a ser de tipo serial (Townsend, 2001, Luck & Vogel, 1997).

A raíz de esto se podría dar una explicación alternativa a la similitud de los TR de ES, 2ER y 3ER, a partir de la propuesta de Sternberg (1998) de que existen dos procesos diferentes de comparación en memoria en una misma tarea: uno que integra la información presentada simultáneamente, y otro que compara serialmente la información presentada parcialmente; de esta manera, se podría decir que la similitud de los TR en las tres condiciones ES, 2ER y 3ER, es el resultado del procesamiento de 2ER y 3ER como estímulos “integrales”, en los cuál se fusionaron las señales redundantes. En un estudio en el que analizaron la capacidad de la memoria de trabajo visual con señales sencillas y conjunciones de señales válidas, Luck y Vogel (1997) encontraron que es posible almacenar hasta cuatro colores u orientaciones, o bien, el color y orientación de hasta cuatro objetos visuales, lo cual sugiere que la memoria de trabajo almacena objetos integrados (totalidades) al igual que rasgos simples. Esto tendría dos implicaciones para el presente trabajo: a) que en el caso de los ensayos redundantes la codificación de presentar dos y tres señales válidas fue traducida como una sola unidad de información; y b) la capacidad de la memoria de trabajo visual en los ER no fue sobrecargada, ya que el estudio sugiere que el efecto de carga se acentúa después de cuatro objetivos.

Otra explicación alternativa de los efectos de redundancia se basa en los efectos del contexto. En las tareas clásicas con objetivos redundantes, se presentan 2 distractores cuando no se presenta ninguna señal válida, 1 distractor en los ES y 0 distractores ER. De esta manera, la ganancia que se observa entre presentar una señal y presentar dos se puede deber la ausencia de distractores en los ER o a un mayor número de distractores en los ES. Los estímulos visuales utilizados en este trabajo, círculos divididos en cuatro partes, mantienen el mismo decremento de distractores al pasar de los ES a los ER. Sin embargo, en la condición 1, donde sólo se tenía una señal válida a detectar, se presentaban 3 distractores, con lo que se puede descartar el efecto negativo que pudieran tener estos sobre el procesamiento de las señales válidas. Por otro lado, en tareas realizadas bajo un paradigma de “señalización contextual” (Chun, 2000), se asume que debido a un exceso de información en el ambiente y que esta tiene que ser rápidamente jerarquizada para guiar una respuesta, determinadas claves visuales son las que atraen la atención; en estos casos, el contexto puede facilitar la codificación perceptual en etapas primarias de procesamiento visual. Trasladando esta idea al caso de los ensayos redundantes, cada una de las señales visuales redundantes forma un contexto para las demás y facilitan el reconocimiento mutuo.

También habría que considerar la posibilidad de que los efectos de redundancia sean un artefacto de la tarea misma: la respuesta más rápida en los ER podría ser resultado de un criterio diferente para responder ante señales redundantes que ante señales sencillas. Es decir, los sujetos pueden estar introduciendo un sesgo al poner más atención para responder a dos y tres señales válidas simultáneas que a una sola señal válida. Sesgos de este tipo se han reportado en tareas de búsqueda visual, donde los sujetos responden a una parte de la muestra visual con base en una dimensión de los estímulos, descartando otros que también son importantes (Egeth, Virzi & Garbarth, 1984). Una posible manipulación, para encontrar la magnitud de este sesgo sería manipular un criterio, por medio de un procedimiento de detección de señales.

Finalmente, los resultados de este estudio permitieron contrastar los modelos de carrera y de coactivación a través de la identificación de los cruces de las FDA que predice la regla de desigualdad. En diversos estudios, la aplicación de esta regla ha dado apoyo a los modelos de coactivación (e.g., Miller, 1982, 1991; Mordkoff y Miller, 1991; Mordkoff & Yantis, 1993;). Inicialmente se esperaba obtener un efecto de redundancia en la

condición de detección de dos señales, ya que esta era una replica de las condiciones de otros trabajos que utilizan tareas con objetos redundantes. El análisis de las FDA mostró que los efectos de redundancia que se obtuvieron podrían ser muestra de un proceso de coactivación de las señales redundantes, al obtenerse un cruce de las FDA(ES) y FDA(ER). Sin embargo, el cruce de las FDA en la condición con dos señales válidas no fue tan claro como en la condición con tres señales válidas, lo cual puede dar indicios de coactivación, una medida que se puede tomar a futuro es manipular condiciones con más de tres señales redundantes, para comprobar más ampliamente este tipo de tareas.

Asimismo, las FDA correspondientes a las condiciones ES, 2ER y 3ER fueron similares, indicando que la activación predicha por una coactivación, no esta relacionada al numero de señales redundates entrantes al sistema o a la potencia que generan dos señales. Por otro lado la facilitación estadística, se puede descartar, ya que se obtienen tanto el mismo tipo de distribución, así como TR similares, indicando que una sola activación puede generar la misma probabilidad de respuesta rápida que la de dos activaciones por separado.

5. CONCLUSIONES

Adicionalmente a los efectos de redundancia con dos señales válidas, en el presente trabajo se encontró el mismo efecto con tres señales válidas, lo cual no se había reportado con anterioridad. Un modelo de coactivación daría cuenta de los datos obtenidos, como lo demuestra el análisis de FDAs realizado; sin embargo, la formulación básica de dicho modelo no puede explicar dos aspectos de los resultados obtenidos: 1) el incremento de los TR para la detección de una sola señal válida conforme se aumentó el número de señales válidas en memoria; 2) la similitud de los TR para la detección de una señal válida, de dos y tres señales válidas presentadas en ER, lo cual es acorde a un efecto de redundancia y a una capacidad ilimitada de procesamiento, pero no con un efecto de facilitación estadística. Combinando el patrón de resultados con los ES, por una parte, y con los ER, por otra, el efecto de redundancia encontrado podría explicarse por un efecto de carga de memoria en los ES, y la posible cancelación de este efecto con el de redundancia en los ER.

Para disociar efectos de cancelación de los efecto de memoria en el procesamiento de señales redundantes se sugiere la elaboración de un método donde se maneje una carga de memoria más grande como la utilizada por Luck y Vogel (1997).

REFERENCIAS

- Allport, D. A. (1971). Parallel encoding within and between elementary stimulus dimensions. *Perception & Psychophysics*, 10 (2), 104-108.
- Bernstein, I. H. (1970). Can we see and hear at the same time? *Acta Psychologica*.33, 21-25.
- Biederman, I., & Checkosky, S. F. (1970). Processing redundant information. *Journal of Experimental Psychology*. 83. 486-490.
- Colonius, H. (1988). Modeling the redundant signals effect by specifying the hazard function. *Perception & Psychophysics*, 43(6), 604-606
- Chun, M. M. (2000) Contextual cueing of visual attention. *Trends in cognitive sciences*, 4, (5) May 2000,170-178.
- Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113(4), 501-517.
- Egeth, H. E., & Mordkoff, J. T. (1991). Redundancy gain revisited: Evidence for parallel processing of separable dimensions. En G. R. Lockhead & J. R. Pomerantz (Eds.) *The perception of Structure*. Washington, DC, EUA: American Psychological Association. Press.
- Egeth, H. E., Virzi, R., & Garbart, H. (1984) Searching for conjunctively defined targets. *Journal of experimental psychology: Human performance and perception*, 10, 32-39.
- Eriksen, W. C. (1988).A source of error in attempts to distinguish coactivation from separate activation in the perception of redundant targets. *Perceptions and Psychophysics*, 44 (2), 191-193
- Eriksen, W. C., Goettl, B., St James J. D. & Fournier L. R. (1989). Processing redundant signals: Coactivation, divided attention or what?. *Perceptions and Psychophysics*, 45 (4), 356-376
- Feintuch, U., & Cohen, A. (2002). Visual attention and coactivation of response decisions for features from different dimensions. *Psychological Science*, 13 (4), 361-369.
- Grice, G. R., Canham, L. & Boroughs, J. M. (1984). Combination rule for redundant information in reaction time tasks with divided attention. *Perception & Psychophysics*. 35 (5), 451-463
- Guzmán, E. & Palafox, G. (2002). Un efecto de memoria en una tarea de detección visual rápida. XI Congreso Mexicano de Psicología.
- Lennie, P. (1997) Single units and visual cortical organization, *Perception*, 27, 889-935
- Linnell, K. J. & Humphreys, G. W. (2001). Spatially parallel processing of within-dimension conjunctions. *Perception*.30, 49-60.

Luck, S. J. & Vogel, E. K. (1997) The capacity of visual working memory- for features and conjunctions. *Nature*.390, 279-281.

Kanwisher, N. G., & Potter, M. C. (1989). Repetition blindness: The effects of stimulus modality and spatial displacement. *Memory and Cognition*, 17, 117-124

Krummenacher, J., Müller, H. J. & Heller, J. (2002). Visual Search for dimensionally redundant pop-out targets: Parallel -Coactive processing of dimensions is location specific. *Journal of experimental psychology: Human Perception and Performance*, 28 (6), 1303-1322

Mack, A. & Rock, I. (1998) *Inattentional Blindness* .MIT press Cambridge, Massachusetts, London England.1998

Meijers, L. M. M., & Eijkman, E. G. J. (1977). Distributions of simple RT with single and double stimuli. *Perception & Psychophysics*. 22,41-48.

Miller, J. (1982). Divided attention: Evidence for coactivation with redundant signals. *Cognitive Psychology*, 14,247-79.

Miller, J. (1991). Channel interaction and the redundant -target effect in bimodal divided attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17(1), 160-169.

Mordkoff, J. T., & Yantis, S (1991) An interactive race model of divided attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17 (2), 520-538.

Mordkoff, J. T., & Yantis, S. (1993). Dividing attention between color and shape: Evidence of Coactivation. *Perception & Psychophysics*, 53 (4), 356-366.

Mordkoff, J. T., & Miller, J. (1993).Redundancy gains and coactivation with two different targets: The problem of target preferences and the effects of display frequency. *Perception & Psychophysics*, 53 (5), 5271-535.

Mullin, P. A., Egeth H. E., & Mordkoff J. T., (1988). Redundant-target detection and processing capacity: The problem of positional preferences. *Perception & Psychophysics*, 43, 607-610.

Pashler, H. (1987). Detecting conjunctions of color and form: Reassessing the serial search hypothesis. *Perception & Psychophysics*, 41 (3), 191-201.

Scholl, B. J. (2001) Objects and attention: The state of art. *Cognition in press*

Shiffrin, R., & Grantham, D. (1974). Can attention be allocated to sensory modalities? *Perception & Psychophysics*, 15, 460-474.

Sternberg, S. (1966). High speed scanning in human memory. *Science*.153, 652 - 654.

Sternberg, s. (1975). Memory scanning: New findings and current controversies. *Quarterly Journal of experimental Psychology*. 27,1-32

Sternberg, s. (1998) Inferring mental operations from reaction time data: How we compare objects. En D. Scarborough & S. Sternberg (Eds.) *An invitation to Cognitive: Methods, models and conceptual issues*. Boston, EUA: MIT Press.

Townsend, J. T. & Nozawa, G. (1997). Serial exhaustive models can violate the race model inequality: implications for architecture and capacity. *Psychological review*, 104 (3), 595-602.

Townsend, J. T. & Nozawa, G. (1995). Spatio-temporal properties of elementary perception: An investigation of parallel, serial, and coactive theories. *Journal of mathematical psychology*, 39, 321-359.

Townsend, J. T. (2001). A clarification of self-terminating versus exhaustive variances in serial and parallel models. *Perception & Psychophysics*, 63(6), 1101-1106.

Shibuya, H. (1993). Efficiency of visual selection in duplex and conjunctions conditions in partial report. *Perceptions and Psychophysics*, 54 (6), 716-732.

Treisman, A. (1979) The psychological reality of levels of processing. In L. S. Cermack & F. I M. Craik (Eds.). *Levels of processing and human memory*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. 1979.

Treisman, A. (1999). Feature binding, attention and object perception. In G. W. Humphreys, J. Duncan, and A. Treisman. (Eds.). *Attention, Space and Action. Studies in cognitive neuroscience*. Oxford university press, 1999

Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature integration theory. *Cognitive Psychology*, 12, 97- 136.

Treisman, A., & Schmidt, H. (1982). Illusory conjunctions in perceptions of objects. *Cognitive Psychology*, 12,97- 136.

Treisman, M., & Doctor, E. (1987). Memory scanning: A comparison of the dynamic stack and exhaustive serial scan models, with an extension of the latter. *Acta Psychologica*, 64, 39-92. North-Holland