

María Isabel Introzzi [1]  
Eliana Zamora [1]  
Yesica Aydmune [1]  
Lorena Canet-Juric [1]  
Soledad López [1]

*El rol de la inhibición en la Teoría de la Integración de Características.*

*The role of inhibition in the Feature-Integration Theory.*

*O papel da inibição na Teoria Integração Características.*

[1] Instituto de Psicología Básica, Aplicada y Tecnología (IPSIBAT), Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP)- Consejo Nacional de Investigaciones científicas y técnicas (CONICET), Facultad de Psicología.

Correspondencia: Dra. Isabel Introzzi. Dirección laboral: Funes 3250, Cuerpo 5, Nivel 3, Mar del Plata, Argentina. Tel: +54 223 4752526. E-mail: isabelintrozzi@gmail.com

## RESUMEN

La Teoría de la Integración de Características se ha convertido en una de las propuestas más difundidas en la explicación de los principios de la atención selectiva. Sus supuestos básicos se han sustentado en la evidencia empírica obtenida a través del paradigma de búsqueda visual. Algunos de sus supuestos comienzan a ser cuestionados a mediados de la década de 1980 y es sometida a una profunda revisión. Esto da lugar a una nueva versión de la teoría, que otorga a la inhibición un rol protagónico. En tanto no se registran estudios que la hayan abordado específicamente en el marco de esta teoría, este trabajo se propone precisar y discutir el papel de la inhibición en la Teoría de la Integración de Características. Con este fin, se mencionan primeramente las características básicas de la teoría y algunos hallazgos obtenidos a través del paradigma de búsqueda

visual. Luego se presenta la evidencia empírica que contradijo los supuestos teóricos iniciales y se discute la respuesta de la teoría precisando el rol de la inhibición en los nuevos postulados, describiendo la relación de este componente con las distintas estrategias implementadas en las tareas de búsqueda visual. Se espera que este trabajo contribuya a la comprensión de los diversos desempeños obtenidos en tareas de búsqueda visual, el papel de la inhibición en diversas estrategias implementadas en este tipo de tareas y su rol en la atención selectiva.

**Palabras clave:** teoría de la integración de características; inhibición; búsqueda visual

## ABSTRACT

The Feature-Integration Theory is one of the most influential proposals explaining the main principles of selective attention. Its basic assumptions have been supported by empirical evidence obtained through the visual search paradigm. In the mid 80's, some of its assumptions started to be questioned and it was subjected to a thorough review. This gave place to a new version of the theory, in which inhibition played a key role. Besides the importance of this component, there are no known studies addressing it by this theoretical framework. Thus, this work deals with defining and discussing the role of inhibition by the Feature-Integration Theory. In order to accomplish that goal, the basic features of the theory will be mentioned first and then some findings obtained through the visual search paradigm, which have influenced its origin and development. Later, the

empirical evidence which contradicted the original theoretical assumptions will be presented. The answer of the theory defining the role of inhibition in the new postulates will be discussed, describing the relationship between this component and the different strategies implemented in the visual search tasks. It is expected that this work will contribute with the comprehension of the different performance indexes found in visual search tasks, the role of inhibition in diverse strategies implemented in this kind of tasks and its role in selective attention.

**Keywords:** feature-integration theory; inhibition; visual search

## RESUMO

A Teoria da Integração das Características constitui uma das propostas mais influentes na explicação dos princípios da atenção seletiva. Suas suposições básicas foram apoiadas pela evidência empírica obtida através do paradigma de busca visual. Em meados da década de 1980, alguns de seus pressupostos começaram a ser questionados e passaram por uma revisão completa. Isso dá origem a uma nova versão da teoria, na qual a inibição ocupa um papel de liderança. Apesar da importância deste componente, não há estudos que o tenham abordado dentro do quadro desta teoria. Portanto, este artigo pretende esclarecer e discutir o papel da inibição na Teoria da Integração de Caráter. Para atingir este objetivo, as características básicas da teoria e alguns achados obtidos através do paradigma de busca visual serão mencionados primeiro. Então,

apresentaremos as evidências empíricas que contradizem os pressupostos teóricos originais. Vamos discutir a resposta teórica, especificando o papel da inibição nos novos postulados, descrevendo a relação desse componente com as diferentes estratégias implementadas nas tarefas de pesquisa visual. Espera-se que este trabalho contribua para a compreensão das diferentes performances encontradas nas tarefas de busca visual, o papel da inibição em várias estratégias implementadas neste tipo de tarefas e seu papel na atenção seletiva.

**Palavras-chave:** teoria da integração das características; inibição; pesquisa visual

**Agradecimientos:**

Esta investigación fue subsidiada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y la Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina). Expresamos nuestro agradecimiento a estas instituciones por su apoyo.

Durante años, psicólogos y neurocientíficos se han interesado en el estudio de la atención selectiva, más precisamente en aquellos mecanismos involucrados en guiar nuestra atención hacia los objetos relevantes del ambiente, evitando la interferencia de aquellos que resultan irrelevantes y que interfieren con el logro de nuestros objetivos. Aunque la atención selectiva ha dado lugar a numerosas teorías que intentan explicar sus principales principios de funcionamiento, la Teoría de Integración de las Características (*Feature-Integration Theory*, [TIC]; Treisman, 1988; Treisman & Gelade, 1980; Treisman & Sato, 1990) constituye una de las propuestas más influyentes en el área. Sus principales supuestos se han sustentado en la evidencia empírica obtenida a través del paradigma de búsqueda visual, una de las herramientas más utilizadas en el campo de investigación y evaluación de la atención selectiva (Woods et al., 2013). Sin embargo, a mediados de la década del 80, la teoría comienza a ser objeto de fuertes críticas. Un conjunto de resultados obtenidos también a través del mismo paradigma, permitieron cuestionar sus principales supuestos. En respuesta a esta situación, Treisman y Sato (1990) someten la teoría original a un profundo proceso de revisión (Treisman, 1988; Treisman & Gelade, 1980), que culmina en importantes modificaciones. En esta nueva versión, la inhibición ocupa un rol protagónico dado que permite dar respuesta al incumplimiento de las principales predicciones derivadas de la teoría inicial. Así, la inhibición participa junto a la atención visual en la mayoría de las tareas de búsqueda visual y la variación de desempeño en estas tareas se explica en gran medida por la actuación de la inhibición. Sin embargo, a pesar de la importancia de este componente en la versión revisada de la teoría, no se registran estudios que hayan abordado esta temática en el marco de la TIC. Aunque existen trabajos de revisión sistemáticos y bastante profundos (ver Quinlan, 2003), los mismos no analizan de manera específica el rol de la inhibición.

La TIC constituye una de las teorías de mayor relevancia en el campo la atención visual selectiva. Precisar el rol que ocupa la inhibición en esta propuesta

teórica resulta esencial pues permite comprender (a) la relación entre este mecanismo y el tipo de estrategias implementadas en una tarea de búsqueda visual; (b) el papel de este mecanismo en la atención selectiva visual; y (c) los distintos patrones de desempeño encontrados en tareas de búsqueda visual.

Por ello, el principal objetivo de este trabajo consiste en precisar y discutir el papel de la inhibición en el marco de la TIC, especialmente en la explicación de un conjunto de hallazgos empíricos que han cuestionado fuertemente sus axiomas principales. Para lograr este objetivo, en primer lugar, se describirán los principales supuestos de la teoría poniendo el foco en aquellos aspectos vinculados con nuestros propósitos. Luego, se caracterizarán los patrones básicos de desempeño en tareas de búsqueda visual explicando sus relaciones con los principales supuestos teóricos. Posteriormente, se presentará la evidencia empírica que contradujo los supuestos teóricos originales y se discutirá la respuesta de la teoría a estos cuestionamientos precisando el rol de la inhibición y describiendo su relación con las distintas estrategias implementadas en las tareas de búsqueda visual.

### La Teoría de la Integración de Características (TIC)

En su versión original (Treisman, Sykes, & Gelade, 1977; Treisman & Gelade, 1980) la teoría propuso que el procesamiento visual involucra dos etapas funcionalmente diferentes e independientes. En la primer etapa, el procesamiento es preatencional y realizado en paralelo por los distintos módulos del sistema visual. Este sistema visual descompone y codifica el entorno en mapas discretos de características visuales básicas (e.g., color, forma, orientación y movimiento) independientemente de su localización espacial y característica. Esto se logra a través de un conjunto de detectores específicos para cada una de las dimensiones o características perceptuales. El resultado de esta descomposición, es el *mapa de características (feature maps)* que contiene información acerca de las características

visuales básicas presentes en el campo visual. Existe una gran cantidad de evidencia proveniente del campo de la fisiología que apoya la idea de un sistema visual (tanto de humanos como de animales) integrado por un conjunto de módulos funcionales especializados en el procesamiento de distintas dimensiones perceptuales. Este hallazgo resulta compatible con la propuesta acerca del *mapa de características* (ver Braddick, Campbell, & Atkinson, 1978; Graham, 1985; Livingstone & Hubel, 1987; Treisman, 1986; Treisman & Gormican, 1988). Sin embargo, la identificación visual de los objetos no solo requiere la especificación de sus características visuales sino también una representación explícita de la manera particular en la que éstas se combinan en los objetos individuales. Por ello, resulta necesario postular una segunda etapa de procesamiento: la etapa atenta. En esta etapa, se ligan o sintetizan las características en objetos unitarios (*binding*), para lo cual resulta necesaria la implicación de procesos controlados. El mecanismo responsable de efectuar esta combinación o pegamento de características es la atención espacial, que funciona como una “ventana móvil” examinando en serie los objetos que se encuentran en distintas localizaciones espaciales. Para combinar la información relativa a la localización e identificación de un objeto, la ventana atencional se desplaza a través de un *mapa maestro de localizaciones* (*master map of locations*) que especifica dónde se encuentran los elementos en la presentación visual (Treisman, 1988). De este modo, la atención actúa seleccionando del mapa de características aquellas características que corresponden a la localización atendida, excluyendo temporalmente las de otras localizaciones. Sin la atención, las características visuales codificadas en la etapa preatenta no podrían localizarse de manera apropiada en el objeto. En otras palabras, estas características estarían flotando libremente, generando *conjunciones ilusorias* en la percepción visual (Treisman & Gormican, 1988), es decir produciendo errores en la combinación de características perceptuales de los objetos o localizaciones espaciales -como por ejemplo, reportar el color de una letra que corresponde al de otra

presente en la escena visual (ver Treisman, 1998).

El origen, desarrollo y evolución de la TIC ha estado fuertemente influenciada por los hallazgos obtenidos a través de distintos paradigmas de búsqueda visual, entre los que se destaca el patrón de búsqueda *en serie* y *en paralelo*. En este sentido, la teoría ha surgido como un intento de dar respuesta o explicar esta dicotomía, tal como muchos otros modelos cognitivos vinculados a la atención visual. Por este motivo, a continuación se describe brevemente en qué consiste esta dicotomía y cómo se explica a través de la teoría.

### **El paradigma de búsqueda visual. El patrón de búsqueda en serie y en paralelo en el marco de la TIC.**

En una tarea típica de búsqueda visual, los sujetos deben buscar un estímulo objetivo (*target*) previamente definido, entre un número variable de estímulos distractores que lo rodean. El estímulo objetivo comparte una o varias características con los estímulos distractores. Generalmente, el participante debe indicar si el *target* está presente o ausente en cada serie de estímulos. Bajo tales condiciones, se han distinguido dos patrones básicos de ejecución: un *patrón de búsqueda en serie* y un *patrón de búsqueda en paralelo*. El patrón de búsqueda en serie, se caracteriza por la regresión lineal de los tiempos de reacción (TRs) sobre la cantidad de elementos presentados (función de búsqueda) y por una pendiente sustancialmente positiva. Además, como los TRs registran un incremento en función de cada elemento añadido, la búsqueda se describe como secuencial y obligatoria, es decir, que procede chequeando un elemento a la vez y se da por finalizada al detectar el *target*. Por ello, cuando el *target* está ausente se deben examinar todos los elementos y cuando está presente resulta necesario examinar, en promedio, la mitad de los elementos del tamaño de la serie (*set-size*) antes de determinar la presencia del objetivo. En consecuencia, se espera que la pendiente de búsqueda sea el doble en los ensayos donde el *target* está ausente respecto de la condición de búsqueda donde está presente (Wolfe, Cave,

& Franzel, 1989). Por otro lado, el patrón de búsqueda en paralelo, caracteriza a aquellas funciones de búsqueda con pendiente pequeña o nula (Julesz & Bergen, 1983; Treisman, 1986). En estos casos, el incremento del set-size tiene un efecto mínimo sobre los TRs, por lo que el tiempo que lleva completar la búsqueda es independiente del número de distractores presentes en el campo visual. Por ello, se infiere que la interferencia que generan los distractores es prácticamente nula, lo que se conoce en la literatura como fenómeno *pop out*.

La TIC incorpora esta distinción dicotómica (serial/paralelo) en su propuesta acerca de la existencia de dos etapas en el procesamiento visual. Así, mientras la etapa preatentiva -involucrada en la detección de las características visuales básicas de los objetos- se caracteriza por un procesamiento en paralelo sin requerimiento atencional; la etapa atenta -responsable de la combinación de las características básicas en los objetos- requiere un procesamiento en serie y recurso atencional.

### **Las tareas de búsqueda de características y conjunciones: la evidencia empírica de la TIC**

Los resultados obtenidos a través de tareas de búsqueda de características y conjunciones han constituido la principal fuente de evidencia empírica de la TIC (ver Quinlan, 2003). En resumen, uno de los principales corolarios de la TIC (ver Treisman & Gelade, 1980) es que las características visuales básicas se detectan por un patrón de búsqueda en paralelo y que la conjunción de características requiere un patrón de búsqueda en serie. Con el objeto de probar estos supuestos, se diseñaron dos tareas básicas basadas en el paradigma de búsqueda visual: la *tarea de búsqueda de características* y la *tarea de búsqueda de conjunciones*. La principal diferencia entre ambas es que, mientras en las primeras una única característica visual diferencia al target de los distractores, en las segundas, la diferencia se basa en la conjunción de dos características. Por ende, una tarea típica de búsqueda de características

puede consistir en identificar un cuadrado azul -target- entre cuadrados rojos -distractores- y una tarea típica de búsqueda de conjunciones en identificar un cuadrado azul -target- entre cuadrados rojos y círculos azules -distractores-.

Inicialmente, los resultados obtenidos a través de estos dos tipos de tareas, permitieron confirmar la principal propuesta de la TIC en relación a las dos etapas en el procesamiento visual (preatentiva/atentiva). Así, en las tareas de búsqueda de características, se registró un patrón de búsqueda en paralelo que se interpretó como evidencia a favor de la etapa preatentiva, de detección automática y sin intervención de la atención para las características visuales básicas. Por otra parte, como en las tareas de búsqueda de conjunciones se obtuvo un patrón de búsqueda en serie, los resultados se interpretaron como evidencia confirmatoria de la etapa atenta. En este caso, los datos resultaron congruentes con el planteo de una ventana atencional que se desplaza en el set-size de un elemento a la vez, combinando las características básicas en la localización adecuada.

En síntesis, las pendientes de búsqueda planas en tareas de búsqueda de características y las pendientes sustancialmente positivas en tareas de búsqueda de conjunciones se interpretaron como evidencia a favor de la discriminación entre un *mapa de características visuales básicas* -responsable de la detección automática y en paralelo de características individuales y un *mapa maestro de localizaciones* -responsable de la integración de características de un objeto mediante el mecanismo atencional-.

Sin embargo, a mediados de la década del 80 aparece un conjunto de estudios (Nayakama & Silverman, 1986; Steinman, 1987; McLeod, Driver, & Crisp, 1988; Sagi, 1988; Wolfe et al., 1989; Dehaene, 1989) que utilizando la tarea de búsqueda de conjunciones obtuvieron funciones de búsqueda más eficientes que las predichas por la teoría e inversamente, registraron pendientes positivas en tareas de búsqueda de características (Nagy & Sánchez, 1990; Treisman & Gormican, 1988). En síntesis, este fue un duro golpe a la teoría que, a partir de ese momento, debió

responder cómo la integración de características podía concretarse sin una clara intervención del mecanismo atencional y cómo la detección de características visuales simples podía involucrar a este mecanismo. En el intento de dar respuesta a los resultados altamente contradictorios, se desarrolla una versión nueva y modificada de la TIC (Treisman & Sato, 1990) que incluye a la inhibición como uno de sus principales componentes. Entonces, ¿cómo explicar las pendientes aplanadas o tan eficientes en la búsqueda de conjunciones? ¿Puede ser que la conjunción de características no dependa de la atención visoespacial? En la nueva versión de la teoría, la inhibición ocupa un lugar central pues es a través de este mecanismo que la teoría explica el amplio rango de variaciones obtenidas en las distintas pendientes de búsqueda. Por ello, a continuación se discute el rol de la inhibición en la teoría y las diferentes hipótesis propuestas para dar cuenta de la eficiencia encontrada en tareas de búsqueda de conjunciones.

### El rol de la inhibición en la búsqueda de conjunciones

#### La hipótesis de la detección de conjunciones.

Esta hipótesis postula que ciertas conjunciones pueden detectarse de manera directa a través de detectores especializados que operan en estadios tempranos de la percepción. La misma se apoya en evidencia fisiológica y neuropsicológica que muestra que algunas áreas de la corteza visual responden de manera selectiva a más de una característica visual básica. Básicamente, para esta postura la posibilidad de detectar de manera conjunta una combinación de características es lo que explica la eficiencia en la identificación de conjunciones. Para analizar esta posibilidad, Treisman y Sato (1990) compararon el desempeño en la búsqueda de conjunciones conformadas por la combinación de dos características con el desempeño en tareas de búsqueda de características donde el participante debía detectar cada una de las características de las conjunciones por separado (ver experimento 2, Treisman & Sato, 1990).

La evidencia obtenida mostró por un lado, que las conjunciones con fuerte apoyo neurofisiológico respecto de una codificación neural directa (e.g., orientación-tamaño y orientación-color) fueron las más difíciles de detectar (i.e., requirieron mayores TRs) y, por otro lado, que cada una de las características visuales básicas (color, tamaño, movimiento u orientación) que integraban cada una de las conjunciones contribuía de manera independiente y aditiva a la pendiente de búsqueda. Estos hallazgos llevaron a Treisman y Sato (1990) a descartar la idea de la existencia de un detector que codifica de manera directa la combinación de características que integran determinadas conjunciones, y a proponer la hipótesis alternativa de la codificación paralela de características visuales básicas distribuidas en mapas perceptuales separados. Descartada esta hipótesis, se analizan otras dos propuestas explicativas: la *hipótesis de la segregación* y la *hipótesis de la inhibición de características*. Sin embargo, entre estas dos hipótesis también existen importantes diferencias.

#### La hipótesis de la segregación.

La hipótesis de la segregación propone una estrategia de búsqueda que opera separando o segregando un tipo de distractor en base a alguna de sus características visuales. La segregación se logra a través de la intervención de la inhibición, que actúa desde el mapa de características suprimiendo en forma completa la activación de una de las características irrelevantes y salientes en el mapa de localizaciones. Así, todos los distractores que presentan esta característica son fuertemente inhibidos. Sin embargo, aún queda activado el grupo de distractores definidos por la otra característica irrelevante y el target. Esta condición es muy diferente a la que se presentaba con anterioridad al efecto inhibitorio porque ahora la supresión de una de las características irrelevantes permite sobresalir al target del resto de los distractores. Finalmente, la saliencia del target permite que éste se detecte velozmente a través de una estrategia de búsqueda en paralelo. La

predicción más simple derivada de esta hipótesis es que si una de las características visuales permite efectuar la segregación e implementar la búsqueda en paralelo en el conjunto restante de elementos, se debería esperar pendientes de búsqueda planas en todas aquellas conjunciones que involucren a esta característica, independientemente de la otra que integre la conjunción. Sin embargo, la evidencia empírica (ver experimento 2, Treisman & Sato, 1990) no permitió confirmar esta predicción. Brevemente, el método para analizar esta cuestión fue el siguiente: Primero, de un conjunto de características visuales (forma, tamaño, orientación y movimiento) se identificó cuál había sido la más saliente para cada participante, pues se suponía que ésta serviría de base para la segregación en las tareas de búsqueda de conjunciones. La selección de esta característica se obtuvo de la comparación de las pendientes de búsqueda obtenidas en cada una de las cuatro tareas de búsqueda de características (color, tamaño, orientación y movimiento). Así, se consideró que la pendiente más aplanada (más eficiente) podría ser considerada en cada caso, la más saliente y aquella en base a la cual se efectuaría la segregación en la tarea de búsqueda de conjunciones. Por ejemplo, si para un participante la característica saliente resultaba ser el color, de acuerdo a la hipótesis de la segregación podría esperarse que en todas aquellas conjunciones donde esta característica formara parte de la conjunción (e.g., color-tamaño, color-movimiento, color-orientación) se obtuvieran pendientes planas y equivalentes, independientemente de cuál fuera la otra característica (tamaño, orientación o movimiento). Esta predicción, no se verificó, dado que aquellas conjunciones que compartían una característica saliente (e.g., color) presentaron diferentes rangos en sus pendientes de búsqueda en función de la otra característica con la que se combinaba en la conjunción. El principal hallazgo mostró que cada característica visual de la conjunción hace una contribución independiente y aditiva a la pendiente de la función de búsqueda. En base a estos resultados se descarta la hipótesis de la

segregación como principal propuesta explicativa de la amplia variación en las pendientes de la función de búsqueda en conjunciones.

### La hipótesis de la inhibición de características.

Descartadas las hipótesis anteriores ¿cómo explicar entonces la eficiencia en la detección de las distintas conjunciones en el marco de las TIC? Treisman y Sato (1990) incorporan a esta nueva propuesta explicativa la idea ya planteada en la hipótesis de la segregación de que la atención opera a través del mapa de características modulando la actividad correspondiente al mapa maestro de localizaciones. Por otra parte, las estrategias también pueden variar en función de los requerimientos de la tarea. Por ejemplo, en una tarea donde un subgrupo de distractores es sustancialmente inferior al otro, lo más adecuado, tal como plantea la hipótesis de la segregación, sería apuntar a inhibir un subgrupo de ítems a través del mapa de características para luego efectuar la detección del target en el grupo restante. Sin embargo, cuando las proporciones de los distractores son similares o equivalentes una estrategia más eficiente sería inhibir ambos tipos de distractores. En este caso, la inhibición actuaría disminuyendo la prominencia en el mapa maestro de localizaciones de todas aquellas características no compartidas con el target. Así, la identificación del target puede concebirse como el resultado de una competencia donde el único elemento no afectado por el efecto de la supresión es el target. Sin embargo, determinar el rol de la inhibición en las tareas de búsqueda visual no constituye una tarea fácil. Uno de los primeros métodos utilizados para ello, consistió en variar la heterogeneidad de los distractores (McIntyre, Fox, & Neale, 1970; Quinlan & Humphreys, 1987; Treisman & Sato 1990). Por ejemplo, Quinlan y Humphreys (1987), compararon dos tareas de búsqueda de conjunciones triples definidas por la combinación forma-tamaño-color (ver experimento 4), en las cuales el target fue una "H" verde pequeña que podía presentarse entre tres tipos de distractores. En la



primer tarea los distractores fueron “A” verdes medianas, “H” naranjas de medianas y “A” naranjas pequeñas. En la segunda fueron “A” verdes, “H” naranjas pequeñas y “H” verdes medianas. Mientras los distractores de la primer tarea compartían solo una característica con el target (resultando ser más heterogéneos entre sí), los de la segunda compartían dos (siendo más homogéneos). Los resultados de este tipo de análisis mostraron que los TRs fueron significativamente mayores en la segunda condición. Por su parte, Treisman y Sato (1990) reportaron resultados equivalentes.

Ahora bien, ¿cómo explicar estas diferencias? Quinlan y Humphreys (1987) las atribuyen a la heterogeneidad de los distractores. Para ellos, la búsqueda es serial y el principal efecto de la heterogeneidad es la aceleración o disminución de los TRs. No obstante, Treisman y Sato (1990) encuentran que, ante condiciones de heterogeneidad equivalente se registra un mayor costo en la búsqueda cuando el target se define por una mayor cantidad de características visuales. Por ejemplo, el caso de las dobles y triples conjunciones donde el target difiere del distractor en una sola característica.

Para explicar dichos resultados, Treisman y Sato (1990) desarrollan la hipótesis de la inhibición de características que interpreta la mayor latencia en la triple conjunción a partir de la diferencia en el número de mapas de características involucrados. En este sentido, entienden que si la inhibición interviene facilitando la búsqueda, es lógico esperar un mayor costo cuando estén involucrados tres mapas de características separados (triples conjunciones) que cuando están implicados sólo dos (dobles conjunciones). Sin embargo, en esta condición los resultados son contradictorios. Mientras Treisman y Sato (1990) registran mayores TRs en las triples conjunciones, Quinlan y Humphreys (1987) reportan mayores TRs en las dobles conjunciones.

### ¿Es la inhibición o la activación?

Más allá de los resultados contradictorios en la comparación entre dobles y triples conjunciones, el

diseño de estos experimentos no permite discriminar cuál de los dos mecanismos, inhibición o activación, es el responsable de guiar o facilitar la búsqueda en este tipo de tareas. Los datos se ajustan igualmente bien a ambas hipótesis explicativas. La *hipótesis de la activación* (Wolfe et al., 1989) plantea que el mayor costo registrado en las triples conjunciones se debe al incremento del número de características relevantes (presentes en el target) que deben activarse (en el ejemplo forma, color, tamaño) desde cada mapa de características. Cada ítem que presente una de las características relevantes del target, recibe un monto de activación por característica. En consecuencia, el target termina sobresaliendo del resto al concentrar el mayor monto de activación (puesto que reúne de manera simultánea las tres características), lo que facilita el proceso de búsqueda. Por ende, de acuerdo con la hipótesis de la activación, la mayor eficiencia en la búsqueda de dobles conjunciones respecto de las triples se explica porque mientras en las primeras sólo deben activarse dos características relevantes en el mapa de características, las segundas requieren la activación de tres. No obstante, aunque la explicación resulta convincente, los mismos resultados también pueden interpretarse a través de la hipótesis de la inhibición de características. En este caso, la explicación sustituye la activación desde el mapa de características por la inhibición. En lugar de activarse las características visuales relevantes se inhiben las irrelevantes (en el ejemplo, el color naranja, el tamaño mediano y la letra “A”). Por ende, al igual que en la hipótesis de la activación, cada distractor recibirá un monto de inhibición por cada una de las características no relevantes. De este modo, el target se distinguirá del resto de los distractores por no estar sujeto a la acción supresora de la inhibición.

En síntesis, el mayor costo vinculado a las triples conjunciones puede interpretarse en cualquiera de las dos direcciones: a favor de la hipótesis de la activación o a favor de la hipótesis de la inhibición. Por este motivo Treisman y Sato (1990) diseñaron un experimento (ver experimento 4) que permite optar entre ambos enfoques al predecir distintos resultados para cada uno. El diseño

permite comparar la eficiencia en la búsqueda de una doble conjunción (barra verde inclinada a 27°) en dos condiciones diferentes. En la *condición estándar*, los distractores fueron barras verdes inclinadas a 63° y barras grises inclinadas a 27° (dos tipos de distractores). En la *condición heterogeneidad* (cuatro tipos de distractores), se reemplazó la mitad de los distractores de la condición estándar por otros distractores (barras rosas a 27° y barras verdes a 90°) con características menos similares a las del target. En ambos casos, se presentaron ensayos de 4, 8 y 16 distractores (7 bloques de 48 ensayos). El principal aporte del estudio reside en que permite determinar el rol de ambos procesos en la tarea de búsqueda visual. Lo esencial es que, de una condición a otra se incrementa el número de características no relevantes (el número de distractores se incrementa de 2 a 4) pero se mantiene el número de características relevantes (el mismo target). Además, las dos características agregadas en la condición heterogeneidad son más fáciles de discriminar de las características relevantes (color rosa y barra a 90°). De este modo, si la búsqueda estuviera guiada principalmente por la estrategia de activación, el tiempo de búsqueda en la condición heterogeneidad debería ser al menos tan rápido como en la condición estándar, pues: (a) las características que deben ser activadas siguen siendo dos en ambas condiciones y (b) la mayor heterogeneidad de los dos tipos de distractores agregados evita la irradiación de la activación a los mismos. Contrariamente, si la búsqueda estuviera guiada principalmente por la estrategia de inhibición, el tiempo de búsqueda en la condición heterogeneidad debería ser mayor que en la condición estándar, debido a la mayor cantidad de características no relevantes involucradas (cuatro tipos de distractores). Los resultados del estudio mostraron un claro efecto por condición, siendo los TRs significativamente mayores en la condición de heterogeneidad. Esto permite concluir a los autores que, la condición que implica eliminar varios tipos de distractores (condición heterogeneidad), resulta más difícil que la condición que involucra un menor número

de distractores (condición estándar), a pesar de la mayor homogeneidad en esta última condición.

### ¿La hipótesis de la inhibición de rasgos, excluye la idea de la búsqueda serial?

Para Treisman y Sato (1990) la búsqueda visual no depende únicamente de la estrategia de inhibición de características sino de la actuación conjunta de la inhibición y la búsqueda serial (*serial scan*). Como argumentan los autores, si la búsqueda visual dependiera de manera exclusiva del proceso de inhibición: (a) las pendientes de búsqueda obtenidas en las distintas tareas de conjunción no se ajustarían a un modelo lineal, (b) no se hubiera obtenido la doble pendiente de búsqueda (relación 2:1) en los ensayos en los que el target está ausente respecto a aquellos en los que está presente y, finalmente, (c) no se hubiera verificado el efecto de eliminación de las pendientes cuando se anticipa cuál será la localización del target (Treisman, 1988). En definitiva, todos estos hallazgos sugieren la implementación de una estrategia de búsqueda serial en la detección de conjunciones.

### Las estrategias de búsqueda y su relación con la inhibición en la TIC.

El desarrollo y síntesis efectuados hasta el momento, permiten comprender el rol de la inhibición en las tareas de búsqueda visual. La inhibición juega un papel importante en las estrategias implementadas en las tareas de búsqueda de conjunciones. Puede distinguirse entre aquellas que involucran la intervención de la inhibición y las que no la requieren (ver Treisman & Sato, 1990). En respuesta al fuerte cuestionamiento efectuado a la teoría original los autores distinguen los siguientes tres tipos de estrategias:

1. *La búsqueda en paralelo con control inhibitorio y elevada discriminabilidad*. Esta estrategia se aplica en aquellas condiciones en las que las características visuales son fácilmente discriminables, lo que favorece

la implementación de una inhibición completa. En este caso, la inhibición interviene reduciendo totalmente la actividad generada en las localizaciones del mapa maestro, ocupadas por los distractores que presentan una de las características irrelevantes. Esencialmente, la estrategia consiste en: (a) suprimir o remover a través de la inhibición todos los distractores que comparten una de las características perceptuales no relevantes y (b) efectuar una búsqueda paralela en el resto de los elementos donde el target sobresale claramente (fenómeno pop out). De acuerdo a los autores, este tipo de búsqueda hace innecesaria la aplicación del proceso de binding a cada distractor, lo que explica las pendientes de búsqueda planas obtenidas en este tipo de conjunciones (búsqueda altamente eficiente). En este caso, la ventana atencional se abre para captar el conjunto de ítems presentados (*display*), permitiendo una rápida detección del target debido a su clara saliencia -nótese que a pesar de la postulación de un procesamiento en paralelo (no serial), la teoría continua defendiendo la participación de la atención en la identificación de conjunciones. Entre las conjunciones que facilitan la implementación de este tipo de estrategias se destacan las que combinan características visuales como el color o el movimiento con la profundidad estereoscópica. Por ejemplo, buscar un cuadrado azul en un plano posterior (target) entre cuadrados azules ubicados en un plano frontal y cuadrados rojos ubicados en un plano posterior (distractores) (ver Nayakama & Silverman, 1986). En este ejemplo, la facilidad relativa a la discriminación o segregación perceptual entre ambos planos (anterior y posterior) facilita la intervención de la inhibición que actúa suprimiendo totalmente la activación de todos los distractores ubicado en el plano anterior (una de las dos características irrelevantes de la conjunción). Esto, posibilita que la atención se focalice en el plano posterior generándose las condiciones para una búsqueda en paralelo, pues el target (cuadrado azul) sobresale ahora claramente del resto de los distractores (cuadrados rojos) (ver Figura 1).

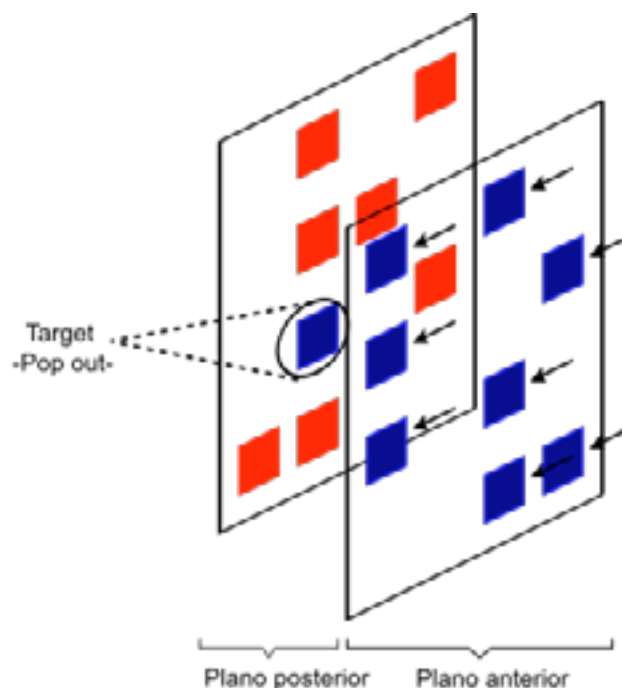


Figura 1. Ilustra la búsqueda en paralelo con facilitación de la inhibición. La inhibición suprime la activación de una característica visual no relevante: el plano anterior.

2. *La búsqueda serial con control inhibitorio y escasa discriminabilidad.* En este tipo de estrategia aunque también interviene el proceso inhibitorio, existen dos diferencias fundamentales respecto a la estrategia anterior: (a) la inhibición se aplica a todas las características irrelevantes y no solo a una y (b) el resultado de la inhibición es parcial (no logra suprimir de manera completa la activación de las características irrelevantes). La estrategia se aplica en tareas de búsqueda donde las características de las conjunciones no son tan fácilmente segregables. Por ejemplo, imaginemos una tarea sin profundidad estereoscópica, es decir, donde todos los estímulos se presentan en un mismo plano. En este caso, el target podría definirse como un cuadrado azul y los distractores como cuadrados rojos

y círculos azules. Aquí, no resultaría tan sencillo aislar e inhibir una característica visual como en el caso anterior. Por ejemplo, la característica *cuadrado* puede no ser tan fácil de discriminar de la característica *círculo* y lo mismo puede presentarse para la discriminación entre la característica *azul* y la característica *rojo*. Por ello, en este caso, la inhibición interviene de otra forma: suprimiendo parcialmente la activación de las características no relevantes (rojo y círculo). Esto último, genera diferencias de activación entre el target y los distractores dando a la atención la posibilidad de desplazarse por el display chequeando de manera serial pequeños grupos de elementos. La diferencia de activación en cada grupo tiene un importante efecto de facilitación en el proceso de búsqueda: si el target está presente en el subgrupo, se identifica rápidamente por concentrar un mayor

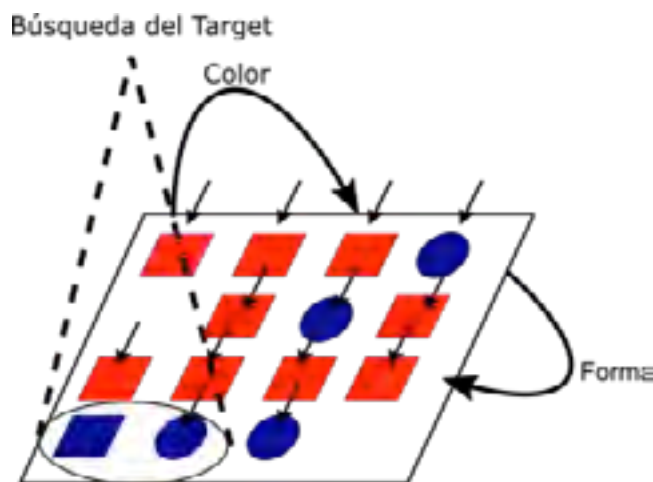


Figura 2. Ilustra la búsqueda serial con facilitación media de la inhibición. La inhibición suprime la activación de características no relevantes en grupos.

nivel de activación pero, si está ausente, la activación conjunta de los distractores no logra alcanzar un monto de activación establecido para la respuesta positiva, lo que facilita la búsqueda al permitir descartar de manera

simultánea todos los distractores del subgrupo (Treisman & Sato, 1990; Treisman, 2006). Por ello, las pendientes de búsqueda resultan menos inclinadas (búsqueda más eficiente) que en la condición anterior (ver Figura 2).

3. *Búsqueda serial sin control inhibitorio y nula discriminabilidad* (Figura 3). Finalmente, existen tareas de búsqueda de conjunciones en las que todos los elementos del display -distractores y target- comparten las mismas características visuales pero en distintas ubicaciones. Por ejemplo, la búsqueda de una letra "T" entre distractores "L".

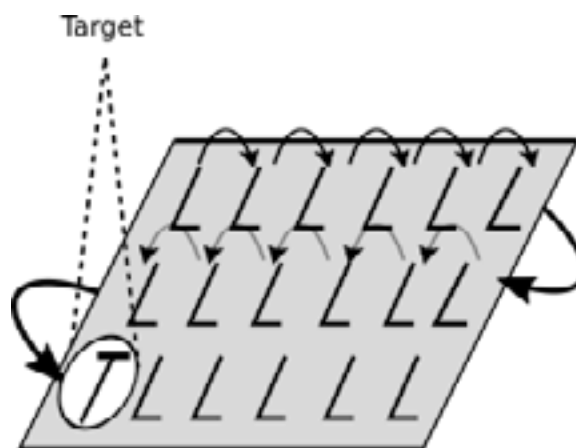


Figura 3. Ilustra la búsqueda serial sin intervención de la inhibición. La búsqueda se realiza de a un elemento por vez.

En este caso, todas las características visuales aisladas o separadas resultan relevantes lo que no deja campo de acción a la inhibición ya que ésta, por definición, actúa sobre características irrelevantes (ver estrategias anteriores). Aquí la acción supresora de la inhibición resulta inviable. En consecuencia, como la inhibición no contribuye a guiar a la atención hacia el objetivo, condiciona a la atención a desplazarse de manera serial, chequeando un elemento a la vez. Esto explica los mayores tiempos de búsqueda obtenidos en este tipo de conjunciones (pendientes positivas sustancialmente ascendentes).

## Conclusiones


En este trabajo se ha intentado precisar el rol que ocupa la inhibición en la versión revisada y modificada de la TIC. La discusión de este tema resulta especialmente relevante debido a la escasez de estudios que lo abordan y a la importancia de esta teoría en el campo de la investigación y evaluación de la atención visual.

La inhibición ocupa un rol protagónico en la teoría pues además de caracterizar ciertas estrategias de búsqueda, también permite dar respuesta a una de las críticas más fuertes de las que ha sido objeto. ¿Cómo explica la TIC las funciones de búsqueda altamente eficientes obtenidas en la identificación de conjunciones? Este hallazgo cuestionó duramente uno de los principales axiomas de la teoría: la participación de la atención en el proceso de integración de las características (*binding*) en objetos unitarios. En respuesta a este cuestionamiento surge la versión modificada de la teoría que, entre sus cambios más relevantes, incorpora a la inhibición al proceso de búsqueda serial. La articulación integrada de estos dos componentes permitió explicar de manera coherente e integrada el patrón de búsqueda en paralelo encontrado en la búsqueda de conjunciones. La nueva propuesta sostiene que, cuanto mayor o más fuerte es la intervención de la inhibición (inhibición completa), las pendientes de búsqueda resultan más aplanadas y semejantes a un patrón de búsqueda en paralelo. Por otra parte (en el extremo opuesto), las pendientes positivas ascendentes indican la ausencia de participación de este mecanismo y un patrón de procesamiento en serie que supone el chequeo de uno en uno de todos los elementos que integran la escena visual. Finalmente, en ambas situaciones hay participación de la atención. La diferencia principal es que mientras en el primer caso, la ventana se abre pudiendo captar todos los elementos simultáneamente, en el segundo se estrecha fuertemente (focalización extrema) pudiendo chequear un solo elemento a la vez. En síntesis, la atención interviene en ambas condiciones, incluso donde hay un patrón de

búsqueda en paralelo, y así responde la teoría a la crítica más fuerte de la que ha sido objeto.

A pesar de las evidencias empíricas, y de los avances teóricos sobre las distintas estrategias en la búsqueda de conjunciones, pueden existir otros factores asociados que la determinen. Por ejemplo, la sobrecarga del sistema perceptivo visual parece ser un factor relevante. De acuerdo a este planteo, si el campo estimular excede el límite de capacidad del sistema perceptivo, resulta necesario seleccionar la información que debe ser procesada. En este sentido, Miller (1991) investigó tal efecto de carga perceptiva comparando la compatibilidad de los distractores situados en los flancos sobre la respuesta al target central situado en un *display-size* de 2, 4 u 8 elementos, y encontró que la compatibilidad de los flancos afectó los TRs sólo en la condición de baja carga perceptiva (*display-size* de 2 elementos). Más tarde, en un trabajo seminal Lavie (1995) introdujo de lleno en el debate entre selección tardía y selección temprana de la atención, la cuestión de la carga perceptiva, sugiriendo que este factor es el principal determinante de la ocurrencia de la selección, y que su consideración puede resolver las discrepancias entre los distintos estudios sobre los mecanismos implicados en la selección atencional. Estos resultados ponen de manifiesto que la carga perceptiva puede jugar un papel importante en la determinación de la eficiencia de la atención selectiva y los procesos asociados a ella, por lo que su estudio constituye una línea fuerte de investigación actual que no deberíamos dejar de mencionar.

Por otra parte, el análisis efectuado en este estudio destaca la importancia de reflexionar sobre el rol que juega la inhibición en las tareas de búsqueda visual, una prueba ampliamente utilizada en la evaluación de la atención en el campo de la neuropsicología clínica. ¿Cómo explicar el desempeño en una tarea de búsqueda visual? ¿Qué procesos cognitivos estamos evaluando en una tarea de este tipo? ¿Interviene la inhibición? Y si es así, ¿en qué contexto y bajo qué condiciones? Queda claro que no todas las tareas de búsqueda visual implican la

inhibición. Por ello, resulta imprescindible conocer en qué situaciones o condiciones experimentales interviene para poder evaluar su funcionamiento de manera adecuada. La exploración de este proceso resulta imprescindible en cualquier proceso de evaluación neuropsicológica o cognitiva dado que, como lo indican numerosos estudios, la inhibición participa en un amplio espectro de funciones cognitivas complejas tales como la comprensión lectora (Borella, Carretti, & Pelegrina, 2010), el aprendizaje de la matemática (Robinson & Dubé, 2013), la regulación emocional (Schmeichel & Tang, 2014) y las habilidades sociales y conductuales (Rigg, Blair, & Greenberg, 2004; Rigg, Jahromi, Razza, Dillworth-Bart, & Mueller, 2006), entre otros (Diamond, 2013). Asimismo, en la actualidad, se están diseñando programas de intervención específicos –comúnmente denominados *programas de intervención basados en procesos* (Jolles & Crone, 2012)- que apuntan a fortalecer distintos procesos ejecutivos, entre ellos la inhibición (e.g. Thorell, Lindqvist, Bergman, Bohlin, & Klinberg, 2009; Volckaert & Noël, 2015). Por ello, conocer algunas de las propuestas teóricas que permiten contribuir a la comprensión del rol de este proceso en distintas condiciones o tareas de evaluación supone un importante avance teórico con claras implicancias prácticas y aplicadas, motivo por el cual solo queda seguir trabajando en este sentido. 

Received: 22/03/2017  
Accepted: 20/08/2017

## REFERENCIAS

- Borella, E., Carretti, B., & Pelegrina, S. (2010). The specific role of inhibition in reading comprehension in good and poor comprehenders. *Journal of Learning disabilities*, 43(6), 541-552. doi: 10.1177/0022219410371676
- Braddick, O., Campbell, F. W., & Atkinson, J. (1978). Channels in vision: Basic aspects. In R. Held, H. W. Leibowitz, & H. L. Teuber (Eds.), *Handbook of sensory physiology* (Vol. 8, pp. 3-38). New York: Springer Publishing.
- Dehaene, S. (1989). Discriminability and dimensionality effects in visual search for featural conjunctions: A functional pop-out. *Perception & Psychophysics*, 46, 72-80. doi:10.3758/BF03208076
- Graham, N. (1985). Detection and identification of near-threshold visual patterns. *Journal of the Optical Society of America*, 2, 1468-1482. doi: 10.1364/JOSAA.2.001468
- Jolles, D. D., & Crone, E. A. (2012). Training the developing brain: A neurocognitive perspective. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(76), 1-12. doi: 10.3389/fnhum.2012.00076
- Julesz, B., & Bergen, J. R. (1983). Textons, the fundamental elements in preattentive vision and perceptions of textures. *Bell Systems Technology*, 62, 1619-1646. doi: 10.1002/j.1538-7305.1983.tb03502.x
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for Selective Attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 21, 451- 468. doi: 10.1037/0096-1523.21.3.451
- Livingstone, M. S., & Hubel, D. H. (1987). Psychological evidence for separate channels for the perception of form, color, movement and depth. *Journal of Neuroscience*, 7, 3416-3468. doi: 10.11392.6167&rep=rep1&type=pdf
- McLeod, P., Driver, J., & Crisp, J. (1988). Visual search for a conjunction of movement and form is parallel. *Nature*, 332, 154-155. doi:10.1038/332154a0
- McIntyre, C., Fox, R., & Neale, J. (1970). Effects of noise similarity and redundancy on the information processed from brief visual displays. *Perception & Psychophysics*, 7, 328-332. doi:10.3758/BF03208657
- Miller, J. (1991). The flanker compatibility effect as a function of visual angle, attentional focus, visual transients, and perceptual load: A search for boundary conditions. *Perception & Psychophysics*, 49, 270-288. doi: 10.3758%2FBF03214311?LI
- Nagy, A. L., & Sanchez, R. R. (1990). Critical color differences determined with a visual search task. *Journal of the Optical Society of America*, 7(7), 1209-1217. doi: 10.1364/JOSAA.7.001209
- Nakayama, K. & Silverman, G. H. (1986, March 20-26). Serial and parallel processing of visual feature conjunctions. *Nature*, 320, 264-265. Extraído de <http://visionlab.harvard.edu/Members/Ken/Papers/043Nature86.pdf>
- Quinlan, P. T., & Humphreys, G. W. (1987). Visual search for targets defined by combinations of color, shape, and size: An examination of the task constraints on feature and conjunction searches. *Perception & Psychophysics*, 41, 455-472. doi:10.3758/BF03203039
- Quinlan, P.T. (2003) Visual Feature Integration Theory: Past, Present and Future. *Psychological Bulletin*, 129 (5). 643-673. doi:10.1037/0033-2909.129.5.643
- Riggs, N. R., Blair, C. B., & Greenberg, M. T. (2004). Concurrent and 2-year longitudinal relations between executive function and the behavior of 1st and 2nd grade children. *Child Neuropsychology*, 9(4), 267-276. doi:10.1076/chin.9.4.267.23513

- Riggs, N. R., Jahromi, L. B., Razza, R. P., Dillworth-Bart, J. E., & Mueller, U. (2006). Executive function and the promotion of social-emotional competence. *Journal of Applied Developmental Psychology, 27*(4), 300-309. doi:10.1016/j.appdev.2006.04.002
- Robinson, K. M., & Dubé, A. K. (2013). Children's additive concepts: promoting understanding and the role of inhibition. *Learning and individual differences, 23*, 101-107. doi: 10.1016/j.lindif.2012.07.016
- Sagi, D. (1988). The combination of spatial frequency and orientation is effortlessly perceived. *Attention, Perception, & Psychophysics, 43*(6), 601-603. doi:10.3758/BF03207749
- Schmeichel, B. J., & Tang, D. (2014). The relationship between individual differences in executive functioning and emotion regulation: A comprehensive review. J. P. Forgas & E. Harmon-Jones (Eds.), *the control within: Motivation and its regulation*. (pp.133-151). New York: Psychology Press
- Steinman, S. B. (1987). Serial and parallel search in pattern vision? *Perception, 16*, 389-398. doi: 10.1068/p160389
- Thorell, L. B., Lindqvist, S., Bergman, S., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science, 12*(1), 106-113 doi: 10.1111/j.1467-7687.2008.00745.x
- Treisman, A. (1986). Properties, parts and objects. In K. Boff, L. Kaufman, & J. Thomas (Eds.), *Handbook of Perception and Human Performance: Vol. 2* (pp. 1-70). New York: Wiley
- Treisman, A. (1988). Features and objects: The 14th Bartlett memorial lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 40A*, 201-237. doi: 10.1080/02724988843000104
- Treisman, A. (2006). How the deployment of attention determines what we see. *Visual Cognition, 13*(4-8): 411-443. doi:10.1080/13506280500195250
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology, 12*, 97-136. doi: 10.1016/0010-0285(80)90005-5
- Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review, 95*, 15-48. doi:10.1037/0033-295X.95.1.15
- Treisman, A. & Sato S. (1990) Conjunction search revisited. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16*, 459-478. doi:10.1037/0096-1523.16.3.459
- Treisman, A., Sykes, M., & Gelade, G. (1977) Selective attention and stimulus integration. In S. Dornic (Ed.), *Attention and performance VI*. (pp 333-361). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
- Volckaert, A. M. S., & Noël, M. P. (2015). Training executive function in preschoolers reduce externalizing behaviors. *Trends in Neuroscience and Education, 4*(1), 37-47. doi:10.1016/j.tine.2015.02.001
- Wolfe, J. M., Cave, K. R., & Franzel, S. L. (1989). Guided search: An alternative to the modified feature integration model for visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 15*, 419-433. doi: 10.1037/0096-1523.15.3.419
- Woods, A. J., Göksun, T., Chatterjee, A., Zelonis, S., Mehta, A., & Smith, S. E. (2013). The development of organized visual search. *Acta psychologica, 143*(2), 191-199.