UNIVERSIDAD DE VALENCIA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA

TESIS DOCTORAL

Estudio de la respuesta motriz y su modulación atencional por los efectos de Inhibición de Retorno y Simon.

PRESENTADA EN EL DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA DE LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

Por

Florentino Huertas Olmedo

Directores:

Dr. D. Juan Manuel Castellote Olivito
Universidad de Valencia
y
Dr. D. Juan Lupiáñez Castillo
Universidad de Granada

Mayo de 2005
Valencia

Departamento de Educación Física y Deportiva
Universidad de Valencia

ESTUDIO DE LA RESPUESTA MOTRIZ Y SU MODULACIÓN ATENCIONAL POR LOS EFECTOS DE INHIBICIÓN DE RETORNO Y SIMON.

Tesis Doctoral presentada por **Florentino Huertas Olmedo** en el *Departamento de Educación Física y Deportiva*, para aspirar al grado de Doctor, en el programa de doctorado de *Educación Física y Deportiva*, de la Universidad de Valencia.

La tesis ha sido realizada bajo la dirección de los doctores **D. Juan Manuel Castellote Olivito y D. Juan Lupiáñez Castillo**, informando de que reúne el suficiente material original e inédito para ser considerada como Tesis Doctoral, avalando la calidad de la misma, así como la formación del doctorando para aspirar al grado de doctor.

Firmado en Valencia, a 15 de Mayo de 2005.

El doctorando:

D. Florentino Huertas Olmedo

Los directores de la tesis:

Dr. D Juan M. Castellote Olivito

Dr. D. Juan Lupiáñez Castillo

"El primer grado de locura
consiste en creerse uno sabio;
el segundo, en proclamarlo;
el tercero, en desdeñar el consejo".

Benjamín Franklin (1706 - 1790)

PARA ANA PILAR Y MI FAMILIA,
POR HABERME PRESTADO UN TIEMPO SIN ELLOS
Y PODER LLEVAR A CABO ESTE GRAN PROYECTO
QUE HA SIDO DE TODOS.

Y PARA CARLOS PABLOS,
JUAN MANUEL CASTELLOTE
Y JUAN LUPIÁÑEZ,
POR LA CONFIANZA DEPOSITADA EN MÍ,
Y QUE ME HA SERVIDO DE ESTÍMULO PARA,
AL MENOS, INTENTAR NO DEFRAUDAROS.

AGRADECIMIENTOS

Y como dijo Aristóteles...

"El sacrificio de sí mismo es la condición de la virtud"

... como bien sabe todo aquel que ha pasado por el largo y tortuoso camino que supone la preparación de una tesis doctoral, sí que es un sacrificio que no sólo vive el doctorando, sino también su familia, pareja, amigos, y por qué no, los vecinos que soportaron los ruidos de las sillas, los libros que se caían, la música a altas horas,...

Pero este sacrificio, además de mejorar las virtudes intelectuales, creo que sobre todo también me ha permitido tratar con personas que, sobre todo, han sido PERSONAS por encima de todo lo demás. No las quería olvidar en estos momentos:

Gracias Carlos, por ayudarme a decidir que este sería un buen camino para mí, y convencerme de que, con trabajo, paciencia, y cómo no, una pizca de suerte, llegaría donde mereciera, ni más lejos no más cerca. Y gracias por seguir estando siempre ahí.

A Juan Castellote, por darme esa posibilidad de "aprender cobrando" y hacerme sentir afortunado y orgulloso de ser "becario". Gracias por enseñarme que la ciencia es rigurosidad, esfuerzo, perseverancia,... y darnos unas veces esa palmadita, y otras ese cachete que cualquier padre sabe que son necesarios para el aprendizaje. Mil gracias.

A Juan Lupiáñez, por dejar que un humilde licenciado del INEF se metiese en una "guerra" que no era la suya. Gracias por transmitir tu alegría y gusto por el trabajo a todos los que te rodeamos. Gracias por dejar de lado cientos de tus cosas cuando algún miembro de tu "legión de becarios" necesitó de la ayuda que sólo tú podías dar. Y sobre todo gracias por ser tan "buena gente".

A mis inseparables "becarios precarios". Mary, pues sin ti nunca hubiera sido becario, y Jose Vicente, por hacerme sentir joven y querer ser tan feliz como tu de mayor. Gracias por compartir los malos y los buenos ratos, y sobre todo por seguir siendo hoy mis AMIGOS por encima de todo.

A ese "pedazo" de grupo de becarios y profesores del Departamento de Psicología Experimental de la Universidad de Granada: María Jesús, Ana Chica, Joaquín, Ángel, Conchi, Patricia, Lalo, María, Antonio, Alicia, y como no, Eduardo Madrid y Pío Tudela, que saben tan bien lo que es un GRUPO de trabajo, y ante todo de amigos. Gracias por recordarme que siempre que pueda vaya a Granada.

A Gary Hill, por hacerme ver que hay gente buena en todos sitios, incluso en el lejano Gales. Gracias por hacer que el "espaninglish" fuera comprensible para los compañeros del Centre for Cognitive Neuroscience de Bangor.

A los profesores y P.A.S. del Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Valencia, por ser primero profesores y luego, ahora y siempre compañeros y amigos.

A la Universidad Católica de Valencia, y a todos mis compañeros de la Licenciatura en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, por vuestro ánimo, apoyo y como no, esa pizca de presión para que por fin me "animase" a acabar esta tesis.

Perdonen que no recuerde la fecha exacta de aquel día en que, mientras veía en la televisión un partido de fútbol, me asombraba de la cantidad de estímulos visuales existentes en un contexto donde, y como decía mi madre, *"un montón de tontos corrían tras una pelota. ¡Que les den una a cada uno!"*. Y no sé si fue por la necesidad de justificar ante ella la cantidad de horas que me pasaba delante del televisor viendo todas las retransmisiones deportivas, que comencé a plantearme que debía hacer algo para explicar que la práctica deportiva era algo mucho más complejo que lo que ella pensaba.

Desde mis inicios como practicante habitual y actualmente como profesor universitario y preparador físico en este deporte, me he cuestionado la exagerada importancia que se daba a la preparación física, sin considerar los aspectos perceptivos y de toma de decisión que condicionaban esas carreras, saltos, giros, etc. ¿Qué sentido tiene ser el jugador más rápido del terreno de juego si realizo mis carreras a destiempo? Fueras de juego, faltas sobre el adversario, malos cálculos sobre el lugar donde me llegará el balón,...

Cada vez he tenido más claro, y lo he puesto en práctica con los diversos equipos con los que he estado trabajando, que de nada sirve una preparación física separada de los componentes claves que caracterizan a este tipo de deportes de invasión: la percepción de la información relevante disponible en el entorno y la toma de decisiones más adecuada en cada momento. Si, estamos hablando de contextos caracterizados por tareas abiertas, donde la interacción dinámica de elementos (compañeros, adversarios, balón, reglamento,...) hace que las acciones técnicas aprendidas y reproducidas de forma mecánica y aislada mediante el entrenamiento, no sirvan para solucionar, por sí solas, los problemas motores que se plantean, de forma irrepetible, en cada situación de juego.

Así pues, considero que es clave en el contexto de la investigación en el área de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, que profundicemos en la mejora del conocimiento de los procesos iniciales que condicionan la toma de decisiones y el rendimiento en la actividad física y deportiva.

Existe una gran cantidad de procesos que influyen en la toma de decisiones ante un determinado problema motor. Por ejemplo, ante el lanzamiento de un penalti en fútbol, para anticipar la dirección a la cual irá el balón, el portero tendrá en cuenta la experiencia previa del mejor lanzador, su habilidad y dominancia lateral (diestro o zurdo), la posición de la pierna de apoyo, la colocación de sus caderas y hombros, la dirección de su mirada,...

Además, no sólo en el contexto deportivo, sino que en nuestra vida cotidiana podemos encontrar numerosos ejemplos de situaciones de este tipo (busca de personas entre la multitud, conducción de un vehículo, evitar obstáculos cuando caminamos, etc.) que revelan que gran parte de nuestra conducta se guía visualmente, y que la información visual es tratada mediante multitud de procesos inconscientes con el fin de optimizar la extracción de aquella que es relevante para nuestros propósitos. Estaríamos hablando aquí de los procesos de búsqueda visual, donde la atención, y en nuestro caso la atención visual, es clave para extraer información del entorno en el que nos desenvolvemos.

La actividad física, y más aún, la deportiva, sobre todo en los deportes de invasión, de cancha dividida y de combate se caracterizan por la diversidad de factores que influyen en el rendimiento de la respuesta motriz: factores neuromusculares, motivacionales, afectivos, contextuales, medioambientales,... Por ello la investigación en un contexto ecológico se torna altamente compleja dada la cantidad de variables que interactúan.

La investigación que a continuación se presenta, partiendo de un contexto controlado de laboratorio, pretende aportar nuevos conocimientos acerca de cómo actúan distintos mecanismos atencionales en el procesamiento de la información visual que regulará la posterior toma de decisiones y el rendimiento en diferentes acciones manuales. Los estudios que a continuación se presentarán han conducido a la obtención de hallazgos altamente relevantes respecto a la naturaleza y manifestación fisiológica de los distintos mecanismos atencionales analizados. Sin embargo, antes será conveniente conocer el marco conceptual y estado actual de la investigación en el ámbito de los procesos de percepción-acción vinculados a los mecanismos atencionales sobre los que se centrará la presente investigación (Efectos de *Inhibición de Retorno* y *Simon*).

I
Marco Teórico

1. PERCEPCIÓN PARA LA ACCIÓN

"El ser humano es una plataforma móvil con instrumentos manipulativos que funcionan bajo las órdenes de un pequeño procesador central".

(Williams, Davids y Williams, 1999, pp. 60)

1.1. INTRODUCCIÓN.

Desde la escuela se nos ha insistido en que *"el ser humano obtiene información del medio que le rodea mediante los 5 sentidos: la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto"* y la propia experiencia, mejor que nadie nos ha enseñado que, de todos ellos, la visión es la que nos aporta mayor cantidad de información, tanto cuantitativa como cualitativa, sobre dónde y cómo estamos ubicados respecto al entorno y los elementos que lo conforman. Basta con cerrar los ojos y comprobarlo ¿Se atreven a discutir esta afirmación? En este punto reside su vital importancia sobre el proceso de aprendizaje y desarrollo psicomotor del ser humano.

Continuando con esta sesión de "experimentación sensorial", ahora podemos incluir el movimiento para entender que, y por supuesto salvo en personas con déficit visuales severos, la gran mayoría de conductas motrices en el ser humano, ya sean conscientes, voluntarias, inconscientes o automatizadas, están altamente condicionadas por la información visual recogida del entorno. A estas conductas se las suele denominar "conductas guiadas o dirigidas visualmente". Por favor, cierre los ojos e intente salir de la habitación donde se encuentre, o coja un objeto o escriba unas palabras en un papel ¿ Lo ha realizado con la eficiencia que le suele caracterizar?

A veces se suele reducir la importancia del sentido de la vista a la función de obtención de información de la propia situación del sujeto respecto a los objetos o

personas ubicadas en el entorno o viceversa (exterocepción). Sin embargo, no menos importante es la función que desempeña la visión para permitirnos conocer la posición de los propios segmentos corporales respecto a sí mismo (propiocepción) y el mantenimiento del equilibrio. ¿Quiere seguir experimentando sensaciones...?

Dejando al margen la experimentación de situaciones prácticas que son el "*alma mater*" de la didáctica en nuestro área de conocimiento, y que nunca hemos de perder de vista, - nunca mejor dicho-, ya que lo que guía nuestra investigación es el interés de la percepción para la acción, trataremos a continuación de fundamentar conceptualmente la importancia funcional de este sentido perceptivo.

En muchas actividades (coger objetos, evitar un obstáculo, conducir,...) la estimación de formas, distancias y tiempos, funciones dependientes de la percepción visual, son claves para una preparación y ejecución adecuada del movimiento. Dichas habilidades perceptivas son aún más relevantes en aquellas actividades agonísticas que requieren de una gran precisión en la percepción de objetos en el espacio y en el tiempo, condicionando la toma de decisiones y la ejecución de la acción motora que conduzca eficazmente a la resolución de esa tarea motriz. En este contexto se han realizado diversas investigaciones en contextos como deportes de combate, de invasión, de implemento y de cancha dividida (Abernethy, Gill, Parks y Packer, 2001; Antúnez, 2003; Kayo y Fukuda, 2002; Li y Lima, 2002; Savelsbergh, Williams, Van der Kamp y Ward, 2002 o revisiones de Chappuis, 1967 y Pinnaud, 1994, citados por Antón, 2002 o Williams, Davids y Willliams, 1999).

Desde un punto de vista evolutivo, es evidente que el proceso perceptivo visual no viene optimizado absolutamente desde el nacimiento (no es completamente innato), sino que se va desarrollando con la experiencia perceptiva vivida. Como bien señala Brooks (1986), *"Aprendemos conforme hacemos y hacemos conforme hemos aprendido"*, lo que en el contexto en el que se enmarca la presente investigación, podríamos adaptar, aunque con matices a "aprendemos conforme vemos y actuamos en función de lo que observamos". Por este mismo motivo consideramos que el estudio de los aspectos perceptivos visuales que modulan la respuesta motriz es clave para la comprensión del proceso de aprendizaje y desarrollo psicomotor.

Los modelos explicativos del procesamiento de la información para la acción (Marteniuk, 1976; Oña, 1994; Singer, 1986 o Welford, 1968) coinciden al distinguir al menos cuatro fases principales en este proceso: la percepción visual de la información contextual, su análisis o procesamiento (cognición), la toma de decisiones y, finalmente, la ejecución del movimiento. Tradicionalmente, el enfoque de la investigación científica desde las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte se ha preocupado más por el estudio de la fase final de este proceso: la ejecución final (análisis cinético y cinemático de la actividad, descripción y propuesta de patrones normales y alterados de la conducta motriz, etc.,...), sin preocuparse demasiado por el estudio de los elementos perceptivos previos que la desencadenaban o la guiaban. Sin embargo, y sobre todo en los últimos 30 años, a raíz del desarrollo y consolidación de las teorías psicológicas constructivistas, existe una mayor preocupación desde nuestro área de conocimiento por el estudio de los procesos de percepción y toma de decisiones que modulan la acción (Devore y Devore, 1981; Gregg, 1987; Kerr, 1982; MacLeod, 1991; Revien y Gabor, 1981 o trabajos más recientes en el ámbito nacional como los de Antúnez, 2003; Calvo, Ureña y Casado, 1999 o Moreno, García, Ávila, Aniz y Reina, 2000).

Si recurrimos al símil planteado por Williams et al., (1999, pp. 60), que considera la persona ejecutora de una acción como *"una plataforma móvil (tronco) con instrumentos manipulativos (brazos y piernas) que funcionan bajo las órdenes de un pequeño procesador (el cerebro y el sistema nervioso central)"*, y conocemos que aproximadamente el 30% de este "procesador" se dedica al tratamiento de la información visual (Hubel, 1988), se ha de considerar como altamente relevante para las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte el conocimiento de la relevancia de los procesamientos de la información visual que son moduladores de la acción motriz.

El enfoque de la presente investigación parte de la premisa de considerar que las dos fases finales del proceso visión-acción descritas anteriormente (toma de decisiones y ejecución), junto con el proceso de análisis de la información procedente del medio, están claramente condicionados por una primera fase: la de percepción o recogida de la información visual. Esta fase del proceso apenas ha sido foco del interés de la investigación científica desde nuestro área de conocimiento en décadas pasadas, aunque se encuentra en auge en la actualidad. Sin embargo, y como muestran diversos estudios

(Conde, 1996; Radlo, Janelle, Barba y Frehlich, 2001; Schmidt, 1988; Scully y Newell, 1985 o Williams, Davids, Burwitz y Williams, 1994), a mayor cantidad y calidad de información contextual que pueda recoger el individuo de su entorno, tras realizar su filtro y análisis, más posibilidades tendrá de plantear una toma de decisiones adecuada a las necesidades de cada situación específica. Así, la eficacia de las habilidades perceptivas propias del sistema visual está condicionada por multitud de variables que podríamos englobar en dos categorías:

- La fisiología y propiedades físicas del sistema visual (a veces conocidas como "hardware visual"), fundamentalmente innatas (número y distribución de fotorreceptores, forma de retina, velocidad de transmisión nerviosa,...)

- Las estructuras cognitivas (incluidas en el denominado "software visual") que condicionan las diferencias procesuales en el análisis, selección, codificación, acceso, y manejo general de la información visual disponible, determinada tanto por factores innatos como aprendidos mediante la experiencia del sujeto (atención, motivación, distracción, aprendizaje,...).

La capacidad de formulación de respuestas adecuadas a las condiciones demandadas por el entorno se origina en una serie de procesos que tienen lugar en el interior del organismo y principalmente, en el cerebro. La adecuación de la conducta a cada situación está modulada por procesos perceptivos, cognitivos y de organización motora. Como ocurre en multitud de procesos biológicos, el cerebro debe procesar los estímulos del ambiente, comparar el resultado de ese procesamiento con el conocimiento anterior y organizar una salida o respuesta motora a esos estímulos. Por eso, cuando queremos analizar con detenimiento la ejecución de cualquier gesto deportivo, comprobamos la enorme cantidad de variables que resulta imprescindible controlar y coordinar para lograr el movimiento eficaz, preciso y adaptado a los fines planteados inicialmente.

Por tanto, y para concluir este apartado introductorio, podemos afirmar, en consonancia con lo indicado por Sanegre (2004), que el control del movimiento humano es el resultado de la conjunción de la actividad de diversos sistemas que tienen en

cuenta elementos neurofisiológicos, mecánicos, gravitacionales, y otros, que son llevados a cabo por el ser humano utilizando reflejos y estrategias voluntarias adquiridas a lo largo de su desarrollo.

Dada la naturaleza compleja del objeto de estudio (percepción-acción), la revisión de la literatura abordará el problema desde un enfoque multidisciplinar, tratando de aportar información referida al tema desde distintas áreas de conocimiento: anatomía, neurofisiología, psicología o biomecánica, entre otras. Este enfoque de tipo holístico, sin duda contribuirá a comprender la multitud de variables y procesos que regulan este tipo de acciones motrices, y por extensión de muchas otras donde la percepción visual sea clave para el resultado final.

La presente investigación tratará de profundizar en el conocimiento del proceso percepción- acción. Pretendemos contribuir a mejorar la comprensión de cómo la aparición de determinados estímulos visuales no relevantes para la acción modula la percepción de los estímulos relevantes, así como su manifestación sobre la respuesta motriz. Más concretamente, profundizaremos en el conocimiento de la manifestación de dos mecanismos atencionales que participan en la selección de información visual previa al desencadenamiento de la acción: los efectos *Simon* e *Inhibición de Retorno*.

La mejora del conocimiento del *"modus operandi"* del complejo proceso visión-acción que posibilitará la presente investigación experimental servirá de punto de inicio para desarrollar estudios futuros cuyo objetivo sea el planteamiento de estudios aplicados. En este sentido podrían plantearse propuestas de intervención basadas en la detección de talentos, desarrollo de sistemas de aprendizaje visual más eficaces, entrenamiento o reentrenamiento de habilidades perceptivo-motrices, mejora de la atención y concentración visual, reeducación de discapacitados visuales, etc.

En el siguiente apartado se revisarán las dimensiones conceptual y metodológica que fundamentarán las preguntas que originan la investigación que aquí se plantea, mostrando una introducción general acerca de cómo se desarrolla el proceso perceptivo visual, para posteriormente centrarnos en la relevancia de los mecanismos atencionales que serán objeto de los estudios experimentales que se presentarán posteriormente.

1.2. EL COMPORTAMIENTO MOTOR.

Antes de profundizar en el conocimiento de los aspectos perceptivos, cognitivos y atencionales que modulan la acción, o como definen algunos autores, el "comportamiento motor", hemos de aclarar algunos conceptos importantes respecto a este último término: ¿Qué es el comportamiento?

Hull (1943) definió funcionalmente el concepto de comportamiento como *"el producto de la interacción entre un organismo y el medio donde se encuentra"*, y diferenció tres elementos básicos para que se pudiese llevar a cabo:

- La presencia de un ORGANISMO AUTÓNOMO capaz de responder a estímulos,...
- ...la ubicación del organismo en un MEDIO configurado por un conjunto de estímulos, los cuales serán transducidos y procesados por el organismo, y...
- ... la existencia de interacciones entre organismo y medio (conducta o respuesta).

El modo en que se da esta interacción entre el entorno (en nuestro ámbito, el espacio deportivo) y el organismo (hablemos del deportista) determina una estructura del comportamiento donde, según Tolman (citado en Oña, Martínez, Moreno y Ruiz, 1999), el conjunto de estímulos representa el medio, siendo el organismo un sistema capaz de procesar esta información mediante distintas estructuras, siendo capaz de emitir una respuesta, que en nuestro ámbito sería de tipo motor. Esta respuesta se convierte en una nueva fuente de información que permite al organismo una mejor adaptación, facilitando los procesos de aprendizaje (en nuestro caso, de tipo psicomotor). Este modelo, que en realidad es mucho más complejo, puede verse simplificado en la Figura 1.1.

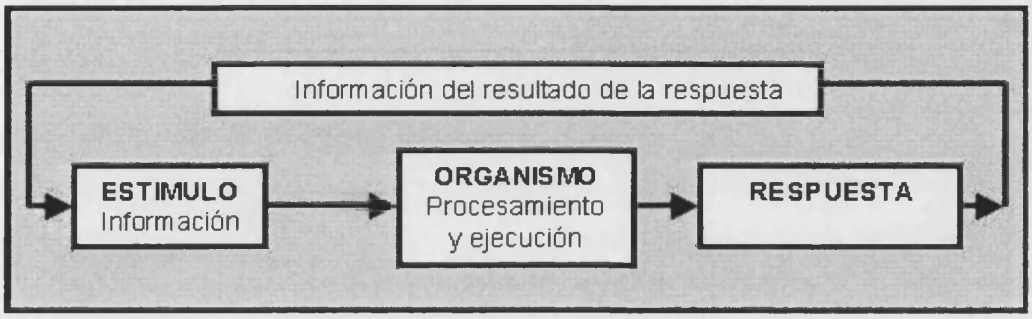

Figura 1.1. Esquema del modelo de comportamiento.

Como se ha observado, el comportamiento puede manifestarse de diversas de formas, o más correctamente "dimensiones de respuesta", siendo las más comunes las siguientes: la verbal, la psicofisiológica y, la que más nos preocupa desde nuestro ámbito de investigación, la motora.

El comportamiento o respuesta motriz, comprendería desde las acciones más sencillas y propias de actividades de la vida cotidiana como caminar, asir objetos, evitar obstáculos, etc., hasta las más complejas como las que se producen en muchas acciones deportivas (pases y recepciones realizados en movimiento de pasador y receptor, giros y piruetas, conducción a altas velocidades, etc.).

Sin embargo, las distintas fases en las que se desarrolla el comportamiento motor, desde la recepción de la información hasta la ejecución final de la acción, suelen ser comunes, diferenciándose en la complejidad de los procesos intermedios existentes (cantidad de estímulos existentes; procesos de selección y categorización de dicha información, su reconocimiento, la búsqueda en memoria de experiencias previas, experiencia motriz, habilidad,...

1.3. MODELOS DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Cómo hemos indicado anteriormente, desde la presente perspectiva de estudio se torna clave el estudio de los condicionantes visuales que modulan la respuesta motriz. Por tanto, nos preocuparemos fundamentalmente del estudio de las fases iniciales del comportamiento motor, muchas veces denominado proceso perceptivo- motor dada la importancia que se presta en la definición del concepto al proceso de transducción de la información (percepción) y la necesidad de una respuesta.

Desde las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, en las últimas décadas, pero mucho antes desde la Psicología, se ha tratado de dar una explicación que permitiese comprender cómo se desarrolla y qué estructuras intervienen en este continuo que lleva de la percepción a la acción. A lo largo de la historia del conocimiento en esta materia se han planteado diferentes modelos explicativos. Entre todos estos se considera como clásico y fundamental para el desarrollo de otros posteriores, el modelo de procesamiento de la información de Marteniuk (1976), modificado y completado posteriormente por Singer (1986).

El modelo de procesamiento de la información (Marteniuk, 1976; Singer, 1986) concibe a la persona que se mueve como un sistema que procesa información y que actúa a partir de ésta. El proceso se inicia con la estimulación de los órganos sensoriales y el consiguiente procesamiento de la información recibida, finalizando la ejecución de una respuesta motora.

Este proceso, aparentemente tan sencillo, es bastante más complicado, pues el término procesamiento, en el ámbito motor implica distintas fases: la codificación de la información recibida, la transducción de esa información, la combinación de una información con otra para preparar una serie de órdenes que diga al sistema neuromuscular que acción realizar, la forma de control de la acción, la forma de almacenamiento en la memoria para futuros usos, y finalmente la orden de ejecución motora final. El ciclo, además se completaría con un circuito de *feedback* o retroalimentación que permitiría el ajuste y el control del movimiento a través del conocimiento y del movimiento, del resultado del mismo y de su incidencia en el

entorno (Marteniuk, 1976; Singer, 1986). Este proceso puede representarse gráficamente como muestra la Figura 1.2.

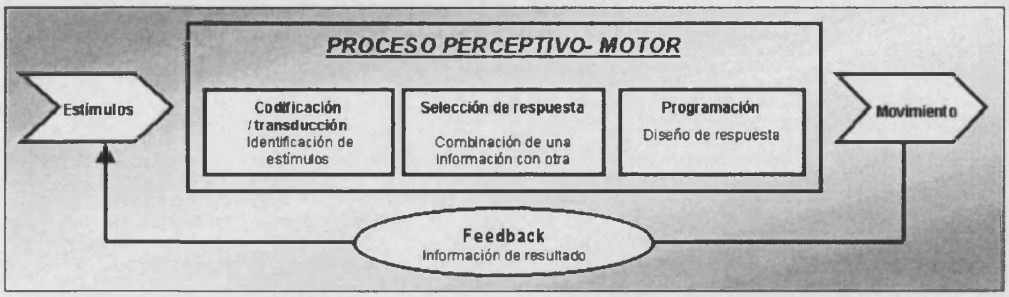

Figura 1.2. Modelo del procesamiento de la información (modificado de Singer, 1986).

Como se ha indicado previamente, el avance del conocimiento científico en el ámbito de la neurofisiología, y más concretamente de los procesos psico-fisiológicos que rigen el funcionamiento del cerebro, ha posibilitado el desarrollo de modelos de procesamiento de la información cada vez más complejos.

Uno de los modelos explicativos de la estructura y funcionamiento del comportamiento motor que vienen siendo más aceptados en el contexto de las ciencias del movimiento es el conocido como "Modelo de servosistema" (Oña, Serra, Martín, Padial y Gutiérrez, 1990). Este modelo, basado en modelos de ingeniería, permite completar la explicación de los procesos motores planteada anteriormente, incluyendo los distintos niveles del procesamiento de la información.

Si desde nuestro enfoque de investigación pretendemos analizar la repercusión de un elemento perceptivo-atencional sobre la conducta motriz, el modelo de servosistema se adapta mejor a nuestros objetivos, ya que trata de integrar a todos los componentes que intervienen en el comportamiento motor (véase Figura 1.3).

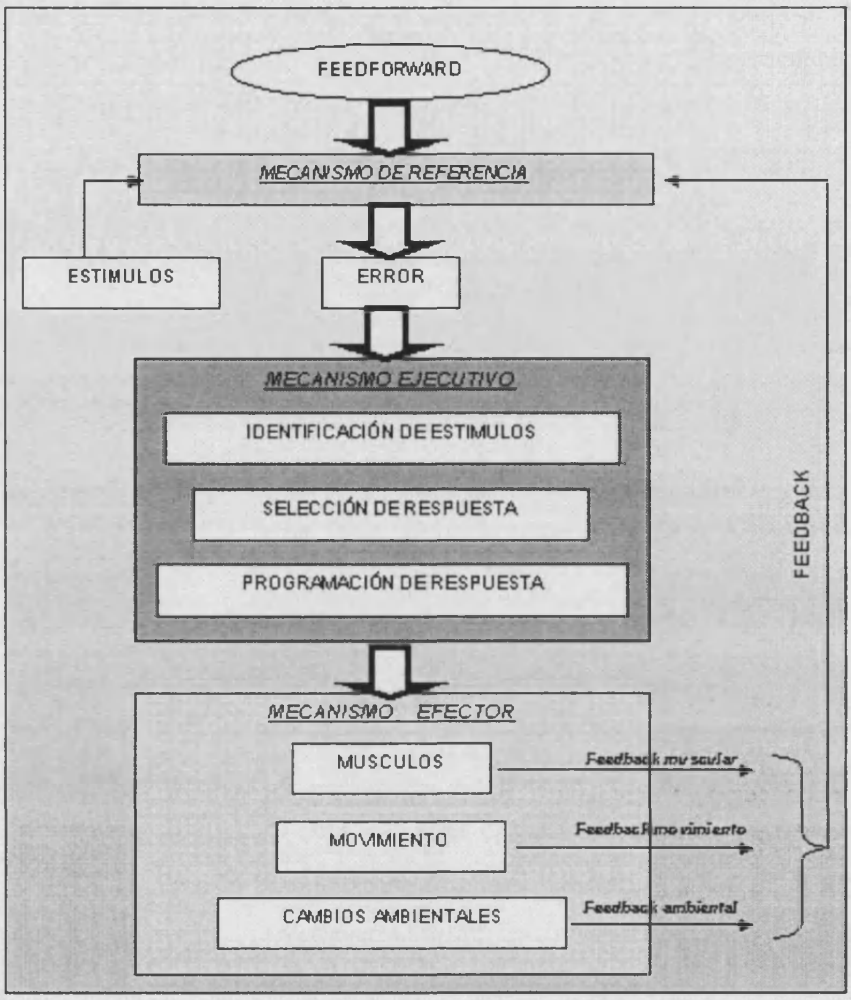

Figura 1.3. Modelo de servosistema integrado con el procesamiento de la información. Adaptado de Oña et al. (1990).

Como puede observarse, el modelo de servosistema integra desde los componentes anatómicos que participan en la respuesta motora (músculos, sistema nervioso, receptores sensoriales) hasta los componentes comportamentales (unidades de información, niveles de procesamiento) partiendo del concepto de incertidumbre o complejidad informativa (Goodman y Kelso, 1980). La forma en que se produce la integración de todos los componentes se denomina control del sistema, y se autorregula según las variaciones momentáneas del medio donde se encuentra.

El modelo de servosistema tiene dos variantes, denominadas de bucle abierto o bucle cerrado. A continuación los describiremos brevemente para poder comprender las diferentes fases en las que lleva a cabo y los mecanismos que se hallan implicados en cada modalidad.

Cuando realizamos algunas acciones (por ejemplo, agarrar un vaso para beber) nuestro cerebro va modificando la acción a medida que se desarrolla la ejecución. Este hecho se produce gracias a una retroalimentación de la información sensorial desde los propioceptores musculares y los exteroceptores visuales, auditivos y táctiles (Adam, 1971). De este modo, el sistema perceptivo- motor actúa como un servo mecanismo en el que, a partir de la información previa, un mecanismo de referencia *("feedforward")* establece cómo debe ser la ejecución ideal. El sistema motor activaría las diferentes estructuras motoras, siguiendo este patrón. Si en cualquier momento el patrón ejecutado difiere del almacenado, el cerebro corrige la respuesta mediante el envío de señales correctoras hacia la musculatura efectora.

El concepto *"feedforward"* está muy relacionado con lo que tradicionalmente, en nuestro área de conocimiento se ha denominado "programa motor", y que fue definido por Keele (1968) como *"una huella mnémica abstracta que es activada antes de que se inicie un movimiento"*. Estos programas motores son almacenados a nivel del sistema nervioso central para ser empleados como guía del sistema motor cerebral para optimizar el acceso a la reproducción de dicho patrón de movimiento (Rothwell, Traub, Day, Obeso, Thomas, et al., 1982).

En el modelo de servosistema de bucle cerrado, la información adopta un papel clave en los procesos de aprendizaje motor, ya que por una parte la información previa de la situación junto con el objetivo que se persigue es lo que va a permitir al mecanismo de referencia o comparador establecer los ideales de ejecución. Por otra, la información del resultado de la acción va a permitir determinar el grado de acierto o error de la ejecución, así como la nueva situación que se plantea después de ésta. Esta nueva información se convertirá en la información previa de otra acción, cerrándose así el sistema.

Este es el proceso que se lleva a cabo en el modelo de servosistema de circuito cerrado, representado en la figura anterior, y los mecanismos perceptivos, atencionales y de selección e respuesta se incluyen en las primeras etapas del procesamiento de la información. Este proceso es el que suele desarrollarse en aquellas acciones continuas y en los ambientes donde, aún empleándose movimientos discretos, se realizan de forma continuada como puede ser cualquier deporte de equipo (Schmidt, 1988).

La otra aplicación del modelo de servosistema hace referencia a los bucles abiertos. Esta segunda vertiente permite explicar el comportamiento motor en acciones rápidas, también denominados como movimientos balísticos. Estas acciones son programadas antes del inicio, ya que dada su alta velocidad de ejecución, no existe tiempo suficiente para que se lleven a cabo los procesos de retroalimentación sensorial indicados en los modelos de bucle cerrado (Guyton, 1971, citado en Rigal, Paoletti y Portmann, 1987). Algunas acciones deportivas donde se daría este tipo de control motor serían los lanzamientos en atletismo (jabalina, disco, peso, martillo), en deportes de invasión (balonmano, fútbol, baloncesto,...) o de implemento (béisbol, hockey, tenis,...).

Este tipo de control motor sería el que predominaría en las acciones manuales dirigidas a objetivo como las que se presentarán en nuestros protocolos experimentales, y por ello se describirán brevemente a continuación algunas de sus características fundamentales.

Los movimientos balísticos, y entre ellos los movimientos manuales dirigidos a meta, se caracterizan por seguir un modelo de coordinación muscular denominado trifásico, o lo que es lo mismo, que se lleva a cabo mediante la sucesión de tres activaciones musculares (Cooke y Brown, 1990; Hallett, Shahani y Young, 1975). La secuencia comienza con la activación inicial del músculo agonista que proporciona el impulso para comenzar el movimiento; le sigue la activación del músculo antagonista cuya función es la de frenar y controlar la velocidad de movimiento en función de la distancia a la que se encuentra el objetivo. Finalmente se vuelve activar el agonista, aunque de una manera menos intensa, con el objetivo de corregir o ajustar las oscilaciones que se dan al final del movimiento.

Las características de la activación muscular que define la naturaleza de este tipo de acciones se pueden estudiar con claridad mediante el uso de electromiografía (EMG), una técnica de registro electrofisiológico que permite estudiar la actividad eléctrica superficial a nivel muscular. Esta técnica permite estudiar variables como el tiempo de activación y la intensidad de la contracción muscular, que en las acciones manuales balísticas dirigidas a meta están determinadas por la velocidad y amplitud del movimiento realizado (Agostino, Hallett y Heal, 1992; Berardelli, Hallett, Rothwell, Agostino, Manfredi et al., 1996; Cooke y Brown, 1994), aunque como muestran los trabajos de Kazutoshi y Tatsuyuki (1998), dichas variables electrofisiológicas también pueden estar moduladas por una inhibición brusca del movimiento, ya sea voluntaria o refleja debida a cambios inesperados en la información contextual.

Desde el punto de vista neurológico, la literatura científica suele coincidir al afirmar que los patrones para el control de estos movimientos musculares rápidos coordinados son establecidos en el propio sistema motor, implicando probablemente circuitos complejos en la corteza motora primaria, en la corteza premotora, en los ganglios basales y en el cerebelo (Berardelli et al., 1996; Ghez y Krakauer, 2001).

Para concluir la explicación relativa a los procesos implicados en el modelo de servosistema, cabe resaltar que los conceptos de bucle cerrado o abierto dependen más de los criterios que definen la tarea que de la propia conducta, puesto que si en un movimiento de bucle abierto (por ejemplo una salida en una carrera de velocidad), utilizamos la información de la ejecución para corregir la siguiente, el bucle se convertirá en cerrado.

Estos modelos de procesamiento motor resaltan la importancia de las fases iniciales del proceso, las de obtención de información, visual en nuestro contexto de investigación, en las que participan los mecanismos sensoriales de recepción, la búsqueda y selección de información relevante (vinculados a procesos atencionales).

Antes de centrarnos en ellos, realizaremos una breve revisión de los procesos visuales claves para el comportamiento motor.

1.4. VISIÓN PARA EL CONTROL DE LA EJECUCIÓN MOTRIZ.

1.4.1 Procesos perceptivos y percepción visual.

La investigación en el ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte es relativamente joven, y hasta hace pocos años, se ha centrado fundamentalmente en el estudio de la ejecución motriz sin apenas preocuparse por el estudio de las fases previas de percepción de estímulos y programación-elaboración de la respuesta motora.

Como se ha descrito previamente, desde nuestro planteamiento de investigación se considera fundamental la relevancia del estudio de aquellas etapas de extracción y procesamiento de la información visual, previas a la ejecución, para entender ciertos elementos que pueden resultar críticos para el rendimiento motor y deportivo. Así, autores como Magill (1989) o Williams y Grant (1999), llegan a afirmar que la visión administra la mayor cantidad de información acerca del movimiento de los objetos, oponentes, compañeros y en definitiva todas las características espacio- temporales del entorno, sobre todo en las tareas abiertas.

En este sentido, y como justifica Martín Acero (1995), si en ciertas actividades deportivas (deportes de invasión), aproximadamente un 89% de los errores en la ejecución se atribuyen a factores vinculados con la selección y elaboración de la información (percepción, atención, concentración, toma de decisión, entre otros), el análisis de estos componentes del proceso perceptivo-motor se considera clave para entender dicho proceso y optimizar su rendimiento.

1.4.2 Percepción visual para la acción.

La visión, por sí misma, no sirve para nada. Como señala Allport (1987, pp. 395) *"los sistemas perceptivos han evolucionado en todas las especies animales como un medio de dirección y control de la acción"*.

Desde la perspectiva planteada en la presente tesis doctoral, centrada en el estudio de la percepción visual como condicionante de la conducta motriz del individuo, podríamos concebir el proceso perceptivo visual como aquel que posibilita la extracción y análisis inicial de información contextual (externa o propia) mediante el sentido de la vista para seleccionar, planificar, dirigir y controlar la acción.

Esta definición es coherente con la definición de persona en movimiento planteada por Williams et al., (1999, pp 60), concibiéndola como "*una plataforma móvil (tronco) con instrumentos manipulativos (brazos y piernas) que funcionan bajo las órdenes de un pequeño procesador (el cerebro y el sistema nervioso central)*". Sirviéndonos de este símil podríamos "ensamblar" la percepción visual como uno de los procesos iniciales que desencadenarían las acciones de ese procesador central en tareas donde la visión sea la fuente clave para la conducta.

Sobre la base de esta idea hemos de resaltar la importancia del conocimiento de las estructuras neurales y cognitivas participantes en el proceso perceptivo motor. Esta relevancia fue constatada por los trabajos de Hubel (1988) al demostrar que aproximadamente el 30% de ese "procesador central", el cerebro, se dedica prioritariamente al procesamiento de información visual.

Como se ha podido experimentar mediante las experiencias planteadas en la introducción, muchas de las acciones voluntarias o involuntarias, conscientes e inconscientes que realizamos diariamente en nuestro quehacer cotidiano están dirigidas por la visión. Esta importancia de la percepción visual para la adecuada programación y ejecución de la acción es aún mucho más evidente en el contexto de la práctica deportiva, sobre todo en aquellos deportes donde predominan las tareas abiertas, de incertidumbre espacio-temporal, de constante interacción entre elementos del juego en un contexto de presión temporal (deportes de lucha, de cancha dividida, de bateo y de invasión) (Bakker, Whiting y Van der Brugg, 1992; Hernández, 1994). En estas disciplinas, el rendimiento de la acción depende muy directamente del nivel de desarrollo de ciertas habilidades visuales en la percepción espacio temporal de personas u objetos (véanse ejemplos de múltiples deportes en revisión de Williams et al., 1999).

La importancia de la visión como elemento fundamental que condiciona o guía multitud de comportamientos, tanto en las tareas cotidianas como en la actividad deportiva, ha llevado a los investigadores a profundizar en la complejidad del comportamiento visual humano (Land y McLeod, 2000; Patla y Vickers, 1997; Vickers, 1996a) así como las estructuras neuronales encargadas del control visual.

Puesto que parece evidente que la mayor parte de la información que recibe el ejecutante sobre del entorno circundante es a través de la vía visual (Goodale, 2001 y Goodale y Humphrey, 1998), se torna imprescindible realizar al menos una revisión de aquellas habilidades perceptivas visuales relevantes para la organización de la acción. Algunas de estas variables están condicionadas por variables innatas, siendo prácticamente inalterables por la experiencia, mientras que otras evolucionan y se adaptan en base a la experiencia y los procesos de aprendizaje. Ambos tipos de variables determinan las diferentes habilidades visuales necesarias para posibilitar una correcta percepción de los objetos o sus características, y con ellas, la siguiente programación de la acción.

A continuación se definirán brevemente aquellas habilidades perceptivas visuales que resultan claves para entender la relevancia de los procesos iniciales de captura y tratamiento básico de información visual que preceden a la respuesta motriz.

- *Agudeza visual:* Se pueden definir dos tipos de agudeza visual: la *agudeza visual estática*, referida a la capacidad de diferenciar detalles y cualidades de objetos estáticos en la distancia; y *agudeza visual dinámica*, definida como la capacidad de distinguir las características de los objetos cuando éstos, el observador o ambos se encuentran en movimiento. La agudeza es una habilidad visual importante para la percepción del movimiento y la profundidad, abundando los trabajos que han estudiado su relevancia sobre el rendimiento en diferentes tareas (Abernethy, 1999; Arteaga y Delgado, 2002; Millslagle, 2000; Portal y Romano, 1998; Regan, 1997).

- *Sensibilidad al contraste:* Es la capacidad de diferenciación de cualidades de los objetos determinadas por los cambios de brillo o tonalidad del color, y está muy relacionada con la diferenciación del fondo y la figura. Esta capacidad visual es de gran relevancia en aquellas situaciones donde el individuo ha de extraer información acerca de un objeto que se halla en movimiento. En el ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte son dignos de resaltar los estudios sobre esta habilidad llevados a cabo por autores como Hoffman, Polan y Powell (1984), Long y Zavod (2002), Middlebrooke, Stephenson y Unnithan (1999) o Schneider, Harvey, Kluka y Love (1992).

- *Percepción del color:* Es la capacidad de diferenciar de forma rápida y precisa los diferentes colores del espectro. Algunos trabajos recientes acerca del estudio de la relevancia de dicha habilidad sobre diferentes facetas vinculadas al ámbito de la actividad motriz han sido los llevados a cabo por Abernethy y Neal (1999), Araki y Huddleston (2002) o Rowe y Evans (1994).

- *Motricidad ocular:* Se refiere a la habilidad para "asociar" de forma precisa el movimiento de ambos ojos con el objetivo de focalizar un objeto, así como posibilitar el mantenimiento de esa unidad funcional cuando el objeto, el observador o ambos se encuentran en movimiento. Esta habilidad está relacionada con capacidades psicomotrices como la orientación espacial y el equilibrio, y otras visuales como la percepción de profundidad (Imai, Moore, Raphan y Cohen, 2001; Land, Furneaux y Gilchrist, 2002; Land y McLeod, 2000 o Savelsbergh et al., 2002).

- *Acomodación o convergencia-divergencia:* Se refiere a la capacidad de focalizar y refocalizar la atención visual sobre un objeto cuando aquel, el observador o ambos se hallan en movimiento, sin que exista un deterioro en la calidad de la imagen que se percibe. Incluye conceptos como los de *"eye tracking"* o seguimiento ocular y *"eye focusing"* o focalización- enfoque. Esta función es de vital importancia en el seguimiento y la búsqueda visual de objetos cuando existe un movimiento de

aproximación o separación entre el observador y el objeto (Ishigaki, Edagawa y Miyao, 1995; Kato y Fukuda, 2002; Land y McLeod, 2000 o Teixeira, 1998).

- *Binocularidad:* Es la habilidad para fusionar de forma rápida y precisa las imágenes procedentes de cada ojo, en una sola, manteniendo la unidad funcional en todas las áreas de la mirada. Esta función también está relacionada con el seguimiento de objetos así como la estimación de distancias y direcciones de movimiento (Lenoir, Musch y La Grange 1999; Molia, Rubin y Kohn 1998; Norcia, 1996).

- *Percepción de profundidad (estereopsis):* Indica la capacidad del sujeto para calcular distancias y velocidades de los objetos en función de su posición tridimensional en el campo visual. Esta habilidad está muy relacionada con las de movimiento ocular y la binocularidad, y ha sido una de las más estudiadas en el ámbito de los deportes de pelota e implemento (Bulthoff, Bulthoff y Sinha, 1998; Lenoir, et al., 1999; Li y Lima, 2002 o Philbeck, 2000).

- *Tiempo de reacción a estímulos visuales:* Equivale al tiempo que se emplearía para responder a un estímulo visual, y que estaría muy influido por el resto de habilidades descritas anteriormente, además del procesamiento de esta información a nivel subcortical y cortical, estando por ello relacionado con los procesos de aprendizaje y automatización de movimientos (Ando, Kida y Oda, 2001; Janelle, 2002 o Regan, 1997). El tiempo de reacción es una buena herramienta para investigar las características temporales del procesamiento de la información sensorial y motora en humanos. Se acepta que el tiempo de reacción es el tiempo total que se requiere para procesar la información en tres estados: la identificación del estímulo (sensorial o perceptivo), la selección de la respuesta (construcción de la decisión o cognición) y programación de la respuesta (motriz), tal y como propuso Schmidt (1982). Por ello, el tiempo de reacción ha sido una de las variables dependientes más estudiadas en el ámbito de los procesos psicológicos condicionantes de la acción, y será medida en diferentes estadios de la respuesta motriz a lo largo de nuestro diseño experimental.

- *Visión periférica:* Se refiere a la capacidad del sistema visual, basada en la conformación anatómica de la retina, de percibir información procedente de zonas periféricas del campo visual mientras la focalización se concentra en una región concreta de éste, sin que se produzca un movimiento cefálico u ocular. Como muestran multitud de trabajos, se trata de una capacidad de gran relevancia en ciertas modalidades deportivas, sobre todo en deportes colectivos y de combate (Ando et al., 2001; Bennett y Davids, 1999; Coquoz, 1998; O'Connor y Crowe, 2002). Los procesos de captura atencional que serán estudiados en nuestros protocolos experimentales se basarán en la proyección de estímulos visuales en regiones periféricas del campo visual, con lo que se torna en clave el conocimiento de su funcionamiento. Este tema será tratado con mayor amplitud más adelante.

- *Atención visual:* Nuestro sistema visual está preparado para reaccionar ante cualquier estímulo que aparezca en nuestro campo visual, aunque no sea relevante para la realización de la tarea que se pretende. Para evitar la interferencia de estos elementos en la ejecución motriz y mejorar la eficacia de ésta, la atención[1] o concentración visual representa la capacidad del sujeto para "controlar" el sistema visual y optimizar los recursos mediante la discriminación entre los objetos distractores y los relevantes para el control de la conducta motriz. Algunos ejemplos de estudios recientes preocupados por el papel de la atención visual en el contexto de la actividad físico-deportiva son los desarrollados por Czigler, Balazs y Lenart (1998); Huys y Beek (2002); Lum, Enns y Pratt (2002); Radlo et al. (2001) o Wilson y Maruff (1999).

Una habilidad psicomotora que está muy relacionada con las capacidades visuales anteriores, y que resulta clave para la programación y ejecución de actos motores es la *Coordinación óculo- motriz.* Esta capacidad psicomotriz es una de las que representan el mayor grado de coordinación y participación sinérgica del sistema perceptivo visual y el motor (Jeannerod, Arbib, Rizzolatti y Sakata, 1995).

[1] Aunque se profundizará más tarde en la definición de la atención, introducimos brevemente este concepto dada su relación con las habilidades visuales que se mencionan en este apartado.

En muchas acciones el sentido de la vista inicia y conduce las operaciones del sistema motor. Esta habilidad sobre todo es útil en aquellas actividades que requieren la manipulación de implementos o la interceptación de objetos (véanse revisiones de Carey, 2000; Portal y Romano, 1998; Regan, 1997 o Regan y Gray, 2001) y estará claramente implicada en las tareas empleadas en nuestros protocolos experimentales.

1.4.3 Control visomotor en las acciones manuales dirigidas a objetivo.

Antes de realizar un movimiento dirigido a meta, el sistema nervioso necesita información que le permita conocer la posición inicial de las partes del cuerpo que van a participar de algún modo en la acción. Igualmente, este sistema necesitará conocer información acerca de la posición del objeto diana, así como cualquier otro con el que se pueda interaccionar. Esta información inicial, una vez estructurada, va a posibilitar la toma de decisiones sobre el modo más adecuado de solventar el problema motor que se plantea.

Los movimientos que dirigen el brazo hacia un blanco, como los de alcance *("reaching")* o agarre *("grasping")* que se estudiarán en nuestros experimentos, requieren la integración dentro de un mismo marco de referencia de la información motora de carácter propioceptivo aportada por el brazo-mano y la propio y exteroceptiva aportada por la visión, definiéndose esta habilidad como coordinación óculo-manual o visomotora (Bueno, Jarvis, Batista y Andersen, 2002; Georgopoulos, 1991; Lacquaniti y Caminiti, 1998).

Para llevar a cabo este tipo de acciones se requiere que la persona localice el objetivo a alcanzar, así como la posición del brazo propio en el espacio, además de la conversión de esta información espacial en órdenes motoras correctas. En estas funciones, los sistemas sensoriales visual (retina) y propioceptivo (músculos, articulaciones y receptores sensoriales de la piel), aportan la información principal que posibilita la localización espacial (Gordon, Ghilardi y Ghez, 1994; McIntyre, Stratta y Lacquaniti, 1997; Soechting y Flanders, 1989).

Además, la ejecución de estos movimientos necesita de la coordinación de la orientación de los ojos, la cabeza y el brazo hacia el blanco u objetivo (Lacquaniti, 1997).

Parecen existir evidencias a favor de que en las primeras fases del proceso se crea una representación vectorial del movimiento de la mano hacia el objeto (Caminiti y Johnson, 1992; Georgopoulos, 1995). Este vector se emplearía para determinar el conjunto de órdenes motoras que posibilitarán el movimiento del brazo a lo largo de la trayectoria deseada.

En este marco de referencia, el cerebro tiene que calcular la desviación o vector, entre el espacio visual y la dirección a seguir, en cada una de las posiciones que mantendrá el brazo (Bullock, Grossberg y Guenther, 1993; Burnod, Grandguillaume, Otto, Ferraina, Johnson et al., 1992; Mel, 1991). Según estas afirmaciones se podría sugerir que en estas tareas balísticas, tradicionalmente denominadas de bucle abierto, también existirían "micro bucles cerrados" que incluirían estos procesos de retroalimentación y corrección *"on-line"* o inmediatos de la trayectoria de movimiento de la mano-brazo.

Cuando se realiza un movimiento del brazo dirigido hacia un objeto, éste suele estar acompañado de un movimiento de la mano ya sea de prensión, cuando cogemos el objeto, o de contacto para tocar, desplazar, interceptar o desviar la trayectoria del objeto (Jeannerod et al., 1995; Johansson y Cole, 1992). La distinta dificultad que entraña la fase final de cada tipo de acción, donde la interacción entre la mano y el objeto diana es distinta (agarre, con la intervención de la acción de garra *vs.* alcance, sin acción digital tan compleja como la anterior) modula los tiempos de ejecución final en cada tipo de tarea.

Así, en la acción de alcance, la ejecución y el control motor dependen fundamentalmente de la situación espacial del objeto en relación al cuerpo, brazo y mano, es decir propiedades extrínsecas del objeto. Sin embargo, durante la prensión o agarre, la acción está muy condicionada por las propiedades intrínsecas del objeto que se pretende asir: la forma, tamaño y peso del objeto (Jeannerod et al., 1995).

Aún así, esto no significa que el movimiento de alcance no se vea condicionado por la forma del objeto, o el de prensión por la ubicación del objeto en el espacio, sino que la relevancia de ambos factores en cada tipo de acción es diferente. En este sentido, trabajos como los de Paulignan, Jeannerod, MacKenzie y Marteniuk (1991a, 1991b) describieron cómo en la acción de alcance, un cambio rápido de posición del objeto provocaba una reapertura de la mano una vez la mano se dirige hacia la nueva ubicación del objeto. De igual manera, si se modificaba el tamaño del objeto, además de modificar la forma de asimiento también se alargaba el tiempo de trayectoria en su fase final, sobre todo cuando el objeto variaba de pequeño a grande. Por otra parte, los trabajos de Mamassian (1997) o Soechting y Flandes (1993) observaron que aunque el objeto no variase de tamaño, simplemente su cambio de orientación en el espacio provocaba la reorientación de la mano con el objetivo de realizar un asimiento correcto.

En nuestros protocolos experimentales trataremos de profundizar en el conocimiento de la manifestación EMG y cinemática de estos procesos de control motor en función de tipo de tarea.

Dada la complejidad que subyace al conocimiento profundo de la percepción para la acción, se torna imprescindible para su estudio el planteamiento de un enfoque multidisciplinar, basado sobre todo en la psicología y la neurofisiología. En la actualidad, el estudio de los procesos motores contempla la necesidad de una colaboración entre ambas ciencias, planteando un enfoque de investigación denominado por algunos autores como de "síntesis" (Oña et al., 1999), y que fundamentalmente se caracteriza por una fusión entre los paradigmas de investigación de tipo comportamental de la psicología cognitiva y la metodología experimental de la neurofisiología.

Centrándonos en el área de las Ciencias de la Actividad Física y el deporte, multitud de trabajos han aportado evidencia científica suficiente para resaltar la importancia de la visión en el control de la coordinación espacio-temporal del movimiento (Bardy y Warren, 1997; Regan y Gray, 2001 o Starkes, Helsen y Elliott, 2002).

Desde nuestra perspectiva de investigación pretendemos aportar nuevas evidencias que contribuyan a explicar algunos elementos que intervienen en el funcionamiento y estructura del proceso de toma de decisiones en el deporte, considerando que éste es el inicio de un camino que conduciría a mejorar los procesos de formación e iniciación deportiva, así como optimizar el rendimiento de los deportistas expertos.

Sin embargo, los aspectos perceptivos visuales que intervienen como condicionantes de la conducta motriz son tantos y tan diversos, que su tratamiento conjunto nos haría perdernos en un *"mare mágnum"* de interacciones y confusiones entre variables y conceptos que no realizarían ninguna aportación aclaradora, sino todo lo contrario, de cómo la visión modula la acción.

Desde el presente enfoque de investigación nos preocupa uno de los procesos iniciales que intervienen en la captura y selección de información visual relevante para la acción: LA ATENCIÓN.

En el siguiente subapartado del marco teórico se justificará la importancia de los procesos atencionales y su participación en la programación y ejecución motriz, profundizando finalmente en el conocimiento de dos mecanismos de selección de respuesta que pueden resultar interesantes para explicar el rendimiento en situaciones de reacción inmediata ante estímulos visuales, como pueden ser el lanzamiento de penalti, el sorteo de obstáculos, la intercepción de objetos, etc.

2. ATENCIÓN Y RESPUESTA DE REACCIÓN.

"Los ojos no sirven de nada a un cerebro ciego".

(Proverbio árabe)

2.1. INTRODUCCIÓN.

Como se ha indicado en el apartado anterior, la capacidad de formular respuestas adecuadas a cada contexto, así como el hecho de que la conducta sea modificable en función de las condiciones del entorno, se debe a una serie de procesos que tienen lugar en el interior del organismo y principalmente, en el cerebro.

La adaptación de la conducta a cada situación está dirigida por procesos perceptivos, cognitivos y de organización motora. En este complejo sistema biológico que es el ser humano, el cerebro debe procesar los estímulos del entorno, comparar los resultados de dicho procesamiento con la experiencia previa y organizar una salida o respuesta motora adecuada a las demandas contextuales.

Cuando tratamos de analizar de forma completa cualquier gesto deportivo, intentando tener en cuenta todos los elementos y procesos que intervienen, resulta casi inevitable perderse entre la multitud de variables que es preciso controlar y coordinar para lograr la ejecución eficaz y adecuada a los objetivos planteados.

Resumiendo, hemos de reconocer que el control del movimiento humano es el resultado de la conjunción de la actividad de diversos sistemas que tienen en cuenta elementos neurofisiológicos, mecánicos, gravitacionales, y otros que son llevados a cabo por la persona utilizando reflejos y estrategias voluntarias adquiridas a lo largo de su desarrollo.

Cualquiera de nosotros puede comprobar cómo, por ejemplo, los factores motivacionales influyen en el rendimiento en una determinada acción ¿o ponemos el mismo ímpetu al realizar una tarea que nos divierte que en otra que nos parece tediosa? La experiencia previa y el grado de aprendizaje también condicionan la eficiencia de las tareas que realizamos ¿o nos cuesta el mismo trabajo realizar una acción de bote de balón cuando lo aprendemos que cuando lo tenemos automatizado?

Podríamos poner multitud de ejemplos de variables que participan de un modo relevante en la planificación y ejecución de acciones motrices: la dominancia lateral, la fatiga previa, la concentración, la finalidad, cualidades físicas, habilidades visuales,... Lo que encontraríamos como cualidad común en la mayoría de ellas sería su relación con procesos perceptivos y cognitivos que se vinculan con los procesos de aprendizaje y desarrollo motor.

Y es que, en el ámbito del estudio de la motricidad, no podemos olvidar que los procesos de aprendizaje y de acción están inevitablemente interrelacionados. El ser humano, y sobre todo su "procesador central", el cerebro, va adaptándose mediante la experiencia, con el objetivo de optimizar sus recursos, tratando de solventar los problemas (motrices y cognitivos) que se le van planteando, con el menor coste posible.

En este contexto de búsqueda de la "optimización de los recursos" de este sistema tan complejo que es el ser humano, los procesos atencionales jugarán un papel fundamental, pues intervendrán en las primeras fases del proceso perceptivo- motor, la captación y selección de la información visual que posibilitará la programación y ejecución de la acción.

En un ámbito como el deportivo, la realización de cada acción, como por ejemplo, en un deporte de invasión como el balonmano, realizar un pase al compañero mejor situado para lograr gol, requiere el procesamiento de gran cantidad de información sensorial, no sólo visual (observación de la posición del compañero mejor situado, la proximidad de los adversarios, la velocidad relativa entre ellos, la tensión a la

que he de dar el pase para evitar intercepciones, la proximidad a áreas de juego prohibidas-área o líneas laterales o de fondo, ...), sino también la auditiva (la discriminación de los sonidos emitidos por los compañeros que me piden el balón o las órdenes indicadas por el entrenador en una cancha repleta de gente).

Además el sentido cinestésico y propioceptivo permitirá al ejecutante adoptar las posturas más adecuadas para ejecutar cada acción técnica de un modo coordinado y en equilibrio.

Finalmente, toda esta información sensorial será integrada y procesada a nivel central para que, en base a los patrones motores existentes (habilidades motrices o recursos técnicos), y considerando los conocimientos tácticos que tenemos acerca de nosotros mismos, nuestros compañeros y adversarios (procesos cognitivos de alto nivel donde la memoria juega un papel fundamental, junto con otros constructos psicológicos como la motivación y concentración), finalmente tomemos la decisión que en ese contexto determinado e irrepetible es la más adecuada, es decir, elijamos una correcta opción de respuesta motriz.

En un contexto tan complejo como el que caracteriza a algunos deportes como el del ejemplo anterior, y considerando que las posibilidades de procesamiento de información del cerebro son finitas y limitadas, la capacidad para seleccionar aquella información verdaderamente relevante para la acción es clave para la consecución de los objetivos propuestos.

Estos procesos de selección de información dependen fundamentalmente de la atención, constructo psicológico cada vez más estudiado desde las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, dada la relevancia de su conocimiento para la optimización de los procesos de entrenamiento y la consecución del logro de los máximos niveles de rendimiento en multitud de actividades cotidianas y disciplinas deportivas.

2.2. ¿QUÉ ES LA ATENCIÓN?

Simplemente basta con abrir los ojos y observar. Nuestro campo visual se halla repleto de objetos que se distribuyen en el espacio pero que coinciden en el tiempo. Sin embargo, no todos esos objetos son relevantes para la conducta que estamos llevando a cabo, sino que gran parte de esa información disponible resulta superflua e irrelevante para nuestros propósitos.

Además, los recursos del individuo, no sólo físicos, sino también cognitivos, son limitados, y al igual que no podemos ejecutar determinadas acciones simultáneamente (hablar y beber al mismo tiempo), tampoco podemos responder a la vez a todos los estímulos visuales.

Para solventar este problema que se nos plantea en infinidad de situaciones, el sistema de procesamiento de la información visual ha ido evolucionando con el objetivo de seleccionar aquella información que podría ser relevante para su procesamiento dirigido a la acción, desechando aquella otra que no se considera interesante. Estaríamos hablando de los procesos atencionales.

2.2.1. Breve revisión de la conceptualización histórica de la atención.

Históricamente, la atención ha sido uno de los procesos más estudiados desde la psicología (Hatfield, 1998; Parasuraman, 1984). La capacidad del ser humano para atender de modo selectivo a diferentes regiones del campo visual, evitando el movimiento de la cabeza y el cambio del foco de fijación, ya fue objeto del interés de los primeros investigadores en el ámbito de la percepción visual desde la psicología cognitiva (James, 1890 o Wundt, 1874).

Las hipótesis iniciales que se defendían en los inicios del estudio de la atención argumentaban que, aunque es más cómodo acompañar mediante la fijación visual a lo que se atiende, dicho emparejamiento no es imprescindible dado que el ser humano está

capacitado para fijar la visión en un punto mientras se presta atención a otros eventos que acontecen en otras regiones del campo visual. Esta idea resulta básica en el planteamiento experimental de la investigación desarrollada en la presente tesis doctoral.

En la historia de la psicología, se han planteado diferentes definiciones del concepto "atención" en función de sus distintas descripciones fenomenológicas. Así, aunque uno de los enfoques dominantes del estudio de la atención ha sido el relacionado con los procesos de selección de los estímulos relevantes, a lo largo de la historia de su estudio también se ha analizado el papel de la atención sobre la optimización de la información que se procesa (e.g. Stelmach, Campsall y Herdman, 1997).

Otras veces se ha investigado acerca de cómo la atención modula las respuestas motoras hacia los estímulos (Tipper y Weaver, 1998) o su efecto modulador sobre los procesos de acceso a memoria y la secuencialidad de los procesos cognitivos (Fernández-Duque y Johnson, 1999), así como su implicación en el proceso de análisis profundo de los detalles de un objeto o situación (Treisman, 1998).

Revisando la literatura (véanse revisiones de LaBerge, 1995; Parasuraman y Davies, 1984; Pashler, 1997) podemos observar que son muchas y muy diferentes las concepciones del término "atención" y "proceso atencional", con lo que plantear una única definición resulta tarea ardua si pretendemos que ésta contemple todas sus características funcionales.

Con el objetivo de aclarar las interpretaciones sobre la atención, Hatfield (1998) propuso una clasificación donde intentó agrupar las definiciones en función de las funciones asignadas a este constructo psicológico. Éstas son las siguientes:

- *Reducción de las posibilidades:* Este enfoque de la atención implica una concepción del entorno donde los estímulos que lo conforman compiten para ser percibidos, lo cual parte de la premisa aristotélica de que no se pueden percibir dos estímulos simultáneamente en el mismo tiempo (Barnes, 1984). La atención sería el proceso mediante el cual se reduciría el número de estímulos para ser percibidos.

- *Dirigibilidad activa:* La atención se relacionaría con la capacidad del ser humano de dirigir voluntaria y activamente su procesamiento, mediante la reorientación de sus sentidos. Sobre todo se refiere a una primera definición referida al efecto facilitador o de *"priming"* de la atención, descrito con mayor profundidad por Johnston y Dark (1987).

- *Cambio Involuntario y vigilancia:* Otra concepción es la que atribuye un carácter involuntario a ciertos cambios atencionales, complementando el funcionamiento del sistema atencional dirigido voluntariamente descrito en la concepción anterior (véanse revisión de Parasuraman, 1986). Este enfoque se relacionaría con los mecanismos atencionales de carácter exógeno que se estudiarán en nuestros protocolos experimentales[2].

- *Claridad:* Si partimos de la aceptación clásica (Aristóteles y Lucrecio) de que la percepción simultánea de más de un objeto disminuye la claridad con la que se representa uno de ellos, deberíamos completar esta definición de la atención con los términos de "perfección" y "claridad" que describirían las dimensiones en que la percepción se ve afectada por la pluralidad de estímulos.

- *Fijación:* Esta concepción de la atención introduce una distinción clara entre la atención voluntariamente dirigida (fijada) sobre un objeto y los cambios atencionales involuntarios dirigidos inconscientemente hacia aquellos objetos novedosos. El sistema atencional, por tanto, elegirá una ubicación fija sobre un objeto para obtener mayor información sobre aquel o tratar de memorizar sus características, o por el contrario, evitar dirigir la atención a un objeto, mediante la fijación en otro, todo ello de un modo conciente y voluntario.

- *Facilitación de la sensación:* Esta propiedad del sistema atencional define su capacidad para facilitar la labor de "impresión" o sensación provocada por los estímulos sobre los órganos de los sentidos. Aquí habría que diferenciar dos mecanismos facilitadores de la sensación, por un lado la concentración mental y

[2] En los apartados siguientes se expondrán con más profundidad los mecanismos atencionales endógenos y exógenos, citando los autores más relevantes en este contexto de investigación de la atención.

dirección de los órganos sensoriales en la dirección esperada y por otro, los cambios fisiológicos que se darían en los receptores o nervios inducidos por la atención, aumentando la agudeza de los sentidos.

- *Factor motivacional:* La última de las propiedades que se citan como atributo de la atención es su susceptibilidad de ser modulada por elementos motivacionales, es decir, que un objeto puede ser atendido en detrimento de otros en función de las preferencias o gustos individuales.

En un intento de clarificar y organizar teóricamente tanta diversidad de concepciones sobre el término atención, Posner y colaboradores propusieron una teoría integradora (Posner y Petersen, 1990; Posner y Rothbart, 1991) que defiende que tal variedad de manifestaciones de la atención está producida por la existencia de distintos subsistemas atencionales que estarían relacionados entre sí. Así, para ellos la atención es un sistema modular compuesto por tres redes: una Red Anterior o de Control Ejecutivo, una Red de Vigilancia o Alerta y una Red Atencional Posterior o de Orientación. Cada una de estas redes estaría encargada de funciones atencionales distintas, aunque, a su vez, las redes estarían interconectadas entre sí, dando de esta forma lugar al comportamiento coordinado y armónico. El modelo otorga un papel especial a la red anterior, que tendría capacidad de modular a las otras dos redes a través del desarrollo de estrategias, cuando las condiciones de la tarea así lo requieran. Sus características principales son las siguientes:

- La Red Atencional Anterior o de control ejecutivo se encargaría de ejercer un control voluntario sobre el procesamiento ante situaciones que requieren algún tipo de planificación, desarrollo de estrategias, resolución de conflicto entre estímulos o diferentes opciones de respuesta, o situaciones que impliquen la generación de una respuesta novedosa. Además, se ha constatado una relación muy estrecha entre esta red y los procesos de detección consciente de los estímulos (Posner y Rothbart, 1992), así como con procesos de memoria (Posner y Dehaene, 1994).

- La Red Atencional de Vigilancia o Alerta, estaría implicada en el mantenimiento de un estado preparatorio o de *"arousal"* general, necesario para la detección rápida del estímulo esperado. Aunque hay estudios que enfatizan la función tónica o duradera del estado de alerta en tareas de vigilancia, también se atribuye a esta red la función de alerta fásica o de corta duración producida por la presentación de señales de aviso que anuncian la inminente llegada de un estímulo. Se suele encontrar que aunque estas señales inespecíficas no informan del lugar o identidad del estímulo objetivo, somos más rápidos en responder a éste ante señales de alerta que en ausencia de ellas.

- La Red Atencional Posterior o de Orientación participaría en la orientación de la atención hacia un lugar en el espacio donde aparece un estímulo potencialmente relevante bien porque posee propiedades únicas, es novedoso, o porque aparece de manera abrupta en la escena visual (Lupiáñez, Milliken, Solano, Weaver y Tipper, 2001). Esta red atencional será la principal protagonista de nuestros protocolos experimentales, dado que consideramos puede ser muy relevante en las acciones donde se requiera una reacción inmediata.

Desde nuestro paradigma de investigación, basado en el estudio de la relevancia de los procesos atencionales sobre la respuesta motriz, lo que nos preocupa principalmente son las manifestaciones funcionales de estos procesos. En base a las definiciones mostradas anteriormente podemos resumir que las principales funciones de la atención, como sistema optimizador del funcionamiento del ser humano, serían las siguientes:

1. *Selección de información,* donde la atención se relaciona con funciones perceptivas y cognitivas como la detección, identificación y reconocimiento preferencial de la estimulación seleccionada (ver revisiones relativas a esta función de la atención en Kahneman y Treisman, 1984 o Pashler, 1997). De este modo la atención participaría en el proceso mediante el cual cierta información es procesada mientras que otra es ignorada.

2. *Distribución de recursos,* siendo la atención el mecanismo que capacita al individuo para organizar y distribuir sus recursos y capacidades para llevar a cabo varias tareas simultáneamente, diferenciando entre procesamientos controlados y automáticos (Schneider, Dumais y Shiffrin, 1984). Esta función se relacionaría con el concepto conocido como "atención dividida", clave en la actividad físico-deportiva.

3. *Sistema de alerta o preparación,* donde se puede observar de forma clara una relación bastante directa entre la atención y la acción, ya que la atención también se puede concebir como un estado de alerta, relacionado con los niveles de arousal o activación, que trata de preparar al sujeto para realizar respuestas rápidas (véase revisión general de Gould y Krane, 1992 en el ámbito deportivo).

Una explicación de la relevancia de estas redes atencionales en el contexto de las actividades físico-deportivas es desarrollada de un modo más amplio por Vickers (1996a y 1996b).

Una definición que integra las diferentes funciones que se le atribuyen al sistema atencional, descritas más arriba, es la ofrecida por Van der Heijden (1992), que considera la atención como un estado cognitivo dinámico que favorece o posibilita la adecuada orientación del comportamiento a los requisitos de tarea. Tales requisitos pueden hacer que en una situación concreta se necesite enfatizar la selectividad atencional, en otra la capacidad de compartir la atención entre varias tareas o fases de tarea, en otra el mantenimiento de la atención y la concentración y, en último extremo, encontramos la atención como mecanismo supervisor de la ejecución llevada a cabo. Esto es, se trataría del mecanismo cognitivo mediante el cual se ejercería un control voluntario sobre la actividad perceptiva, cognitiva y comportamental, cuando ésta no pudiera llevarse a cabo de manera automática.

La revisión de la literatura existente acerca de la naturaleza funcional del proceso atencional permite agrupar las diferentes concepciones descritas anteriormente en dos grandes bloques, según el tipo de control que ejerce sobre el sistema al que pertenece (el cerebro):

- *Concepción "negativa" de la atención*: Según este paradigma, el sistema perceptivo tendría una capacidad de procesamiento limitada, lo que precisa de la existencia de mecanismos que posibiliten la selección de aquella información considerada relevante y el "rechazo" o no procesamiento de aquella otra que no es crítica para los fines que se propone el sujeto. Este mecanismo atencional se habría desarrollado con el fin de optimizar los recursos disponibles y evitar el colapso del sistema nervioso central, teniendo por tanto la atención una función de tipo "negativo". En esta corriente de pensamiento se encuentran, entre otros, los modelos atencionales de Broadbent (1958) o Kahneman (1973).

- *Concepción "positiva" del proceso atencional.* Según James (1890), apoyado más tarde por estudios neuroanatómicos y neurofisiológicos como los de Rizzolatti (1983), y al menos en el sistema visual, la amplia extensión de las redes neurales cerebrales encargadas del procesamiento de la información visual permite hipotetizar que no existiría tal limitación de la capacidad de procesamiento perceptivo (Neumann, Van der Heijden y Allport, 1986). Asumiendo esta premisa como cierta, la necesidad de la atención se vincularía con los procesos de optimización o "amplificación" de la información relevante para mejorar el rendimiento. En esta línea surgen modelos atencionales como el de Neisser (1967), suponiendo un cambio respecto al paradigma anterior, donde la atención "reducía" la entrada de información para optimizarla, mientras que en este enfoque positivo, la atención ampliaría aquella información relevante.

De cualquier modo, esté o no limitada la capacidad de percepción de estímulos por parte del sistema visual, lo que sí podemos afirmar es que nuestro sistema de procesamiento de la información para la acción sí que es limitado, y no podemos atender a todos los estímulos para responder a ellos al mismo tiempo, sino que hemos de seleccionar aquellos que en un momento dado nos parecen más relevantes para la acción inmediata. Aquí es donde entran en funcionamiento los mecanismos atencionales (véanse trabajos relevantes de revisión sobre los procesos atencionales como los de Egeth y Yantis, 1997; Kinchla, 1992; Pashler, 1997; Shiffrin, 1988 o Wolfe, 2000). En esta misma línea de pensamiento acerca de la atención se situaría la definición aportada por Tudela (1992, p.138) al considerarla *"como un mecanismo central de capacidad limitada cuya función primordial es controlar y orientar la actividad consciente del organismo de acuerdo con un objetivo determinado"*.

En base a las relaciones que se pueden establecer entre el sistema perceptivo visual y el sistema atencional, Wolfe (2000) distingue 4 tipos de interacciones que se expondrán a continuación.

2.2.2. Relación entre la visión y la atención.

Según Wolfe (2000), para entender la relevancia de los procesos atencionales sobre los procesos de percepción para la acción, es interesante diferenciar los distintos tipos de relaciones que pueden establecerse entre ambas. A continuación se exponen tales relaciones y los aspectos básicos de su relevancia a nivel funcional.

- *Visión previa a la atención:* Neisser (1967) introdujo la idea de la existencia de una fase "preatencional" en el procesamiento de la información visual, es decir, que existiría una recogida de información visual del entorno previa a la participación de procesos atencionales, donde por definición, no existiría una limitación de la información de entrada. Este tipo de visión sin atención se daría en aquellas situaciones de exploración del entorno donde no existan unos condicionantes limitantes de la información que ha de ser procesada.

Por ejemplo, cuando buscamos una persona conocida entre una multitud de gente, realizamos una exploración global e indiscriminada de todo el espacio. Estaríamos realizando una tarea de búsqueda visual que se da en multitud de situaciones cotidianas y deportivas, donde la participación de aspectos atencionales como los que se expondrán a continuación, posibilitarán la optimización en el rendimiento de esa tarea perceptiva.

- *Visión con atención:* Este tipo de visión suele ser más frecuente en las actividades cotidianas, ya que normalmente solemos actuar mientras atendemos a diferentes estímulos visuales. Así, la atención actuaría alterando el proceso de obtención de información preatencional descrito anteriormente.

Como resalta Wolfe (2000), la atención no une las características de los objetos, sino que posibilita la unión de estas, no identifica los objetos, sino que posibilita su identificación activando los procesos de reconocimiento. Esta optimización de los procesos perceptivos se basa en la activación de funciones como la selección de unos estímulos concretos en un espacio limitado, haciendo funciones de "portero de local", realizando un filtro de aquellos estímulos relevantes, los que "entrarán", y los no relevantes, que se quedarán fuera para optimizar los recursos fisiológicos (retina) y procesuales (estructuras neurales). Esta selección de información no sólo se refiere a aspectos espaciales, sino también temporales, donde surge como ejemplo uno de los mecanismos atencionales que estudiaremos en nuestros protocolos experimentales: la Inhibición de Retorno.

Los procesos atencionales tratan de optimizar el funcionamiento del sistema perceptivo, dirigiendo sus recursos en un espacio y un tiempo concreto, explicando la importancia de la generación de expectativas en determinadas acciones deportivas como las fintas o las "paradiñas". Otras funciones de la atención, citadas anteriormente (ver apartado 2.2.1) son la vigilancia ante la aparición de estímulos novedosos, la reducción de la incertidumbre, optimización y concentración de recursos, la velocidad de procesamiento, o la fusión de características de los objetos.

- *Visión posterior a la atención.* Esta concepción de la atención asume que la atención está limitada en el espacio y en el tiempo. Wolfe (2000) la define como visión post-atencional, y no ha sido tan estudiada como las otras relaciones visión- atención citadas. Se preocupa por cómo el procesamiento atencional de unos objetos pueden afectar los procesamientos siguientes (paradigma de búsqueda repetida- Wolfe, Klempen y Dahlen, 2000-, y el efecto denominado *"change blindness"* o ceguera al cambio- Rensink, O'Regan y Clark, 1996).

- *Visión sin atención.* Parece ser que en ciertas situaciones existen estímulos que nunca son atendidos, pero cuya información es relevante. Este tipo de visión está relacionada con la visión previa a la atención, pero no son conceptos sinónimos. La investigación acerca del papel de este tipo de visión se halla en auge en los últimos años (ver revisión de Pashler, 1997) y se relaciona con mecanismos como el parpadeo atencional (Shapiro, Driver, Ward y Sorenson, 1997) o la "ceguera inatencional" (Mack y Rock, 1998).

Las evidencias científicas existentes demuestran la importancia de los procesos atencionales como mecanismos que optimizan los procesamientos de la información visual, y con ello interviene en los procesos de organización de la conducta motriz. Empleando una frase de Cavanagh (1997), podríamos afirmar que la atención *"forma parte del negocio de exportar la visión al cerebro"*.

En el siguiente apartado se expondrá más en profundidad el modo en que la atención interviene en el comportamiento motor y la regulación de la acción.

2.3. LA ATENCIÓN EN EL COMPORTAMIENTO MOTOR.

Durante el desarrollo de muchas actividades llevadas a cabo por los seres humanos en su vida diaria, así como en el desempeño de la práctica deportiva, la ejecución eficiente de las acciones como manifestación final del proceso, en muchos casos depende de habilidades perceptivas y de procesamiento de la información disponible.

Como ya se ha indicado anteriormente, la atención es un mecanismo que interviene de forma clave en distintas fases del comportamiento motor y es clave para el rendimiento en multitud de deportes (véanse revisiones de Boutcher, 1992 o Nougier, 1991).

En multitud de situaciones, los individuos han de adaptarse a condiciones del entorno que se caracterizan por una exigencia de toma de decisiones inmediatas (presión temporal) donde la capacidad de percibir y procesar rápidamente la información posibilitará una ejecución eficaz.

Estas situaciones no sólo aparecen en el deporte competitivo (realizar una finta en el momento preciso, reaccionar ante la presencia de un adversario para evitarlo, blocar un lanzamiento, etc.), sino también en distintas actividades cotidianas como la conducción de un vehículo (frenar o girar el volante de forma rápida y precisa para evitar una colisión), evitar la caída de objetos al suelo, buscar a un conocido entre la multitud que espera un tren a punto de partir, etc.

Muchas de las tareas que se llevan a cabo en este contexto de presión temporal requieren de una reacción motriz inmediata por parte del individuo. La optimización de los procesos perceptivos mediante los mecanismos atencionales será clave en este tipo de actividades.

2.3.1. Relevancia de los procesos atencionales sobre el rendimiento motor.

En el contexto deportivo, la capacidad para seleccionar la información relevante para la acción, así como su interpretación, resulta relevante para la consecución de los objetivos que se proponga el ejecutante. En este sentido, la toma de decisiones, como capacidad cognitiva de optar por la mejor acción de juego, es un factor determinante del rendimiento deportivo (Iglesias, Moreno, Ramos, Fuentes, Julián et al., 2002) y su anticipación, una de las herramientas más valiosas para afrontar con éxito la practica deportiva (Williams, Ward, Knowles y Smeeton, 2002).

La atención también desempeña una función importante en el aprendizaje de habilidades y automatismos. Cuando tratamos de aprender una habilidad, por ejemplo el bote en baloncesto, nuestros recursos (atención) se dirigen fundamentalmente a controlar diferentes elementos que modulan la ejecución técnica correcta de ese gesto: la posición del tronco, la flexión de piernas, la acción del brazo y la muñeca, etc. Sin embargo, y como muestra la Figura 1.4, conforme va aumentando la experiencia y el grado de maestría, todo este tipo de elementos se van agrupando de una forma coordinada y eficiente para formar parte de una acción global. Desde este momento, los recursos perceptivos pueden dirigirse hacia otros elementos contextuales (situación de compañeros, rivales o canasta) críticos para el rendimiento final del ejecutor (encestar).

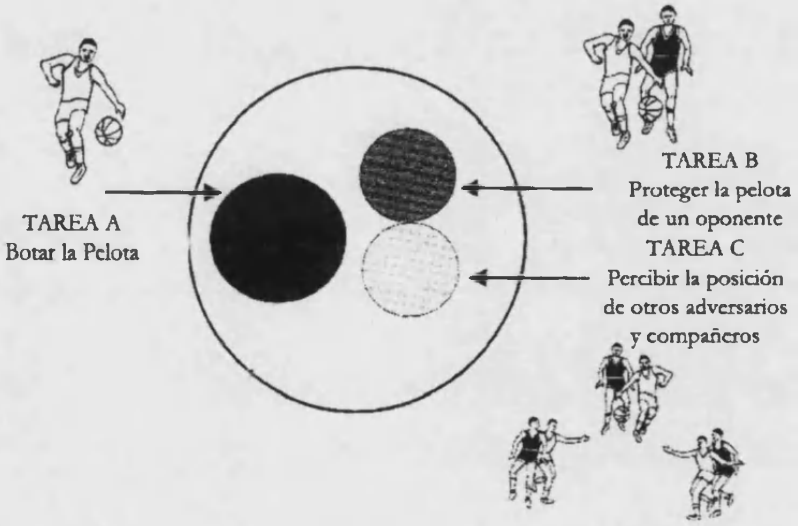

Figura 1.4. Distribución de los recursos atencionales en función del nivel de aprendizaje de las habilidades (Modificado de Williams et al., 1999).

Mediante el ejemplo anterior podemos representar los diferentes tipos de atención (ya descritos anteriormente) que son claves para el rendimiento en el contexto deportivo.

En primer lugar podemos citar la denominada *atención selectiva*, donde el individuo procesaría de forma priorizada aquella información considerada clave para el rendimiento motor en una determinada tarea (por ejemplo la visual, sonora o propioceptiva). Por ejemplo, en la tarea A de la Figura 1.4., el individuo concentra sus recursos en la información visual y propioceptiva para iniciarse en la habilidad del bote de la pelota.

Otra concepción de la atención es la relacionada con la *atención dividida*, donde el individuo distribuye sus recursos en varias tareas concurrentes, por ejemplo en la Tarea B, donde además de botar la pelota, el ejecutante ha de controlar la posición y acciones del adversario para evitar que nos robe su posesión. Esta función de la tarea está muy relacionada con los procesos de aprendizaje y automatización de movimientos (Schneider et al., 1984).

Finalmente, la atención tamben está muy relacionada con los estados de *alerta o preparación* para la acción, es decir, muy relacionado con el concepto más conocido como concentración, y que estaría relacionado con los niveles de activación o *arousal* (véase revisión de Gould y Krane, 1992), cuya relevancia en el contexto deportivo puede observarse en situaciones como el lanzamiento de un tiro libre en baloncesto, el golpeo en golf, el tiro olímpico, etc.

Existen diferentes conductas perceptivo- motrices (anticipación, respuesta de reacción, búsqueda visual, etc.) cuyo rendimiento depende en gran medida de la eficacia con la que se lleven a cabo los procesos atencionales (Williams y Davids, 1998). Así, por ejemplo, las respuestas anticipatorias que contribuyen al éxito en ciertas acciones motrices (por ejemplo en los desplazamientos previos a la ejecución de un bloqueo en voleibol) suelen estar fundamentadas en la capacidad de sesgar aquella información que me aporta indicios sobre las acciones que acontecerán en un fututo inmediato.

Como definen Guzmán y García (2002), la anticipación, dentro del contexto de los deportes colectivos, sería aquella acción que permite realizar un movimiento de interposición a la trayectoria del oponente o del móvil, teniendo en consideración la situación del juego, las propias capacidades y las del oponente, así como las intenciones técnico- tácticas asignadas en función del sistema de juego del propio equipo.

Este concepto de anticipación está muy vinculado al de anticipación espacial, mucho más relacionado los mecanismos atencionales que estudiaremos en nuestros protocolos experimentales. Para Savelsbergh et al. (2002) mediante la anticipación espacial, el sujeto trata de predecir la localización futura de un estímulo y su naturaleza, siendo una de las acciones más determinantes en el rendimiento de deportes en los que el móvil (o balón) alcanza alta velocidad durante el juego, requiriendo del receptor o del oponente decisiones y respuestas de la misma magnitud.

En estas acciones, los procesos atencionales y la concentración son de vital importancia, ya que el conocimiento por parte del deportista de aquellos elementos que son relevantes para la predicción y anticipación de la acción inmediata del oponente, pueden servir para que el individuo optimice su respuesta, concentrando sus recursos sobre esos elementos, y obviando otros que pueden resultar distractores.

Una acción deportiva que ha sido muy estudiada desde este paradigma de anticipación es el lanzamiento de penalti en fútbol, intentando mejorar la eficacia del portero mediante el análisis de posibles índices de anticipación que generase el lanzador antes del golpeo con el objetivo de predecir la trayectoria que seguirá el balón (Fradua Raya y Pino, 1994; McMorris y Colenso, 1996; Savelsbergh et al., 2002).

Sin embargo, y a diferencia que lo que sucede en la tarea descrita más arriba, la mayoría de las tareas que se llevan a cabo en las situaciones deportivas se caracterizan por la presión temporal, demandando una reacción motriz inmediata por parte del individuo. En este contexto, el análisis de la respuesta de reacción se torna altamente interesante para la comprensión de la manifestación de ciertos mecanismos atencionales que modulan la eficacia ante este tipo de situaciones.

2.3.2. El estudio de la atención desde el paradigma de respuesta de reacción.

Como se puede deducir de lo expuesto anteriormente, la ejecución final de un movimiento resulta de la interacción de un cómputo de variables que son relevantes en diferentes estadios del proceso visión-acción: programación motora, ejecución y reajustes on-line en función del feedback visual.

Desde las diferentes ciencias que se han preocupado por el conocimiento del comportamiento motor, cada vez se ha prestado más atención al estudio de las fuentes visuales de información que utilizan los individuos para resolver los problemas motores que se le plantean. Así, han sido objeto fundamental de estudio el análisis de variables como la precisión, agudeza y discriminación visual, la percepción de profundidad, la discriminación del color, la visión periférica y la amplitud del campo visual, los tiempos de reacción visual, etc. (véase revisión de Williams et al., 1999).

Como indican Oña et al. (1999) en el ámbito del estudio de la actividad físico-deportiva, los procesos cognitivos y atencionales implicados en las respuestas motrices son medibles y modificables, por lo que el análisis de las diferentes variables y componentes del movimiento (como el tiempo de reacción, el tiempo de movimiento o el tiempo de contacto, que serán objeto de estudio de nuestros trabajos experimentales), podrían verse modulados, afectar o ser un índice de etapas diferentes de la ejecución motora.

Este tipo de manipulaciones ha sido empleado en multitud de estudios desde los inicios de la investigación en este contexto (Donders, 1868 citado en Oña et al., 1999; Henry, 1960; Henry y Rogers, 1960; Hick, 1952; Oña, 1990; Taylor, 1976; Zelaznick, 1985; Weiss, 1965). Tales estudios posibilitan el conocimiento de las regularidades existentes en la estructura informacional del entorno, convirtiéndose en un elemento relevante para la optimización de los procesos de aprendizaje y entrenamiento para la mejora del rendimiento motor y deportivo (Anson, Hylannd y Koetter, 2000; Radlo et al., 2001).

Multitud de estudios llevados a cabo en el ámbito de la visión-acción, muestran que el tiempo de reacción, definido por Schmidt (1982) como el tiempo total necesario para responder a un estímulo y que iría desde su identificación, la selección de la respuesta (toma de decisión o cognición) hasta la programación y ejecución de la respuesta (motriz), es una de las variables más empleadas para investigar la manifestación de diferentes procesos perceptivos, cognitivos y motores.

Desde el estudio de la percepción, distintos trabajos han demostrado que el tiempo de reacción decrece conforme la intensidad del estímulo se incrementa (Grossberg, 1968; Osaka, 1976).

En la esfera cognitiva, se puede comprobar que el tiempo de reacción está afectado por factores como el número de respuestas (Hick, 1952; Woodworth, 1938), las expectativas espacio-temporales para la presentación del estímulo (Kirby, 1976; Oyama y Tanabe, 1982), y por tanto, también por procesos atencionales (Handy, Kingstone y Mangun, 1996; Shulman, Wilson y Sheehy, 1985).

En el ámbito del estudio de los procesos predominantemente motores se ha observado que el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento también pueden verse afectados por la naturaleza de la respuesta motriz a un estímulo dado, tal como la compatibilidad del estímulo-respuesta, relacionado con el efecto Simon que se expondrá más tarde (Nicoletti, Anzola, Luppino, Rizzolatti y Umiltà, 1982; Wallace, 1971), la complejidad de la tarea (Henry y Rogers, 1960), el tipo y distancia de trayectoria de movimiento (Klapp y Erwin, 1976; Quinn, Schmidt, Zelaznik, Hawkins y McFarquhar, 1980) o la presencia-ausencia de feedback visual respecto a elementos relevantes/irrelevantes para la tarea (Handford, Davids, Bennett y Button, 1997; Williams y Davids, 1998).

El patrón espacio-temporal de las acciones que se producen en las interceptaciones rápidas de objetos (como las que serán manipuladas en nuestros experimentos) surge de una preprogramación, o un control del movimiento preprogramado, dentro de su dominio temporal (Tyldesley y Whiting, 1975). Por tanto, a mayor dominio o experiencia en una habilidad por parte del ejecutante, mayor

capacidad de predicción y programación de la respuesta. Este hecho ha sido ampliamente contrastado, y el análisis de la bibliografía muestra cómo los jugadores expertos son más eficientes que los noveles cuando han de utilizar preíndices de movimiento para guiar sus movimientos anticipatorios (Abernethy, 1987; Williams y Burwitz, 1993, Williams et al., 2002). Otros trabajos incluso afirman que los jugadores expertos son más rápidos y eficientes por la utilización de dichos preíndices en la toma de sus decisiones (Abernethy y Russel, 1984; Goulet, Bard y Fleury, 1989).

Gracias al denominado paradigma de respuesta de reacción que se seguirá en el apartado experimental de la presente tesis, podremos conocer y analizar diferentes procesos que participan en el control motor. Ello será posible gracias al análisis temporal de la respuesta motriz en sus diferentes manifestaciones (en nuestro caso electrofisiológicas mediante electromiografía y cinemática, mediante acelerometría). El empleo de estas técnicas de registro permite dividir la acción motriz en segmentos temporales que posibilitan el análisis de la manifestación funcional de las variables independientes estudiadas (procesos atencionales y tipo de tarea).

3. LA ORIENTACIÓN ATENCIONAL: INHIBICIÓN DE RETORNO Y EFECTO SIMON EN LA SELECCIÓN DE RESPUESTA.

"No podemos evitar el cometer errores, pero si podemos poner constantemente atención para tratar de evitarlos.

(Epicteto)

3.1. INTRODUCCIÓN.

Una de las habilidades visuales clave en muchas actividades cotidianas que se halla estrechamente relacionada con los procesos atencionales es la búsqueda visual. Nada mejor que un ejemplo para entender la importancia de esta habilidad visual. ¿Quién de nosotros no se ha enfrentado alguna vez con el problema de buscar con urgencia un número de teléfono anotado en un trozo papel dentro de un "cajón desastre" lleno de artículos, revistas, formularios, otras anotaciones, etc.? Estaríamos realizando una tarea de búsqueda visual donde la atención será claves para optimizar su eficacia.

Gracias al proceso de orientación atencional, los recursos perceptivos y cognitivos se dirigen a un lugar en un momento, mejorando así la eficacia de los procesos. Además, las expectativas posibilitan la generación de respuestas anticipatorias al estímulo que favorezcan el desencadenamiento de la respuesta tan pronto éste ocurra, o incluso iniciando la acción antes de la aparición del evento. Un ejemplo de estas situaciones en el ámbito deportivo son las acciones del portero antes del momento del golpeo en el lanzamiento de un penalti o la reacción de un defensor ante la finta de un lanzamiento en balonmano. En situaciones más cotidianas, cuántos conductores impacientes aceleran los motores de sus coches e introducen la marcha cuando ven parpadear el semáforo de peatones ante la previsión de que en breve el suyo se pondrá en verde.

Los procesos de orientación de la atención no siempre mejoran el rendimiento de la tarea, sino que a veces lo perjudican, cuando la orientación se realiza basándose en claves inválidas. Por ejemplo, los errores que suelen cometer los tenistas cuando la pelota bota de forma extraña al contactar con una línea o un montoncito de tierra, o cuando, los gestos del adversario indicaban la realización de un golpeo potente y en el último momento cambió el gesto para realizar una dejada, o en balonmano, el portero que pierde su posición equilibrada ante el engaño del lanzador de un penalti.

Estas situaciones y muchas otras que se dan en el ámbito deportivo proceden de la generación de expectativas que conducen al desencadenamiento de respuestas anticipatorias, unas veces erróneas y otras claves para sacar ventaja sobre el adversario.

Por otra parte, los procesos de búsqueda visual no se dan de forma aleatoria, tratando de procesar toda la información disponible en el entorno, pues este procedimiento no sería "económico" para nuestro sistema de procesamiento. Nuestro sistema atencional trata de focalizar sus recursos en aquellos estímulos que pueden ser relevantes para la acción. Por ejemplo, en deportes como el béisbol, el tenis o el voleibol, los jugadores han de atender de modo selectivo a la información relevante (fundamentalmente posición de la pelota, compañeros y adversarios), y responder de forma rápida y precisa en función de esa información. En tales situaciones los procesos de orientación de la atención en el espacio y en el tiempo se convierten en fundamentales para optimizar la capacidad de respuesta, ya que, la velocidad a la que se producen los movimientos de los objetos en el espacio demanda respuestas de reacción inmediatas a los ejecutantes. Por tanto la monitorización de aquellos estímulos considerados relevantes para la ejecución posibilitará la anticipación y ejecución de respuestas adecuadas.

En el presente apartado se profundizará en el conocimiento del proceso de orientación atencional, y más concretamente, en los distintos mecanismos atencionales que participan en aquel, para finalmente centrarnos en aquellos que serán objeto de estudio en el apartado experimental de esta tesis doctoral: los efectos Inhibición de Retorno y Simon.

3.2. LA ORIENTACIÓN ATENCIONAL EN EL ESPACIO Y EN EL TIEMPO.

Como se ha indicado anteriormente, la atención facilita la percepción estimular, y en aquellas situaciones de alta demanda, como las que caracterizan a multitud de acciones deportivas, la orientación atencional será clave para la percepción adecuada de aquella información relevante, posibilitando una reacción rápida y precisa ante aquel.

La naturaleza limitada del sistema perceptivo-cognitivo demanda de la existencia de un sistema que regule la distribución de los recursos disponibles. En este sentido, la orientación atencional serviría como elemento de "filtrado" de información en la que una sería priorizada para su procesamiento mientras que otra es ignorada. Por tanto, cuando hablamos de la orientación de la atención, nos estaríamos refiriendo a aquella función de la atención relacionada con los procesos de selección de información citados en el apartado 2.2. del marco teórico. En este sentido, la orientación atencional sería el proceso que participa en la detección, identificación y reconocimiento preferencial de un tipo de información considerada relevante (Kahneman y Treisman, 1984). Otros autores, como Lupiáñez (1996) y Tudela (1992), afirman que la orientación atencional es clave para posibilitar los mecanismos de optimización de la calidad del procesamiento de la información.

Cuando nos encontramos realizando una tarea que requiere del procesamiento de información visual, nuestro cerebro recibe cierta información espacial y temporal que nos permite generar expectativas acerca de dónde y cuándo se dará el evento considerado relevante para nuestros objetivos. Así, estas expectativas facilitan la preparación ante la llegada inminente de un estímulo, dirigiendo y concentrando los recursos perceptivos en un lugar y un momento concretos. Como indican Correa, Lupiáñez, Tudela y Milliken (2004), mediante la orientación atencional y la generación de expectativas tratamos de "adivinar" dónde y cuándo aparecerá el estímulo relevante para tratar de mejorar la respuesta.

Los experimentos pioneros en el ámbito de la psicología experimental desarrollados por Wundt (1874) ya pusieron de manifiesto los beneficios derivados de la orientación atencional y la generación de expectativas por parte de estímulos de carácter predictivo. Más tarde, James (1890, pp. 429) sugirió que *"la concentración de la atención aceleraba la percepción"*.

Por tanto, ya desde los inicios de la investigación en psicología se concebía que la orientación atencional hacia un estímulo posibilitaba un "preprocesamiento" del mismo, que reducía la cantidad de procesamiento necesaria para el momento en que dicho estímulo ocurriera. Trabajos posteriores del equipo de Wundt demostraron que no sólo era posible anticipar la percepción de un estímulo, sino que la orientación (también denominada "preparación") atencional también condicionaba ciertos procesos motores, acortando así el tiempo de ejecución de las respuestas. Según James, las personas se preparaban imaginándose la aparición del estímulo o las sensaciones musculares implicadas en la ejecución de la respuesta.

En este contexto, para posibilitar la comprensión de los mecanismos atencionales que se expondrán más adelante, y que serán objeto de estudio experimental, se torna fundamental el conocimiento de los mecanismos de orientación de la atención en el espacio y en el tiempo.

3.2.1 La orientación de la atención en el espacio.

Lo más habitual es que cuando se orienta la atención hacia un lugar determinado también se orienten los receptores, en cuyo caso se habla de orientación abierta de la atención. No obstante, en determinadas situaciones se puede orientar la atención sin orientar los receptores, lo que ha venido a denominarse en la literatura experimental como orientación encubierta de la atención. Tanto en un caso como en el otro, se han distinguido igualmente entre diferentes formas de orientar la atención, en función de la voluntariedad con que ésta se orienta.

Existen situaciones donde la aparición súbita de estímulos novedosos, inesperados o de alta intensidad, es desencadenante de una respuesta de orientación hacia dicho estímulo. Esta respuesta refleja fue estudiada y definida por Sokolov (1963) como Respuesta o Reflejo de Orientación, la cual consiste en una orientación de la atención y los receptores sensoriales hacia la fuente estimular que resulta beneficiosa para su percepción. Este tipo de captura atencional producida por las características de los estímulos es conocida como *orientación atencional exógena o involuntaria* (véase Ruz y Lupiáñez, 2002, para una revisión detallada acerca del fenómeno de captura atencional).

Sin embargo, la orientación de la atención no sólo se produce de forma refleja, sino que, y como describieron Posner, Nissen y Oggden (1978) también pueden participar mecanismos cognitivos independientes de la naturaleza de los estímulos. Estos autores diferenciaron dos tipos de orientación de la atención: la orientación de los receptores descrita anteriormente, y la orientación del sistema atencional basándose en las metas, intenciones y expectativas de la persona, denominada *atención endógena o voluntaria.*

Los estudios llevados a cabo en los años 80 por Posner y colaboradores condujeron al planteamiento de un paradigma de investigación que se ha tornado fundamental en el estudio de la orientación atencional: el *Paradigma de Costes y Beneficios* (Posner, 1980; Posner y Cohen, 1984), y que ha permitido conocer en profundidad la manifestación de diferentes mecanismos que participan en la búsqueda visual y la orientación de la atención.

De todos modos, antes de profundizar en el conocimiento de dicho paradigma de investigación, es conveniente conocer los mecanismos de orientación de la atención en el tiempo, ya que aquel paradigma, también ha sido empleado para el estudio de tales mecanismos atencionales.

3.2.2 La orientación de la atención en el tiempo.

Como se ha indicado brevemente más arriba, la orientación de la atención no sólo se basa en la generación de respuestas de los receptores hacia estímulos externos (atención exógena), sino que también existen mecanismos internos que buscan la optimización de los recursos disponibles basándose en expectativas, creencias o propósitos del individuo.

Continuando con la breve contextualización histórica sobre la investigación en el ámbito de la orientación atencional iniciada en la introducción de este apartado, hay que resaltar que ya a mitad del siglo XX, los resultados de los estudios de orientación atencional empezaban a manifestar la sensibilidad de los participantes a ciertas regularidades temporales, que se manifestaban como expectativas temporales que eran utilizadas (muchas veces sin ser conscientes de ello) para realizar mejor la tarea experimental.

Por ejemplo, en la prueba de 60 metros lisos de atletismo, imagine que sabemos que el juez de salidas siempre emplea el mismo intervalo de tiempo entre la voz de "¡listos!" y el disparo de salida. Si sabemos que este juez dará la salida de nuestra prueba y que la velocidad de reacción es clave en esta modalidad deportiva, una parte importante del entrenamiento se centrará en el ensayo de la puesta de acción, dado que sabremos el intervalo de tiempo que transcurrirá entre esos estímulos e intentaremos estar preparados al máximo para responder ante la voz de "listos", ya que tenemos una expectativa temporal. La consecuencia de estas expectativas es una mejora en el tiempo de reacción (véase revisión de Niemi y Naätänen, 1981).

Más recientemente, Coull y Nobre (1998) estudiaron el modo en que los sujetos emplean de forma flexible la información disponible relativa a la duración de los intervalos de tiempo para dirigir la atención visual. Los resultados de estas investigaciones demuestran que las personas tienen la capacidad de asignar y dirigir sus recursos atencionales hacia un momento concreto en el tiempo (Coull y Nobre, 1998).

Resumiendo, podemos afirmar que existe suficiente evidencia para sugerir la existencia de un mecanismo de orientación atencional endógeno basado en la generación de expectativas temporales, mediante el cual las personas obtienen un beneficio en el comportamiento que se refleja en una disminución de los tiempos de reacción.

Como se indicó anteriormente, muchas de las investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del estudio de la orientación atencional, tanto en el espacio como en el tiempo, han utilizado el paradigma de costes y beneficios para comprobar sus hipótesis. A continuación se expondrán las características básicas de dicho paradigma y su utilidad en el contexto experimental en el que se ubica la presente tesis doctoral.

3.2.3 El Paradigma de Costes y Beneficios.

Aunque hoy en día existen diferentes versiones de este paradigma, fundamentalmente se basa en plantear a los sujetos una tarea consistente en la detección de un estímulo objetivo que aparece en una localización periférica del campo visual.

El protocolo se inicia con la presentación en pantalla de un punto de fijación y dos marcadores. Previamente a la aparición del estímulo objetivo (o "*target*") se presenta una señal (o "*cue*") indicadora de una de las posibles localizaciones del estímulo objetivo.

Por tanto cada ensayo experimental consta de 2 eventos principales: una señal, que se presenta en una de las posibles localizaciones donde puede aparecer el objetivo, y el objetivo al cual se ha de responder. El objetivo, por tanto, puede presentarse en una localización previamente señalada por la señal (ensayos válidos o señalados) o en otra posición (ensayos inválidos o no señalados).

Una secuencia tipo de los eventos que se muestran en un ensayo experimental basado en este paradigma es el que muestran las Figuras 1.5. y 1.6.

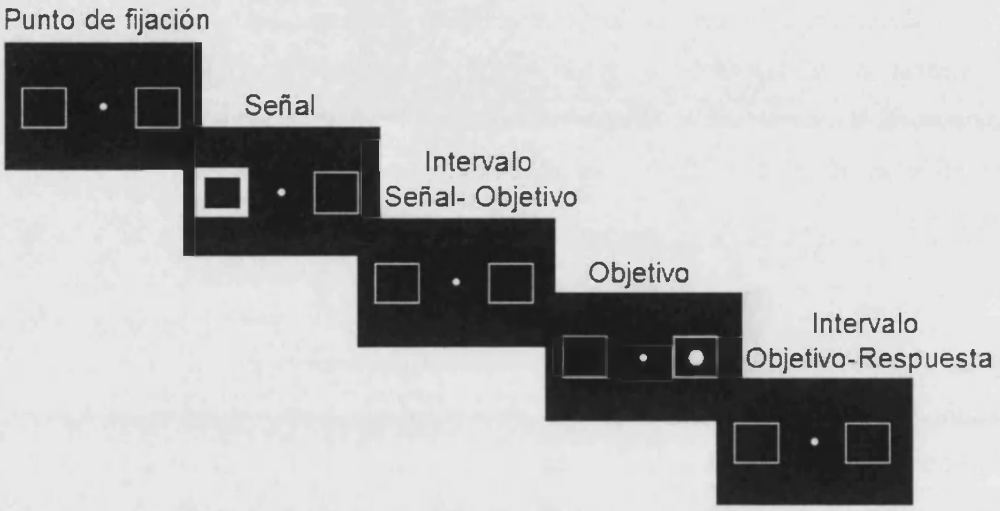

Figura 1.5. Ejemplo de la secuencia de estímulos en una tarea experimental de orientación atencional en el espacio basada en el Paradigma de Costes y Beneficios.

Algunos protocolos incluyen ensayos neutros, donde se señalarían las distintas zonas posibles simultáneamente, ninguna zona o la zona de fijación.

Como se ha indicado anteriormente, el paradigma de costes y beneficios (Posner y Cohen, 1984), ha sido utilizado ampliamente en la literatura y ha sufrido diversas modificaciones en función de los propósitos perseguidos en cada investigación (Funes y Lupiáñez, 2003). Una manipulación muy utilizada ha sido la del tipo de señal atencional empleada. Esta manipulación del protocolo posibilita a los investigadores el estudio de los dos tipos de orientación atencional descritos anteriormente, así como la interacción entre ellas. Así, por ejemplo, en función de la ubicación de las señales en el campo visual, se pueden usar señales centrales o periféricas. El uso de señales periféricas no predictivas (señal no informativa sobre la localización del objetivo) permite estudiar los efectos de la orientación atencional exógena, mientras que el empleo de señales centrales predictivas (informan sobre la posición más probable en la que aparecerá el estímulo objetivo) permite analizar los efectos de la orientación atencional endógena.

Este tipo de orientación atencional endógena ha sido muy empleada para profundizar en el conocimiento de la orientación temporal. Así, en otros casos se ha manipulado el paradigma de costes y beneficios mediante la presentación de señales centrales predictivas del intervalo temporal que transcurriría entre la aparición de la señal y objetivo. Esta manipulación posibilita la generación de expectativas temporales en los sujetos, observándose cómo las personas obtenían un beneficio en el comportamiento (reducción de los tiempos de reacción) cuando el objetivo aparecía en el cuadro de tiempo indicado por la señal (ensayos válidos) respecto a cuando el objetivo aparecía fuera del intervalo temporal indicado por la señal.

Otra de las manipulaciones que suelen emplear los investigadores en los estudios de orientación espacial y temporal es la variación del intervalo de tiempo transcurrido entre la aparición de la señal y el objetivo, denominado comúnmente en la literatura como SOA (del inglés *Stimulus Onset Asynchrony)*. El estudio de esta variable ha permitido mejorar el conocimiento sobre el curso temporal de la orientación de la atención, así como el descubrimiento de mecanismos atencionales como la Inhibición de Retorno, que se explicará más adelante.

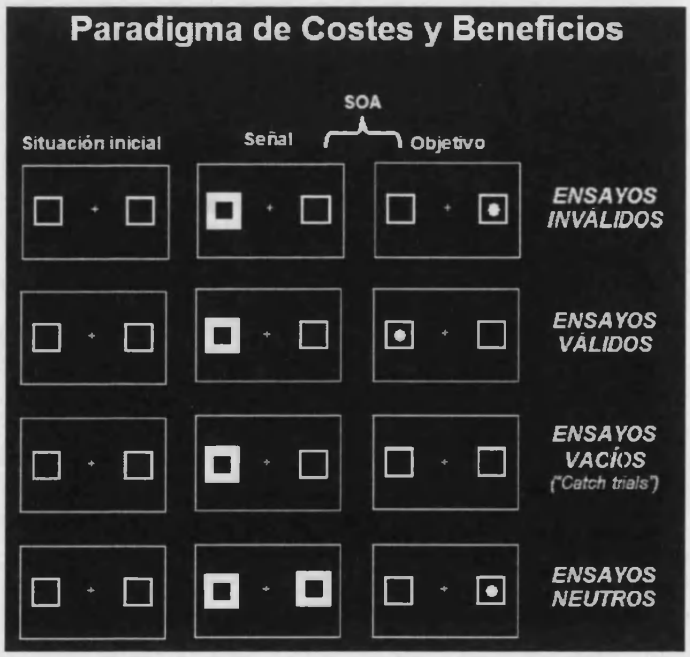

Figura 1.6: Tipos de ensayos experimentales empleados en el Paradigma de Costes y Beneficios.

Finalmente, el paradigma de costes y beneficios también ha sido utilizado para estudiar los efectos de orientación de la atención según distintos tipos de tarea, tanto desde el punto de vista de la fuente estimular (vista, oído, tacto) como de su naturaleza (detección y discriminación). Estos estudios han manipulado las características del estímulo objetivo, incluso combinando varios de ellos, para estudiar posibles interacciones entre éstos.

El resultado habitual obtenido en este tipo de experimentos es una mejora en el rendimiento (menores tiempos de reacción, mayor precisión de respuesta o menor número de errores) cuando el objetivo se presentaba en una zona del campo visual previamente señalada, incluso cuando el intervalo temporal entre la señal y el objetivo es inferior al tiempo necesario para realizar un movimiento ocular sacádico (unos 250 ms según autores como Ditchburn, 1973 o Reulen, 1984).

En el caso de los estudios de la orientación temporal, el patrón clásico de resultados observados es el de menores tiempos de reacción cuando el objetivo aparece dentro del intervalo temporal indicado por la señal predictiva (cumplimiento de la expectativa) que cuando aparece fuera de ese "cuadro" de tiempo.

A este efecto se le ha denominado *efecto de facilitación* (en el ámbito de la orientación espacial) o *efecto de preparación* (en el ámbito de la orientación temporal). Estos efectos se observan incluso cuando se controla que no se muevan los receptores, siendo esta manipulación altamente relevante para la comprensión de los procesos atencionales, pues explica que esta mejora del rendimiento no se produce simplemente porque los receptores hayan sido orientados a ese lugar de forma refleja, sino porque se ha dado un proceso de orientación exclusivamente atencional (orientación encubierta).

Este efecto ha sido observado a nivel conductual en tareas de distinta naturaleza como detección, localización y discriminación (véase revisión de Ruz y Lupiáñez, 2002), empleando distintos tipos de registros electrofisiológicos para evaluar el rendimiento (Luck, Woodman y Vogel, 2000; Mangun y Hillyard, 1991; Nobre, Sebestyen y Miniussi, 2000).

Una explicación clásica del efecto de facilitación ha sido la basada en la metáfora del "foco de linterna". Según esta teoría la atención actuaría como un foco de linterna que se dirige hacia el lugar indicado por las señales exógenas o endógenas, de modo que si un estímulo aparece en el lugar o en el momento "iluminado", como ocurre en los ensayos válidos, su procesamiento será potenciado en comparación con el resto de estímulos que están fuera del foco atencional (los ensayos inválidos).

Sin embargo, y como se puede observar claramente al revisar la literatura, las manipulaciones de las distintas variables que configuran el paradigma de costes y beneficios, fundamentalmente el tipo de señal y el SOA, han demostrado que este efecto de facilitación no se da en todas las condiciones de orientación atencional. Ya en los primeros estudios de Posner y Cohen (1984) o Maylor (1985) se observó que al emplear señales exógenas, el efecto de facilitación sólo se observaba en SOAs cortos (inferiores a 300 ms), mientras que cuando se empleaban SOAs más largos, el efecto se invertía, observándose un menor rendimiento en los ensayos señalados que en los no señalados, efecto conocido como Inhibición de Retorno (en adelante IR). Estos efectos de señalización y su curso temporal han sido desde entonces muy estudiados pues se consideran como claros índices de la orientación atencional.

3.3. LA INHIBICIÓN DE RETORNO.

3.3.1. Búsqueda visual e Inhibición de Retorno en la optimización de la respuesta motriz.

El efecto de "Inhibición de Retorno" fue descrito por Posner y Cohen (1984), para dar una explicación al hecho de que en algunos estudios de orientación de la atención en el espacio se observara que, en ciertas condiciones experimentales, el rendimiento en la tarea era menor cuando el objetivo se presentaba en una zona previamente atendida respecto a cuando aparecen en una zona nueva. Es decir, que se observaba el efecto contrario al ya descrito anteriormente como facilitación.

Los investigadores suelen coincidir en relacionar el fenómeno de IR con funciones relativas a la selección de localizaciones espaciales que serán exploradas, y por tanto con la función de búsqueda visual (véase revisión de Klein, 2000).

Si como se ha descrito anteriormente, una de las funciones del sistema atencional es la optimización de la percepción de estímulos, en ciertas situaciones de máxima demanda, la estrategia de búsqueda de información relevante que sería más eficaz implicaría que los recursos se dirigiesen a la mayor cantidad de localizaciones en el menor tiempo posible. De este modo, si la "atención" ha pasado por una determinada región del campo visual y no ha encontrado el estímulo relevante u objetivo, un sistema de búsqueda eficiente debería de impedir que la atención volviese a explorar de nuevo esa localización, favoreciéndose la exploración de zonas novedosas.

Un ejemplo muy sencillo de cómo actuaría este mecanismo en la búsqueda visual dentro del contexto deportivo sería cuando, en fútbol, un jugador se encuentra en situación de contraataque y va explorando las diferentes localizaciones del terreno de juego para encontrar a un compañero en buena situación para realizarle el pase. Si en una primera exploración no encuentra a ningún compañero a su lado derecho, incluso percibe que los existentes están tan retrasados que no podrán participar en la jugada, no tendría sentido que siguiese mirando a esa zona, sino que sería más interesante la exploración de otras zonas del terreno de juego donde existan más posibilidades de colaboración para la consecución de los objetivos.

Por tanto, este mecanismo atencional puede ser de relevancia capital en la búsqueda visual y selección de estímulos para la acción.

El efecto de IR, por tanto, consistiría en una disminución en el rendimiento en una tarea (mayores tiempos de reacción o menor precisión) cuando se responde a un objetivo que aparece en una localización previamente atendida, por lo que se suele relacionar con la existencia de un mecanismo atencional de carácter inhibitorio (Tipper, Weaver y Watson, 1996).

La anteriormente citada teoría del "foco de linterna" para explicar el funcionamiento de la orientación atencional y el paradigma de Costes y Beneficios, también intenta explicar el mecanismo de IR. Así, y como ocurre cuando se plantean situaciones donde la atención es captada por señales no informativas y el SOA es más largo (superior a 300 ms aproximadamente), el foco atencional se reorientaría hacia otras localizaciones con el fin de favorecer la exploración de posiciones nuevas (Posner, Inhoff, Friedrich y Cohen, 1987).

Aunque existe bastante consenso a la hora de vincular la IR con procesos de orientación atencional, la revisión de la literatura muestra que existen dos hipótesis que tratan de ubicar la aparición de este mecanismo en el procesamiento de la información visual para la acción.

Autores como Klein y Taylor (1994) defienden que la IR tiene carácter motor, surgiendo como un sesgo de respuesta hacia objetivos que aparecen en localizaciones señaladas. Esta hipótesis se vería apoyada por lo resultados de ciertos estudios (Egly, Rafal y Henik, 1992; Tanaka y Shimojo, 1996; Terry, Valdes y Neill, 1994) que no encontraron IR empleando tareas donde el componente perceptivo era más importante (juicios de orden temporal y discriminación).

Por el contrario, otros autores (Chica y Lupiáñez, 2004; Howard, Lupiáñez y Tipper, 1999; Li y Lin, 2002; Lupiáñez et al., 2001; Prime y Ward, 2004) han sugerido que la IR es un mecanismo atencional robusto y general que surgiría en estadios más tempranos de procesamiento perceptivo de la información, ya que han constatado la manifestación de IR en tareas de discriminación de color, dirección y orientación (véase subapartado 3.2.2 siguiente para ampliar las características de la IR).

Aunque en los últimos años se han llevado a cabo multitud de estudios de investigación sobre este mecanismo atencional, sobre todo en el ámbito de la percepción visual, existe cierta controversia en lo relativo a cómo se produce. Autores como Maylor (1985) indican que para que se de la IR, un canal de la atención focalizada debe de dirigirse primero a la localización señalada, mientras que otros como Posner y Cohen (1984) defienden que este fenómeno aparece como resultado de procesos sensoriales (la

aparición de una señal) que desencadenan la activación de un componente facilitador y otro inhibidor. Finalmente autores como Rafal, Calabresi, Brenan y Sciolto (1989) defienden que la IR está causada por algún aspecto de la activación del sistema óculo-motor a nivel subcortical, mientras que Abrams y Dobkin (1994) defienden la existencia de un mecanismo de inhibición del sistema óculo-motor a ese nivel.

Independientemente de los procesos que originan este mecanismo, existe bastante unanimidad en lo relativo a las características de su manifestación, las cuales serán resumidas en el siguiente subapartado.

3.3.2. Características del mecanismo de Inhibición de Retorno.

Aunque en el presente contexto de investigación nos centraremos en el estudio del efecto de IR vinculado a la atención visual, nuestra revisión ha constatado que dicho mecanismo atencional tiene carácter multisensorial (véase revisión de Spence, Lloyd, McGlone, Nichols y Driver, 2000), habiéndose estudiado su manifestación en protocolos experimentales donde se emplearon tanto estímulos sonoros (Mondor y Lacey, 2001; Prime y Ward, 2002; Tassinari, Campara, Benedetti y Berlucchi, 2002) como tactiles (Lloyd, Bolanowski, Howard y McGlone, 1999; Poliakoff, Spence, O'Boyle, McGlone y Cody, 2002; Roder, Spence y Rosler 2002). No obstante, los estudios llevados a cabo han demostrado mayores efectos de IR al emplear estímulos visuales (Reuter- Lorentz, Jha y Rosenquist, 1996). A continuación se mostrará una síntesis de las características que definen a la IR, basándonos en diversos estudios realizados en protocolos que se llevaron a cabo en el contexto del procesamiento de la información visual.

Como se ha indicado anteriormente, se ha demostrado que el efecto de IR es de gran relevancia en los procesos de búsqueda visual (Klein, 2000; Li y Lin, 2002; Sninder y Kingstone, 2001; Tipper, Driver y Weaver, 1991) observándose dicho efecto tanto en situaciones donde se señalaron diferentes localizaciones de forma simultánea (Wright y Richard, 1996) como sucesiva (Tipper et al., 1996).

Por otra parte, la literatura suele coincidir al afirmar que el efecto de IR aparece fundamentalmente a partir de los 200-300 ms de intervalo entre la señal y el objetivo, llegando incluso a mantenerse hasta varios segundos (Lupiáñez et al., 2001; Reuter-Lorentz et al., 1996; Tipper y Weaver, 1998). Sin embargo, y como se mostrará a continuación, cabe resaltar que la aparición de la IR con SOAs distintos estará relacionado con el tipo de tarea perceptiva empleada en cada protocolo experimental.

En lo relativo al tipo de tareas en las que manifiesta la IR, la revisión de la literatura permite constatar que este mecanismo se ha encontrado de manera consistente en tareas de detección. Aunque las primeras investigaciones sobre el estudio de la IR no se hallan referencias relativas a la replicación de este mecanismo en tareas de discriminación (Egly et al., 1992; Tanaka y Shimojo, 1996; Terry et al., 1994), los trabajos posteriores de Lupiáñez, Milán, Tornay, Madrid y Tudela (1997) encontraron IR usando tareas de discriminación, siendo numerosos los estudios posteriores que han replicado tal observación (Danziger, Kingstone y Snyder, 1998; Pratt, Kingstone y Khoe, 1997; o revisión de Pratt y Abrams, 1999).

Sin embargo, y como se indicó en el párrafo anterior, el tipo de tarea condiciona el curso temporal de este mecanismo atencional, observándose que la IR aparecería más tarde, con SOAs de 700 y 1000 ms., mientras que en las tareas de detección suele encontrase con SOAs de hasta 300 ms (Posner, Rafal, Choate y Vaughan, 1985).

La literatura clásica en este ámbito de investigación empleó señales periféricas para estudiar el mecanismo de IR, por lo que tradicionalmente se ha relacionado con la atención exógena (véanse revisiones de Klein, 2000; Lupiáñez, Tudela y Rueda, 1999 o Taylor y Klein, 1998). Sin embargo, a partir de los hallazgos de Rafal et al. (1989), encontrando el efecto de IR empleando señales centrales (flechas) (preparación de un movimiento sacádico, aunque no llegara a ejecutarse), se ha sugerido que dicho mecanismo también estaría modulado por factores endógenos. Tales resultados son altamente interesantes dado que soporta la hipótesis de que la IR es un efecto robusto que sería clave en el procesamiento de la información.

Finalmente, se ha constatado en multitud de estudios (Lupiáñez et al., 1997; Tassinari, Biscaldi, Marzi y Berlucchi, 1989) que el efecto de IR puede explicarse con el paradigma de costes y beneficios (Posner y Cohen, 1984), ya que la IR actuaría como un mecanismo que reduciría el coste atencional que supondría el volver a explorar una localización previamente atendida (señalada), facilitando o beneficiando la exploración de nuevas localizaciones (no señaladas).

Para concluir este subapartado, a continuación se mostrará una tabla que resume las principales características que definen los mecanismos de facilitación atencional e IR, así como las variables que intervienen un su modulación sobre la respuesta.

Tabla 1.1: Factores moduladores de los mecanismos de Facilitación atencional e IR. Modificado y ampliado de R.D. Wright y C.M. Richard (1998).

	Facilitación Atencional	**Inhibición de Retorno**
SOA	SOA < 200 ms	SOA > 300 ms hasta 3000 ms
Carácter predictivo de la señal	Efecto mínimo o inexistente	Requiere señales no informativas
Efectos de Practica- Aprendizaje	Escaso efecto o inexistente	Reducción del SOA necesario para IR
Repetición de localización	Escaso efecto o inexistente	Reduce la magnitud de la IR
Tareas Concurrentes	Repetición de localización	Reduce la magnitud de la IR
Tareas de detección	SOAs más cortos (<300 ms)	SOAs más largos (> 300 ms)
Tareas de discriminación	SOAs de hasta 700 ms	Más tardía (SOAs > 700 ms)

3.4. EL EFECTO SIMON

3.4.1. Selección de respuesta y efecto de correspondencia estímulo- respuesta.

Existen ciertas situaciones donde los sujetos han de responder a tareas simples de estímulo-respuesta en función de una consigna previamente establecida. En estas tareas a veces se dan ciertos efectos facilitadores o inhibidores del rendimiento en función de que interactúen positivamente o, por el contrario, entren en conflicto, dimensiones perceptivas, conceptuales o estructurales del estímulo y la respuesta (Kornblum, Stevens, Whipple y Requin, 1999).

La selección de respuestas adecuadas a las demandas planteadas por los estímulos del entorno es un proceso clave que condiciona la eficiencia de la conducta. En el ámbito de la psicología este tipo de procesos está muy relacionado con la denominada "compatibilidad estímulo-respuesta" (Fitts y Seeger, 1953). Este efecto de compatibilidad se da tanto cuando los atributos espaciales del objetivo son relevantes para la tarea (efecto de compatibilidad) como cuando son irrelevantes (efecto de correspondencia o Simon). Así, y como se muestra en la tarea de detección de la Figura 1.7., cuando hemos de responder moviendo el brazo derecho o izquierdo según la localización de un objetivo que pueda presentarse en el lado derecho o izquierdo del campo visual, se observa que el rendimiento es superior (menores tiempos de reacción o mayor precisión en la respuesta) en aquellas condiciones congruentes o de correspondencia estímulo- respuesta (objetivo en lado izquierdo y respuesta con lado izquierdo).

El efecto Simon, que debe su nombre al investigador que lo definió inicialmente (Simon y colaboradores, 1967; 1969, 1970), y trata de explicar la ventaja en el rendimiento que se observa en aquellas respuestas que corresponden espacialmente a la localización relativa del objetivo (ipsilaterales), respecto a aquellas respuestas que no corresponden (contralaterales), pero a diferencia del efecto de compatibilidad descrito en el párrafo anterior, cuando la localización espacial del objetivo es un atributo irrelevante para la tarea (véase revisión de Lu y Proctor, 1995).

Este efecto ha sido relacionado con mecanismos de orientación atencional (Umiltà y Nicoletti, 1992), que operaría en el estadio de selección de respuesta (véase revisión de Simon, 1990).

Una tarea típica que suele emplearse para estudiar el efecto Simon es la mostrada en la tarea de discriminación de la Figura 1.7., donde los participantes han de responder presionando una tecla con la mano derecha o izquierda en función del color del objetivo de acuerdo a una regla arbitraria previamente prefijada (en nuestro ejemplo, rojo=mano izquierda y amarillo= mano derecha), variando la posición del objetivo en el eje horizontal (indicada por la posición de los marcadores).

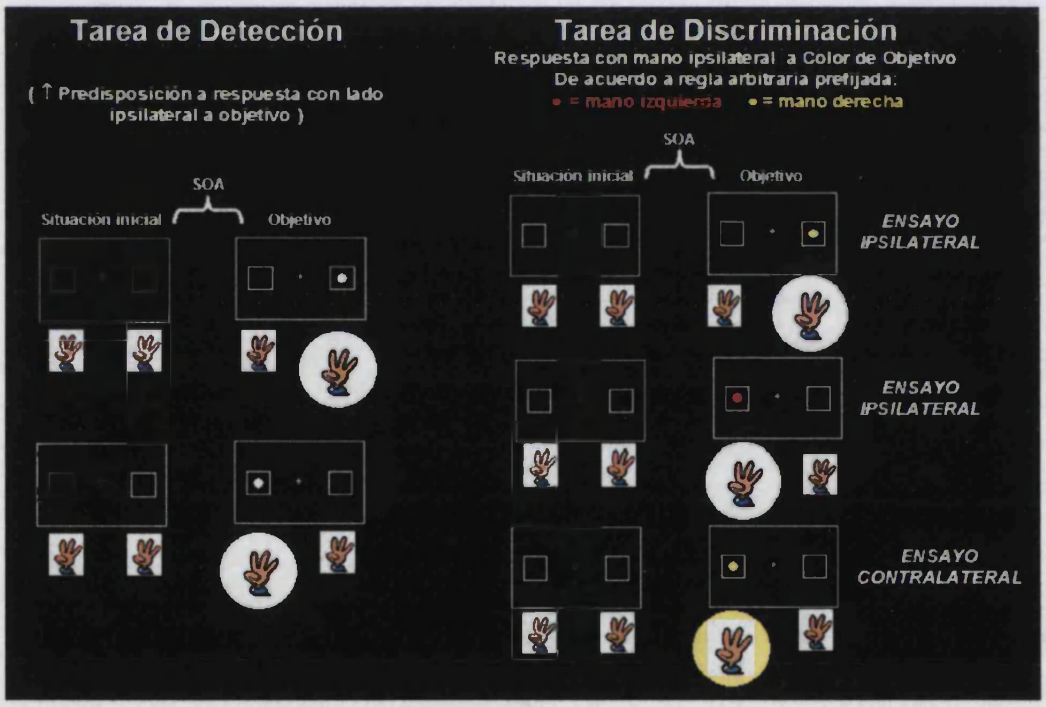

Figura 1.7. Manifestación del Efecto Simon en una tarea de detección y en una tarea de discriminación en función del tipo de ensayos experimental. Modificación de la tarea de Craft y Simon (1970). Los círculos en color blanco muestran la mano con la que se debe responder. El círculo amarillo muestra una tendencia a la respuesta con la mano ipsilateral al lugar de aparición del objetivo, aunque la mano de respuesta ha de ser la contraria.

Superficialmente, el efecto Simon parece muy similar a otro efecto de orientación atencional denominado efecto "Stroop" (Dyer, 1971, 1973). Este fenómeno fue definido inicialmente por James Stroop en 1935 como un error y/o retraso al nombrar el color de una palabra, que a su vez, designa un color incongruente con el de la tinta (véase figura 1.8).

Figura 1.8. Manifestación del Efecto Stroop en una tarea donde interaccionan negativamente dos tipos de información: color y texto de palabra.

El efecto Stroop es un efecto de compatibilidad que se da cuando: (1) la respuesta requerida comparte la misma modalidad (dimensión de respuesta) que la del estímulo o (2) el estímulo, aunque con una única forma, posee diferentes atributos (dimensiones del estímulo).

Como puede observarse en el ejemplo citado más arriba, la interacción entre dos códigos de información del estímulo,- en este caso el color y del texto y el significado de la palabra-, dificulta el procesamiento de uno de ellos, en este caso, la discriminación del color del texto, incluso cuando se indica que el texto es irrelevante para la tarea, ya que el procesamiento-lectura del texto se da de forma automática, dominando sobre el procesamiento de la información del color, que es una situación novedosa. Por tanto existe un solapamiento de diferentes dimensiones del estímulo que interactúan en su procesamiento. La fuente de conflicto, puede deberse a una interferencia a nivel de respuesta, central (de significado).

En el efecto Stroop suele darse una tendencia a la asociación automática de las dimensiones del estímulo- respuesta intrínsecamente similares entre ellas. Por tanto, la diferencia básica existente entre el efecto Simon y el efecto Stroop es que en este último, la dimensión irrelevante del estímulo es intrínseca a éste (texto, color, forma,...) mientras que en el efecto Simon es una propiedad extrínseca (su localización espacial).

El efecto que tiene la información no relevante sobre el rendimiento en la tarea tanto en el efecto Simon (localización el objetivo) como en el Stroop (significado de la palabra) se relaciona con la dominancia del procesamiento automático de la información visual. Así, en el ejemplo Stroop, predomina la tarea de lectura de la palabra, ya que es lo que estamos más acostumbrados a realizar. En este sentido, los procesos controlados son más lentos y demandan más recursos atencionales que los procesos automáticos (Notebaert, 2003).

En el ámbito de las actividades físicas el efecto Simon tiene importantes implicaciones prácticas, ya que pone en evidencia el hecho de que el procesamiento de la información vinculada a la localización de los objetos no es ignorado, sino todo lo contrario, ya que afecta a la selección de respuesta, incluso cuando el individuo sea consciente de la irrelevancia de tal información para la ejecución de una tarea.

Por ejemplo, una aplicación interesante del efecto Simon podría relacionarse con el diseño de instrumentos en aparatos y maquinarias. Los paneles de control bien diseñados deberían de incluir los pulsadores correctores de ciertos problemas en el mismo lado de donde aparece el problema (por ejemplo, si percibo que falla el motor izquierdo en un avión bimotor, seré más rápido si el corrector de potencia se sitúa en el mismo lado del lado que si se localizase en el contrario).

Un ejemplo aplicado al ámbito deportivo podríamos observarlo en el judo. Si consideramos que la acción del contrario consistente en dar un paso atrás con la pierna izquierda mientras que realiza cierto tipo de agarre es relevante o indicadora para una respuesta táctica por mi parte, podríamos plantear un entrenamiento de respuesta de reacción basada en el movimiento de mis brazos o piernas derechos, ya que será una reacción más rápida que la contralateral.

3.4.2. Características del efecto Simon.

Parece existir bastante consenso en la literatura a la hora de explicar las bases funcionales de este mecanismo, relacionándose con la existencia de un conflicto o congruencia en el procesamiento de la información visual que codifica dos estímulos relacionados con el estímulo-respuesta. Dichos códigos que interactúan son, por un lado, la localización espacial del objetivo (que es irrelevante para la tarea), y por otro, las consignas o instrucciones concretas de la tarea, no relacionadas con la identidad espacial del objetivo (DeJong, Liang y Lauber, 1994; Hommel, 1994a).

Tales explicaciones son congruentes con la hipótesis de la existencia de dos vías paralelas de selección de respuesta (Hommel, 1997; Zhang, Zhang y Kornblum, 1999). Según esta hipótesis existirá una primera vía que procesaría la dimensión relevante (o indirecta) de respuesta para la tarea,-en el ejemplo de la Figura 1.7 el color-, y la otra, más directa y determinada por la localización espacial del objetivo, que no es relevante para la tarea,- el lugar de aparición-.

En tareas de detección simple, la respuesta es desencadenada por la simple aparición del estímulo objetivo, sin ser necesaria la discriminación de distintos atributos de aquel, por lo que no existen interacciones a nivel de procesamiento de la información visual. Este puede ser uno de los motivos por los cuales en algunos trabajos disminuya la robustez del efecto Simon en tareas de detección, incluso llegando a desaparecer (Bashore, 1981; Marzi, Bisiacchi y Nicoletti, 1991 o revisión de Hommel, 1996a).

Multitud de estudios coinciden al señalar que el efecto Simon no se ve influido por factores que afectan a la ejecución de la respuesta (Hasbroucq, Guiard y Kornblum, 1989; Spijkers, 1990), por lo que este mecanismo se relaciona con los fenómenos de selección de respuesta (Lu y Proctor, 1995). Tal naturaleza del efecto Simon explica que su manifestación a nivel conductual sea sobre la variable "Tiempo de Reacción" (TR), es decir, el tiempo que transcurre desde la aparición del objetivo hasta el inicio de la acción, y no sobre el "Tiempo de Movimiento" (TM), es decir, el tiempo que transcurriría desde el desencadenamiento de la acción hasta su finalización.

Aún así, algunos estudios han observado manifestación del efecto Simon en la variable TM, explicándose este hecho porque la naturaleza de la tarea a ejecutar hacía que la selección de respuesta se diese tras el desencadenamiento de la acción, es decir, tras el TR (Hietanen y Ramä, 1995; Rubichi, Nicoletti, Umiltà y Zorzi, 2000).

En lo referente a la naturaleza de las tareas en las que se ha observado el efecto Simon, cabe resaltar que no sólo se ha obtenido en tareas que emplearon estímulos estacionarios, poco frecuentes en contextos ecológicos (ver revisión de Lu y Proctor, 1995) sino también con estímulos y respuestas de carácter dinámico donde los objetos, el observador o ambos cambiaban su posición relativa, más propios de situaciones naturales (Bosbach, Prinz y Kerzel, 2005; Ehrenstein, 1994; Michaels, 1988).

Por otra parte, aunque la mayoría de los trabajos clásicos estudiaron el efecto Simon presentando el estímulo objetivo en un eje horizontal, otros estudios como los de Stürmer, Leuthold, Soetens, Schröter y Sommer (2002) han descrito la obtención del efecto Simon cuando las posiciones del objetivo oscilaban a lo largo del eje vertical.

En cuanto a la manifestación o latencia del efecto en el tiempo, muchos estudios coinciden en la observación de que en el efecto Simon, el código espacial de localización, una vez activado, disminuye rápidamente en un periodo aproximado de 300 a 400 ms tras la aparición del objetivo (Lu y Proctor, 1995; Umiltà y Nicoletti, 1990). Otros trabajos como los de Hommel (2002), Roswarski y Proctor (1996) o Zhang y Marcia (2004) han comprobado que, en ciertas tareas, este efecto llega a manifestarse en periodos superiores a 700 ms desde la aparición del estímulo, implicando la relación de este tipo de procesamientos con la memoria de trabajo.

Diferentes trabajos han estudiado cómo se manifiesta el efecto de correspondencia espacial estímulo- respuesta en protocolos que emplearon señales de orientación atencional exógena ("*cues*") y endógena. Existe disparidad en los resultados de estos trabajos, ya que algunos como los de Hommel (1993, 1996b) o Proctor, Lu y Van Zandt (1992), muestran que el efecto Simon se ve modulado por factores atencionales (señales predictivas y no predictivas), aportando evidencias en favor de la participación de este mecanismo en el proceso de selección de respuesta, más que su

implicación en fases perceptivas de identificación de estímulos. Sin embargo, otros trabajos como los de Hommel (1996c), Memelink y Hommel (2004) o Roswarski y Proctor (2003) no obtuvieron modulación del efecto según las consignas de la tarea o factores de señalización previa, argumentando que este mecanismo atencional estaría fundamentalmente modulado por los requerimientos motores de la tarea.

Por otra parte, Ivanoff (2003) estudió la interacción entre el efecto de SOA y el efecto Simon, informando que éste se incrementaba conforme aumentaba el SOA, sugiriendo que la activación automática que genera el código espacial irrelevante para la tarea se retrasa hasta que el código relevante va activándose, lo que se relaciona con la posible existencia de una capacidad limitada del proceso de selección de respuesta.

3.5. NEUROFISIOLOGÍA DE LA ATENCIÓN.

3.5.1. Neurofisiología del sistema atencional.

Sobre la base de la existencia de los dos sistemas de transmisión y procesamiento de la información visual (ver apartado 1.5.3.), en este apartado del marco teórico se realizará una breve revisión acerca de las bases anatómicas y neurofisiológicas del sistema atencional en general (véase revisión reciente de Corbetta, Kincade y Shulman, 2002), y de los supuestos mecanismos que producen los efectos de IR y Simon expuestos anteriormente.

La teoría atencional de Posner propone la existencia de tres sistemas o redes atencionales: Control Ejecutivo, Alerta y Orientación Atencional, cada una de ellas localizadas en zonas específicas del cerebro, implicadas en la atención selectiva y el control cognitivo, cuyo papel es básico en la construcción de lo que experimentamos de manera consciente (Posner y Raichle, 1994).

Nuestro objeto de estudio se centra en la red de Orientación Atencional, que desde el punto de vista neurofisiológico se ha relacionado con diferentes estructuras del cerebro medio, y especialmente con los colículos superiores (Gitelman, Parrish, Friston y Mesulam, 2002; Lomber, Payne y Cornwell, 2001).

Según muestran las investigaciones que han profundizado en el conocimiento de las bases neurofisiológicas del sistema de orientación atencional, parece ser que en un primer momento, las estructuras neurales que intervienen en la orientación atencional son los colículos superiores y el área posterior parietal (7A), siendo este hecho un indicador de la posible participación de la vía dorsal (vinculada al procesamiento del "dónde" y "cómo" relacionado con la acción) en el control de la atención.

La participación de los colículos superiores se vincula con la "conexión" atencional asociada a los cambios de dirección de la mirada, es decir, con los movimientos oculares sacádicos que posibilitarían la captura de la información visual novedosa (Muñoz, Dorris, Pare y Everling, 2000; Schall, 1995). La Figura 1.9 muestra gráficamente como se lleva a cabo la exploración y captación de la atención mediante los movimientos sacádicos.

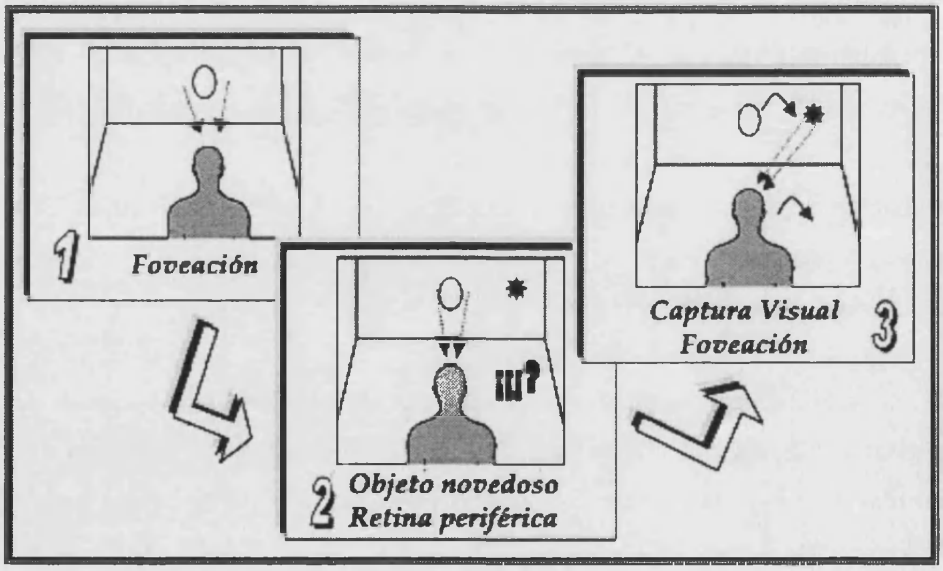

Figura 1.9. Captura atencional de elementos novedosos (Huertas, Castellote y Sanegre, 2000).

Por otro lado, las neuronas corticales de 7A participarían en los cambios de la orientación atencional que no implican movimientos oculares ni variaciones de la dirección de la mirada (Motter, 1998).

En lo que respecta a la participación de la vía ventral en los procesos atencionales, las regiones corticales que se han asociado a tales procesos son las áreas V4 y la Infero temporal (IT) (Connor, Gallant, Preddie y Van Essen, 1996). Esta activación se ha encontrado cuando el individuo realizaba movimientos sacádicos, pero fundamentalmente cuando se plantearon tareas que requerían una discriminación perceptiva (Desimone y Moran, 1985).

Una función similar a la de V4 parecen desempeñar en estas tareas de discriminación las áreas corticales V1 y V2, sobre todo cuando existen estímulos distractores o que "compiten" por ser percibidos (Motter, 1993).

Como se indicó anteriormente (véase apartado 2.2.1.), y como muestran los trabajos iniciales de Posner y Petersen (1990) y otros posteriores que han empleado distintas técnicas de registro (cronometría mental, tomografía computerizada o resonancia magnética), se ha demostrado la existencia de distintas redes neurales implicadas en diferentes procesos vinculados al control de la atención: la red de orientación visual, de atención ejecutiva y de alerta o vigilancia, que se ubicarían en diferentes estructuras anatómicas.

Las características fundamentales de cada una de estas redes atencionales serán resumidas a continuación.

- La *red para la orientación visual* estaría implicada en las funciones de traslado de la atención desde un foco actual de fijación hacia otras áreas del campo visual donde aparece un estímulo cuyas propiedades, su carácter novedoso o su aparición súbita lo hacen potencialmente relevante. Esta red dirigiendo la acción del cerebro medio, mientras que el tálamo seleccionaría los contenidos relevantes del área atendida para ser priorizados por la atención ejecutiva. Esta función estaría fundamentalmente dirigida por el lóbulo parietal posterior.

- La *red para la atención ejecutiva* entraría en funcionamiento una vez se ha producido el desplazamiento atencional, y se ha priorizado la información visual relevante. La función de esta red es posibilitar que la respuesta se adecue a nuestras metas e intenciones (planificación de respuesta, planteamiento de estrategias de intervención o solución de conflictos). Esta red se activaría de forma prioritaria en aquellas situaciones en las que nos enfrentamos a tareas novedosas, no automatizadas, en las que se ha de monitorizar la activación de la respuesta adecuada. También intervendría en tareas aprendidas, pero en las que existe conflicto entre diferentes respuestas posibles y dónde debemos seleccionar la respuesta más adecuada al contexto, no la más automatizada. Esta red estará localizada más en las estructuras implicadas en la vía ventral, relacionados con el procesamiento de "qué" significado tiene la información o "cómo" plantear la respuesta.

- La *red para la vigilancia* sería responsable del mantenimiento de un estado de activación y alerta basal, influyendo en el resto de redes atencionales citadas anteriormente, posibilitando el incremento de la eficiencia de la red de orientación atencional y en situación de elevada alerta suprimiendo puntualmente la actividad de la red de la atención ejecutiva, para asegurarnos la acción rápida, aún en detrimento de la precisión de la misma.

Sin embargo, cabe resaltar que las distintas redes atencionales mencionadas interactúan entre sí, y existen evidencias de que la atención endógena,- vinculada a la red ejecutiva-, modula la respuesta a la aparición de estímulos en visión periférica (atención exógena, muy relacionada con la red de alerta y de orientación) (Driver, Davis, Ricciardelli, Kidd, Maxwell et al., 1999; Huertas, Castellote y Sanegre, 2001; Vanni y Utelà, 2000).

3.5.2. Neurofisiología de la Inhibición de Retorno.

Como se ha señalado más arriba, el sistema atencional, y más concretamente la IR se ha relacionado con diferentes estructuras del cerebro medio, y especialmente con los colículos superiores (Dorris, Klein, Everling y Muñoz, 2002; Pratt y Rafal, 2000; Sapir, Soroker, Berger y Henik, 1999). En este sentido se ha comprobado la existencia de proyecciones asimétricas de la retina a los colículos, demostrándose el mayor número de aferencias del hemicampo temporal respecto al nasal en los colículos superiores, mientras que a nivel cortical la proyección es simétrica.

Los resultados de estudios monoculares muestran que el efecto de IR es mayor cuando la señal se presentaba en el hemicampo temporal, respecto a cuando se presentaba en el hemicampo nasal (Sapir, Rafal y Henik, 2002), asimetría que implicaría a la vía retinotectal y a los colículos superiores en el control de la conducta guiada visualmente.

Por otro lado, Posner et al. (1985) observaron que en experimentos pasados a pacientes que se encontraban en las primeras etapas de desarrollo de parálisis supranuclear progresiva (enfermedad degenerativa que afecta a los colículos superiores, y que en esta etapa afecta sólo a los movimientos verticales de los ojos, pero no a los horizontales), sólo se obtenía IR cuando la respuesta al objetivo se realizaba en el eje horizontal, no en el vertical. Esto demuestra la participación de los colículos en la orientación atencional y la IR.

Si consideramos variables de tipo evolutivo, tanto a nivel filogenético como ontogenético, se ha comprobado que la ruta retinotectal colicular es más antigua que la genicular. Por ello se ha llegado a obtener IR en bebés de pocos meses de vida (Simion, Valenza, Umiltà y Dalla Barba, 1995; Valenza, Simion y Umiltà, 1994), variando la excentricidad a la que se puede obtener IR en función de la capacidad de realizar movimientos sacádicos (Harman, Rothbart y Posner, 1997, o Harman, Posner y Rothbart 1992).

Las evidencias presentadas en los párrafos anteriores confirman la implicación de los colículos superiores, no sólo en los movimientos oculares, sino también en el desplazamiento atencional que se produce en el efecto de IR, no sólo en lo referido al sistema visual, sino también en las modalidades auditivas y táctiles, puesto que los colículos reciben aferencias de los tres sistemas perceptivos (Spence, Nicholls, Gillespie y Driver, 1998).

Para finalizar, cabe resaltar que una de los principales aspectos sobre los que existe cierta controversia se refiere a la naturaleza activadora o inhibidora de la IR sobre procesos oculomotores. Autores como Rafal et al. (1989) postulan que la IR estaría causada por procesos que desencadenarían una activación del sistema óculo-motor, mientras que otros como Abrams y Dobkin (1994) defienden la postura opuesta, basada en la existencia de mecanismos inhibidores de la respuesta del sistema óculo-motor.

En esta línea de investigación, y con el objetivo de profundizar en el conocimiento de la naturaleza del mecanismo de IR se torna clave la profundización en un estudio sobre la actividad eléctrica en los colículos superiores de monos realizado por Dorris et al. (2002). En este trabajo se estudiaron los movimientos oculares de monos entrenados en una tarea de IR, registrando la actividad neural de células individuales de las capas superficiales e intermedias de los colículos superiores. Los resultados de este estudio muestran que cuando el objetivo se presentaba a la localización previamente señalada (IR), la respuesta licitada por el estímulo estaba atenuada respecto a las condiciones no señaladas (mayores TR), y además, la magnitud de esta respuesta correlacionaba significativamente con los tiempos de reacción de las sacadas siguientes. El aspecto novedoso del estudio de Dorris y colaboradores. yace en la observación de que tal atenuación de la activación no se debía a una inhibición activa de estas células de los colículos, sino todo lo contrario, es decir, que la aparición de la señal en aquellas condiciones experimentales generaban un incremento de la actividad eléctrica de estas neuronas. Además, estos autores observaron que la microestimulación de estas neuronas de los colículos superiores por parte de los experimentadores en tareas de IR provocaba menores tiempos de reacción de los movimientos sacádicos.

Estos datos sugieren la hipótesis de que aunque los colículos superiores participan en la expresión de la IR, esta estructura no es la que provoca la inhibición de la respuesta. Los autores del trabajo anterior coincidirían con los de otros estudios más recientes como Mayer, Dorflinger, Rao y Seidenberg (2004) o Mayer, Seidenberg, Dorflinger y Rao (2004) que sugieren que la IR podría originarse a nivel cortical, ya que estos últimos han observado incrementos en la activación de ciertas regiones corticales en los ensayos señalados de IR que podrían estar asociadas con la inhibición del control óculo-motor. En este sentido, nuestros experimentos tratarán de aportar nuevas evidencias neurofisiológicas (respuesta electromiográfica) y cinemáticas (tiempo de reacción y de movimiento) que traten de aclarar tales discrepancias relativas a la naturaleza activadora- inhibidora de este mecanismo atencional.

3.5.3. Neurofisiología del efecto Simon.

Estudios electrofisiológicos como los DeJong, Wierda, Mulder y Mulder (1988), basados en LRP (del inglés *"Lateralized Readiness Potencial"*) muestran como en tareas típicas del efecto Simon se observa un incremento en la actividad del córtex motor contralateral al lugar de aparición del objetivo. Si este LRP temprano implica la activación de la respuesta correcta, el LRP continua incrementando su activación, y la respuesta se ejecuta cuando el LRP alcanza cierto umbral (Gratton, Coles, Sirevaag, Eriksen y Donchin, 1988). Si la respuesta inicialmente activada (cuyo pico óptimo de activación se suele hallar aproximadamente a los 200 ms) no coincide con la respuesta requerida por los parámetros intrínsecos del objetivo (consigna) el LRP incorrecto tiende a desaparecer (Stürmer et al., 2002). Esta disminución de la activación cortical en el tiempo puede relacionarse con cierta participación de la memoria de trabajo que podrían intervenir en este tipo de mecanismos (Hommel, 1994a).

Otros trabajos electrofisiológicos que vinculan el efecto Simon con los procesos motores de selección de respuesta son los de De Jong, Liang y Lauber (1994), Eimer, (1995), Valle-Inclán, Hackley y de Labra (2002), todos ellos empleando LRP, o Zachay (1991) estudiando subumbrales de activación electromiográfica.

3.6. RELACIONES ENTRE LA INHIBICIÓN DE RETORNO Y EL EFECTO SIMON.

Como se ha descrito anteriormente (véase apartado 3.3), la IR se ha vinculado con funciones propias de la exploración de localizaciones espaciales novedosas, y por tanto con la función de búsqueda visual vinculada a la selección de respuesta (Klein, 2000). Sin embargo, en los apartados precedentes se mostró la controversia existente en lo relativo a los estadios (procesamiento perceptivo o procesos motores) en los que se origina la IR.

La naturaleza motora del efecto Simon está claramente reconocida en la literatura (véase revisión de Simon, 1990 o Valle- Inclán y Redondo, 1998), vinculándose con la activación automática de respuestas a partir del procesamiento preferencial de los atributos más evidentes del objetivo, en este caso, su localización espacial, respecto a los más demandantes de recursos perceptivos para la tarea (discriminación de color, texto, orientación,...). Como se indicó en el apartado 3.4.2., la independencia del efecto Simon de factores moduladores de la ejecución de la respuesta hace que este mecanismo se relacione con los fenómenos de selección de respuesta (Lu y Proctor, 1995).

Si como muestran los resultados de trabajos como los de Abrams y Dobkin (1994); Fuentes, Vivas y Humphreys (1999) o Ivanoff y Klein (2001), la IR es igualmente el resultado de procesos de selección de respuesta, de acuerdo a la lógica de los procesos aditivos (Sternberg, 1969), debería de observarse una interacción entre la IR y el efecto Simon. Sin embargo, contradiciendo esta hipótesis, numerosos estudios han descartado tal interacción entre ambos mecanismos (Lupiáñez et al., 1997; Lupiáñez y Milliken, 1999; Lupiáñez y Solano, 1998; Pratt et al., 1997). Sólo los estudios de Lupiáñez et al. (1997) en la condición de SOA de 1000 ms, y Fuentes, Vivas, de Labra, Valle-Inclán y Alonso (2002) informaron de una interacción significativa entre la IR y el efecto Simon, similares a los resultados de Pratt et al. (1997), aunque en este último caso la interacción estadística fue de carácter marginal ($p < .09$).

En ambos estudios la interacción indicaba un mayor efecto Simon en los ensayos señalados respecto a los no señalados. Posteriormente, Ivanoff, Klein y Lupiáñez (2002) trataron de profundizar en el estudio de esta interacción mediante un metaanálisis de 6 trabajos donde se manipulaban distintos tipos de tareas y SOAs. Los resultados de este trabajo muestran una clara interacción entre la IR y el efecto Simon (el efecto Simon duplica su magnitud en los ensayos señalados) que parece apoyar la hipótesis de que ambos mecanismos se originan en una misma fase de procesamiento: la selección de respuesta.

En el siguiente apartado de la presente tesis doctoral se profundiza en el estudio de la manifestación de estos mecanismos atencionales en tareas más ecológicas que las empleadas de forma clásica en la literatura relativo al conocimiento del la IR y el efecto Simon. Estos estudios permitirán aportar nuevas evidencias que contribuyan a consolidar el conocimiento de la fase de procesamiento en que se originan ambos mecanismos como determinantes de la acción motriz.

II

Planteamiento de la Investigacion:

Objetivos e Hipótesis

OBJETIVOS.

La presente tesis doctoral surge como intento de dar respuesta a la cuestión de cómo se ve modulada la conducta motriz por la información visual, y más concretamente por los procesos atencionales.

En multitud de acciones de la actividad cotidiana y, con más claridad aún, en infinidad de situaciones deportivas, podemos observar cómo la conducta motriz está gobernada por el procesamiento de la información espacio- temporal que percibimos del entorno. Así, los objetos aparecen en determinados lugares del espacio y son percibidos de forma simultánea o consecutiva en el tiempo.

En este sentido, y considerando el estado actual del conocimiento, el presente trabajo de investigación profundizará en el conocimiento de la influencia de los procesos atencionales sobre la respuesta motriz en contextos de acción más cercanos a situaciones naturales.

Objetivo general.

El objetivo principal de la presente investigación es:

- Mejorar el conocimiento acerca de cómo el rendimiento de la conducta motriz dirigida visualmente se ve afectado por ciertos mecanismos de orientación atencional, más concretamente los mecanismos responsables de los efectos de Inhibición de Retorno y Simon.

Objetivos específicos.

Los objetivos específicos que persigue la presente investigación son:

1. Replicar la manifestación del mecanismo de Inhibición de Retorno en tareas de discriminación y en situaciones de respuesta motriz más ecológicas (alcance y agarre de objetos) que las empleadas tradicionalmente en el estudio de la orientación atencional.

2. Estudiar la existencia de un posible efecto de tarea en la manifestación de la Inhibición de Retorno.

3. Identificar los componentes de la conducta motriz (tiempo de reacción y tiempo de movimiento) que se ven modulados por los mecanismos de orientación atencional estudiados (Inhibición de Retorno y efecto Simon).

4. Explorar las posibles interacciones entre la Inhibición de Retorno y el efecto Simon con el propósito de aportar nuevas evidencias que ayuden a comprender el estadio de procesamiento de la información en que se originan.

5. Caracterizar el desencadenamiento de la contracción muscular por los mecanismos atencionales estudiados, con el propósito de mejorar en el conocimiento de su naturaleza activadora- inhibidora.

HIPÓTESIS.

La revisión y análisis de la literatura existente nos induce a plantearnos las siguientes hipótesis de investigación, que a continuación se clasifican en función del distinto ámbito de actuación en el proceso de percepción-acción:

- ***Control motor de la acción dirigida visualmente.***

  1. Las demandas perceptivas de la tarea modularán el Tiempo de Reacción y no el Tiempo de Movimiento.

- ***Orientación de la atención en el tiempo.***

  2. La generación de expectativas temporales vinculadas a la aparición de determinados estímulos visuales posibilita una preparación del individuo para la acción.

- ***Efecto de correspondencia espacial de estímulo-respuesta.***

  3. Si el efecto Simon es un mecanismo de selección de respuesta, su manifestación será observable en las etapas iniciales de la respuesta motriz (Tiempo de Reacción), no observándose en el desarrollo de la acción (Tiempo de Movimiento).

  4. Si el efecto Simon es un mecanismo de selección de respuesta que se relaciona más con procesos motores que perceptivos, su magnitud será mayor en el SOA corto que en el SOA largo debido a la mayor contigüidad temporal entre señal y objetivo.

- ***Orientación de la atención en el espacio.***

5. Si la Inhibición de Retorno se origina en etapas perceptivas de procesamiento de la información para la acción, la manifestación de este mecanismo debe observarse en el inicio de la activación muscular (Tiempo de Reacción) y no se verá alterada por aspectos motores (Tiempo de Movimiento).

6. Si la Inhibición de Retorno es un mecanismo atencional que afecta al procesamiento perceptivo general de la información, este efecto ha de manifestarse de forma robusta tanto en tareas de detección como de discriminación.

7. Si tanto la magnitud del efecto de Inhibición de Retorno como su curso temporal dependen del nivel de procesamiento perceptivo-cognitivo demandado por la tarea, el efecto de la captura atencional (facilitación e IR) será mayor en las tareas que requieren menores niveles de procesamiento.

8. Si el efecto Simon y la Inhibición de Retorno operan en una misma fase de procesamiento de la información (selección de respuesta) debería hallarse una interacción significativa entre ambos efectos atencionales.

9. Si la aparición de la señal en la Inhibición de Retorno desencadena procesos motores de carácter activador a nivel subcortical (colículos superiores), este mismo efecto activador podría hallarse a nivel de la respuesta motora temprana (variación del tono muscular), lo que sería coherente con la hipótesis del origen cortical del efecto inhibidor en la IR.

III
Estudios Experimentales

EXPERIMENTO 1

EFECTO DE LA INHIBICIÓN DE RETORNO SOBRE DIFERENTES COMPONENTES DE LA ACCIÓN EN DOS TAREAS MANUALES GUIADAS VISUALMENTE ("ALCANCE" vs. "AGARRE")

1. EXPERIMENTO 1: EFECTO DE LA INHIBICIÓN DE RETORNO SOBRE DIFERENTES COMPONENTES DE LA ACCIÓN EN DOS TAREAS MANUALES GUIADAS VISUALMENTE ("ALCANCE" vs. "AGARRE").

1.1. Introducción.

Como se indicó en el marco teórico, el sistema visual participa en la exploración del entorno donde nos encontramos, monitorizando los estímulos que aparecen en el campo visual, en principio con independencia de su relevancia para la regulación de la conducta motriz. En este proceso complejo, la atención juega un papel clave en la optimización del proceso perceptivo, ya que una de sus funciones es precisamente evitar la interferencia que pueden provocar los estímulos no relevantes, o distractores, sobre el procesamiento, programación y ejecución motriz. En este sentido, una de las formas de concebir la atención de un modo funcional es entendiéndola como la capacidad para "controlar" el sistema visual y optimizar los recursos mediante la discriminación entre los objetos distractores y los relevantes para el control de la conducta motriz.

En el contexto deportivo esta función es altamente relevante para el rendimiento como puede observarse en estudios recientes como los de Lum et al., 2002; Huys y Beek, 2002; Radlo et al., 2001; Wilson y Maruff, 1999; Czigler et al., 1998. De ahí que una correcta orientación de la atención a los lugares donde tiene lugar la estimulación relevante para la tarea que se debe realizar sea crucial para el éxito de la misma. En este sentido, y como se indicó en el marco teórico de la presente tesis, los estudios sobre orientación de la atención en el espacio han mostrado de forma consistente marcados beneficios en la ejecución de diferentes tareas cuando el estímulo objetivo al que se debe responder aparece en el lugar donde el individuo está atendiendo (Posner, 1980). Sin embargo, la magnitud y curso temporal de dicho beneficio varía en función de las condiciones espacio temporales en las que acontezcan los eventos y la naturaleza de la tarea a realizar.

La atención puede orientarse a un lugar u objeto determinado bien de forma voluntaria o endógena, en base a una expectativa concreta, o de forma involuntaria o exógena, en bases a ciertas características de los objetos, como su novedad o aparición repentina, que capturan la atención de una forma automática (véase Ruz y Lupiáñez, 2002, para una revisión sobre este tema). Cuando tenemos certeza de que el estímulo objetivo aparecerá en un lugar determinado parece lógico que mantengamos la atención en el lugar esperado hasta la aparición del estímulo, y que sólo entonces retiremos la atención de ese lugar.

La literatura muestra que los efectos de la orientación voluntaria o endógena se mantienen durante largos intervalos de tiempo. No obstante, cuando la orientación se produce de forma automática ante la aparición abrupta de un estímulo cualquiera, es lógico que orientemos la atención hacía su lugar de aparición con el objetivo de poder hacernos rápidamente una idea del estímulo en cuestión y actuar en consecuencia. Sin embargo, si tal estímulo es irrelevante para nuestra tarea, sería de esperar que retirásemos pronto la atención del lugar que ocupa, en espera de orientarla a otro lugar, potencialmente más relevante para la acción a realizar. De hecho, los trabajos sobre orientación exógena de la atención informan que los beneficios de la orientación atencional duran muy poco tiempo con posterioridad a la aparición del estímulo que la captura. Así, transcurrido cierto tiempo se observa un peor rendimiento (mayores tiempos de reacción e índices de error) en respuestas a objetivos que aparecen en localizaciones previamente atendidas (señaladas por la aparición abrupta de un estímulo que capturó la atención) respecto a aquellos objetivos que aparecen en regiones nuevas del campo visual o no señaladas. Este fenómeno, descrito anteriormente como "Inhibición de Retorno" (IR), es de carácter multisensorial y se ha observado no sólo con estímulos visuales sino también sonoros y táctiles (Spence et al., 2000), observándose tanto en tareas de discriminación como de detección.

Por otra parte, y dentro de un marco de estudio de la orientación atencional, en el presente experimento se han manipulado ciertas variables que nos permiten aproximarnos al estudio de la orientación atencional en el espacio y en el tiempo. Cuando en un contexto de búsqueda visual captamos una información espacio-temporal, solemos crearnos una expectativa (orientación atencional endógena) acerca de

dónde y cuándo ocurrirá el suceso relevante con el objetivo de optimizar los recursos, no sólo hacia un lugar, sino también hacia un momento concreto, con el propósito de optimizar la preparación de la respuesta final. Ejemplos aplicados del funcionamiento de este tipo de mecanismos los podemos observar en las salidas de pruebas de velocidad cuando los atletas, pilotos, ciclistas,... aumentan su activación conforme se va acercando el final de la cuenta atrás con el fin de ganar unas décimas en el inicio de la respuesta.

Tanto el efecto de IR como el de orientación de atención en el tiempo se han estudiado sobre todo en protocolos donde el participante debía responder mediante la pulsación de una tecla a objetivos que acontecen en un monitor de ordenador (ver revisiones de Lupiáñez et al., 1999 o Klein, 2000, para la IR o Coull, 2004 y Nobre, 2001). Mediante el siguiente experimento se pretende estudiar cómo afecta la orientación atencional a los diferentes componentes de la acción (desencadenamiento y desarrollo del movimiento) en contextos más ecológicos que los estudiados en estudios precedentes (alcance o *"reach"* y agarre *"grasp"* de objetos).

Si partimos de la hipótesis de la existencia a nivel cortical de "programas motores" diferentes en función de las tareas que se van a realizar, el efecto de la orientación atencional debería manifestarse ya en el desencadenamiento de la acción (tiempo de reacción) y podría variar en función de las demandas cognitivas que requiera cada tarea en función de su dificultad. Los resultados del presente trabajo posibilitarán aportar nuevas evidencias que permitan aclarar si estos procesos de orientación atencional son de carácter motor como plantean algunos autores (Taylor y Klein, 2000), o si, por el contrario surgen en estadios más tempranos de procesamiento de la información visual como afirman otros (Prime y Ward, 2004 o Howard et al., 1999).

Una de las aportaciones fundamentales del presente trabajo es el empleo de una técnica de registro poco empleada en el ámbito del estudio de la atención: la actividad electromiográfica (EMG). El empleo de esta metodología proporcionará información precisa sobre el momento en que se inicia la activación muscular y la duración de la misma, (Panagiotacopulos, Lee y Pope, 1998; Gianikellis, Maynar y Arribas, 1997; Hodges y Bui, 1996) proporcionando información clave para la comprensión de las interacciones entre los procesos psicológicos y la ejecución motriz (Oña, 1990).

1.2. Método.

1.2.1. Participantes.

En este experimento participaron voluntariamente 10 estudiantes (5 hombres y 5 mujeres) de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Valencia cuya edad estaba comprendida entre los 18 y los 24 años (promedio= 21.1 años).

Previamente a la cita con los candidatos a participar en el experimento, se concertaba una entrevista para seleccionar los que cumpliesen los requisitos de tener una dominancia manual derecha, evitando la contaminación de los datos por la existencia de efectos indeseados de lateralidad.

Los participantes que cumpliesen dicho criterio, informaban de su estado de salud visual para confirmar que su visión era normal o estaba corregida por lentes. En caso de que los voluntarios utilizasen lentes de contacto, se les informaba de que a la sesión experimental debían asistir con gafas, ya que el protocolo experimental requería el mantenimiento de una fijación visual sin parpadeo, lo que provocaría una disminución del lagrimeo y la consiguiente molestia para los usuarios de lentes de contacto.

Los participantes desconocían los objetivos del estudio, siendo informados de éstos una vez había finalizado la sesión experimental, elaborándose un informe comentado sobre los resultados obtenidos, que sería entregado a aquellos participantes que lo desearan.

Tras la sesión experimental se instaba a los participantes a que informasen de cualquier problema, situación, sensación o anomalía que hubiesen percibido durante el desarrollo del protocolo experimental.

1.2.2. Aparatos y estímulos.

La Figura 2.1 muestra la distribución de los aparatos e instrumentos empleados en el protocolo experimental.

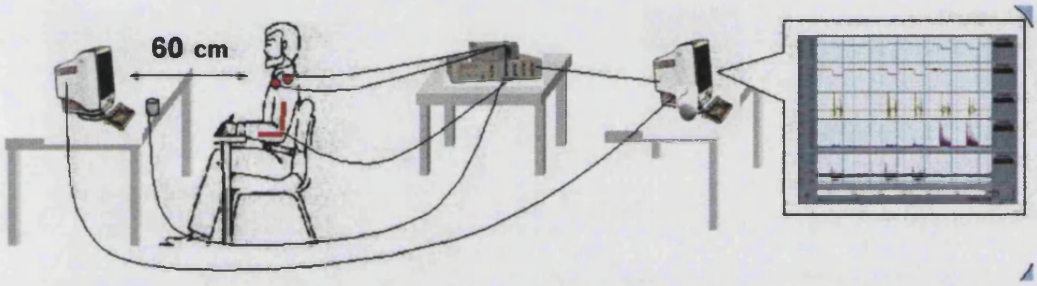

Figura 2.1. Representación gráfica de la disposición de instrumentos y personas en el experimento 1.

Los estímulos se presentaban en un monitor de color de 14'' conectado a un PC Pentium que generaba y dirigía la presentación y recogida de datos referidos a las diferentes condiciones experimentales generadas mediante una rutina programada mediante el software MEL2 (Schneider, 1998).

En el monitor, centrado horizontal y verticalmente y sobre fondo oscuro, se presentaba un punto de fijación de color blanco de 1,4 mm de diámetro (0.13° de ángulo visual), donde el participante debía centrar su mirada al comienzo de cada ensayo. A ambos lados del punto de fijación, centradas horizontalmente con aquel y a una distancia- excentricidad de 63 mm (5.85° de ángulo visual) en su punto más cercano, se ubicaban unas cajitas o marcadores de color gris, de 33 mm de anchura x 28 mm de altura (3.15° x 2.67° de ángulo visual). El incremento súbito y breve (50 ms) de la luminosidad de los bordes de uno de los marcadores (se presentaban de color blanco) daba lugar a una sensación de parpadeo que definía la señal atencional periférica de carácter exógeno o *"cue"*. Para asegurar la implicación de mecanismos atencionales de carácter involuntario o exógeno, la señal o *"cue"* no era predictiva del lugar de aparición del objetivo, lo que posibilitaba el estudio del efecto de orientación atencional que pretendía el presente estudio (IR).

El estímulo objetivo o *"target"* consistía en un círculo amarillo de 12.6 mm de diámetro (1.2º) que aparecía centrado en el interior de uno de los marcadores durante 33 ms, y cuya ubicación en el marcador derecho o izquierdo determinaba la mano que debía ejecutar la acción, siendo la respuesta manual ipsilateral al lugar de aparición del objetivo. La aparición del objetivo desencadenaba la puesta en marcha de los mecanismos de registro de las variables cinemáticas y electrofisiológicas estudiadas. En la Figura 2.2 se muestra la distribución de estímulos en el monitor.

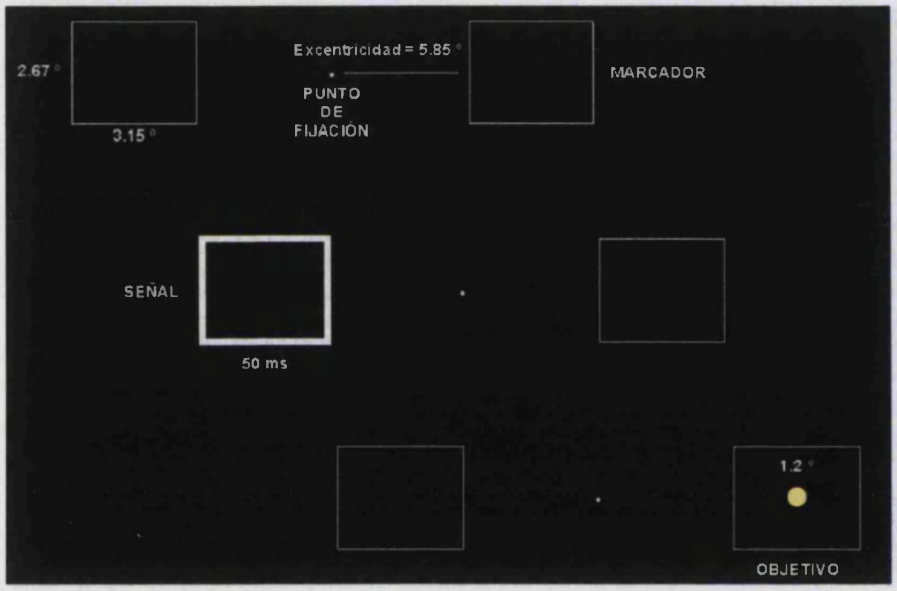

Figura 2.2. Representación gráfica de la disposición de estímulos en el monitor en Experimento 1.

Los participantes debían tocar o agarrar un "objeto diana", consistente en un cilindro rígido y hueco de 10 cm de altura x 5 cm de diámetro situado sobre una mesa a la misma altura de las manos, separada 20 cm de éstas. El cilindro se situaba en el interior de un cuadrado de 10 x 10 cm de lado marcado sobre la mesa, sirviendo de referencia para evitar que el participante realizase las acciones manuales de forma brusca e imprecisa. El objeto diana estaba instrumentado con un acelerómetro resistivo de un eje conectado a un sistema de acondicionamiento de señal y visualización (SignalMaster MS 002, Sportmetrics, S.L.) con un fondo de escala de ±10 G y resolución de 0.02 G, una frecuencia de resonancia superior a 5 Khz. La colocación del acelerómetro en el objeto permitía medir el instante en el que el participante entraba en contacto con aquel.

En el presente estudio también se estudió la respuesta muscular a los estímulos presentados mediante el análisis de la señal electromiográfica superficial (EMG) del deltoides anterior de cada brazo, puesto que es uno de los grupos musculares implicados en el inicio del movimiento de elevación- flexión de brazo en el movimiento de alcance de objetos. Se emplearon electrodos desechables de superficie de Ag/AgCl bipolares circulares (3 mm de diámetro) (3M Red Dot) separados 30 mm entre sí, que se colocaron paralelamente a la orientación de las fibras musculares. Previamente a la recogida de datos, la localización de los electrodos fue verificada mediante una maniobra de producción de fuerza isométrica que combinaba la flexión y la aducción de brazo en extensión (Gribble y Ostry 1998, 1999) siguiendo las orientaciones de Cram y Kasman (1998). La figura 2.3 muestra la ubicación de los aparatos y la colocación de los electrodos en los participantes.

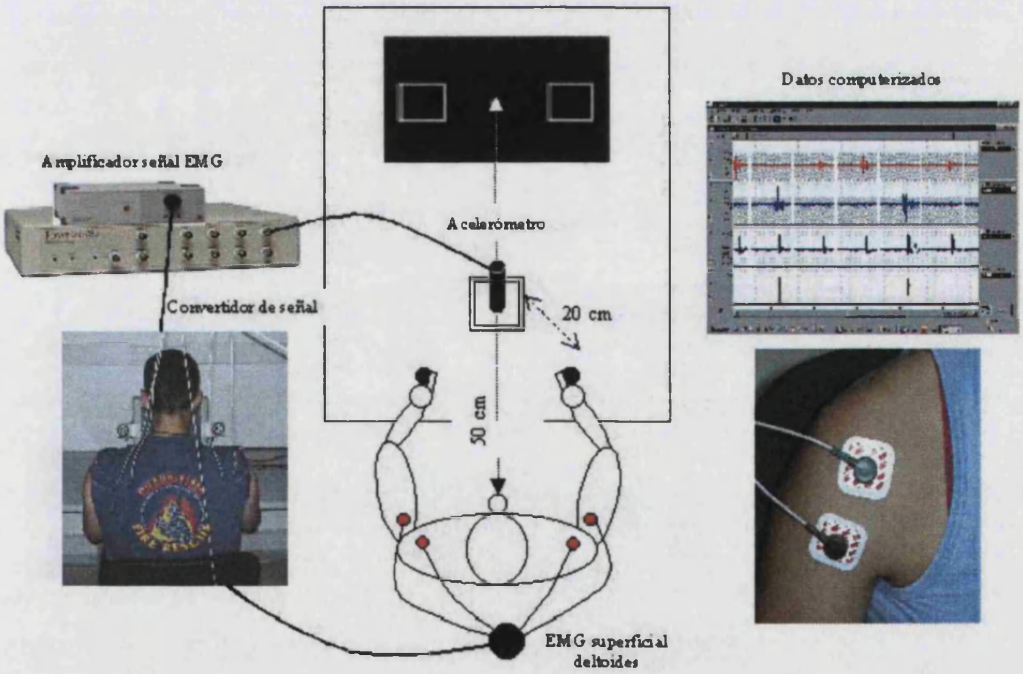

Figura 2.3. Representación gráfica de la disposición de aparatos y colocación de electrodos para EMG.

Los datos EMG y cinemáticos fueron registrados para su análisis posterior en un segundo ordenador PC compatible con un microprocesador Pentium 650Mhz mediante un sistema de adquisición de 8 canales (PowerLab/8sp, ADI Instruments, Castle Hill, NSW). La señal fue recogida con una frecuencia de muestreo de 1000 Hz, siendo amplificada (x 1000) y filtrada con un paso de banda de (10-500 Hz) para su análisis.

Los datos fueron tratados mediante el software CHART 4.0. El ordenador que controlaba la presentación de estímulos y el que registraba los datos EMG y cinemáticos estaban sincronizados mediante los puertos de comunicación LPT1. Finalmente, los datos cinemáticos y EMG obtenidos fueron analizados mediante el software Excel v. 2000, empleándose para el tratamiento estadístico de aquellos el SPSS v. 10.0, ambos con licencia de la Universidad de Valencia.

1.2.3. Procedimiento.

Se diseñó un protocolo experimental basado en una tarea de elección (mano derecha o izquierda) siguiendo el paradigma de costes y beneficios planteado por Posner (1980) y Posner y Cohen (1984), descrito en el apartado introductorio de esta tesis doctoral, para estudiar el efecto de la orientación atencional.

Inicialmente, los participantes se hallaban sentados en una sala en penumbra, apoyando la cabeza en una mentonera con el fin de que los ojos se situasen a la altura del punto de fijación, a una distancia de 60 cm del monitor, evitando además la aparición de movimientos no deseados de la cabeza.

Antes de comenzar los ensayos de práctica, los participantes eran informados de la secuencia de eventos que acontecerían en la pantalla y cómo debían de responder a aquellos. En primer lugar los participantes debían fijar su mirada en el punto de fijación. Transcurrido un intervalo de 1000 ms los bordes de uno de los dos marcadores incrementaban súbitamente su luminosidad durante 50 ms (pasaban de presentarse en gris a presentarse en blanco), dando una sensación de parpadeo, lo que se esperaba que

provocara una respuesta de orientación atencional exógena. Este estímulo se conocerá a partir de ahora como "señal", y no tenía carácter predictivo sobre el lugar de aparición del objetivo siguiente. Tras la señal, y en un intervalo variable de 50 ms o 950 ms (determinando unos SOAs- del inglés *"Stimulus Onset Asynchrony"*- de 100 o 1000 ms) aparecía el estímulo objetivo, centrado en el interior de uno de los 2 marcadores y durante 33 ms. La respuesta consistía, según el bloque experimental correspondiente, en tocar *("reach")* o coger *("grasp")* de forma rápida y precisa el objeto diana con la mano ipsilateral al lugar de aparición del objetivo. El punto de fijación y los marcadores permanecían en pantalla hasta la respuesta del participante o hasta un máximo de 2000 ms si no existía respuesta, comenzando el siguiente ensayo en un periodo de 3000 ms. La figura 2.4 muestra la secuencia de eventos que acontecía en cada uno de los ensayos.

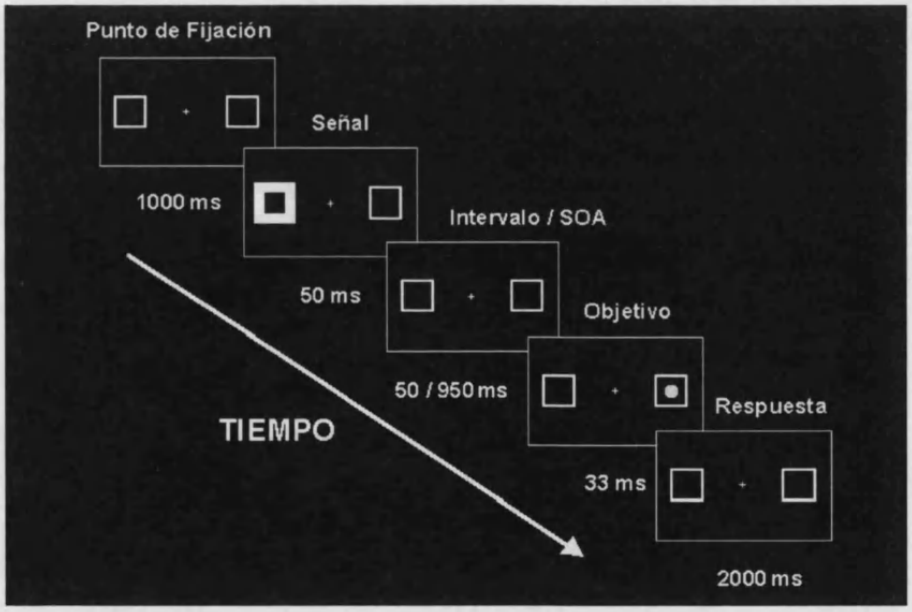

Figura 2.4. Representación gráfica de la secuencia de eventos en cada ensayo experimental.

El lugar de aparición de la señal, del objetivo y el SOA fue seleccionado de forma aleatoria en los ensayos de cada bloque experimental, de forma que en cada bloque se seleccionaban todos los valores posibles el mismo número de veces. El orden de los bloques experimentales en que se debía realizar la tarea manual de alcance vs. agarre se contrabalanceó a través de los participantes de manera que no interfiriese en la interpretación de los resultados (efectos de aprendizaje, práctica, cansancio, etc.).

1.2.4. Diseño.

Se pretendía estudiar los efectos de orientación de la atención visual espacial sobre el rendimiento en dos tareas manuales dirigidas visualmente (alcance vs. agarre de objetos), y para ello se definieron las siguientes variables dependientes:

- Tiempo de Reacción (TR): Tiempo transcurrido entre la aparición del objetivo en pantalla y el 1er valor del registro EMG que superara en 5 desviaciones típicas el valor promedio de la señal EMG en reposo.

- Tiempo de Contacto (TC): Tiempo transcurrido entre la aparición del objetivo en pantalla y el 1er valor de los datos del Acelerómetro que superara en 3 desviaciones típicas el valor promedio de la señal en reposo.

- Tiempo de Movimiento (TM): Tiempo de Contacto – Tiempo de Reacción.

La Figura 2.5 muestra gráficamente la estimación de dichas variables sobre los registros obtenidos mediante EMG y acelerometría.

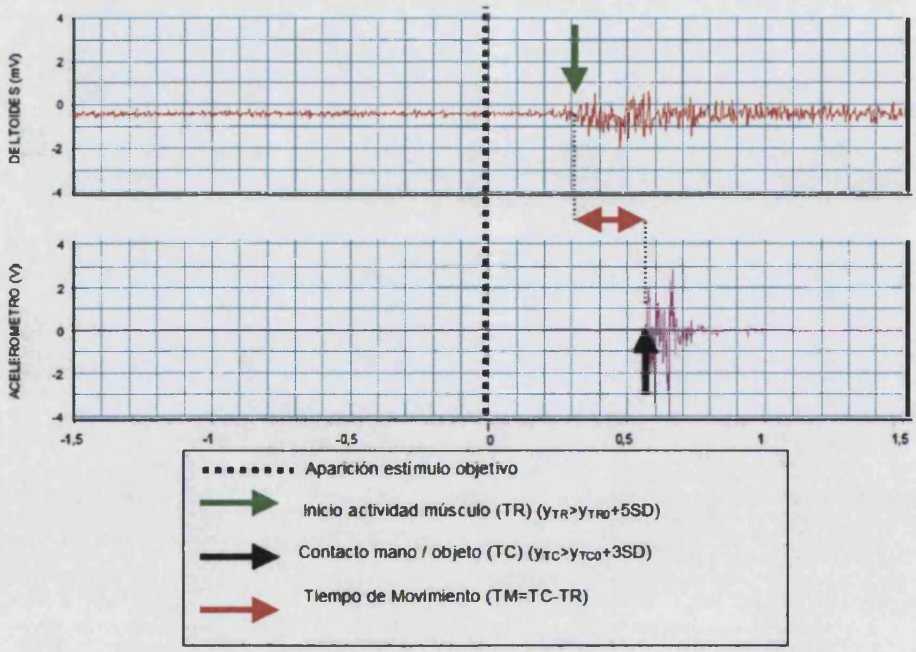

Figura 2.5. Estimación de TR, TC y TM sobre registros EMG y acelerométricos.

Las variables independientes, que fueron manipuladas intraparticipantes, fueron las siguientes:

- Tarea: Acción manual que debía realizar el participante en cada bloque experimental, teniendo 2 niveles: agarre (*"grasping"*) y alcance (*"reaching"*).

- SOA: O intervalo temporal entre estímulo señal y objetivo, con 2 niveles: 100 ms y 1000 ms.

- Validez: Con 2 niveles, ya que el objetivo podía aparecer en el marcador señalado (ensayo válido) o en el no señalado (ensayo inválido).

En la Figura 2.6 se muestra el diseño experimental empleado en el protocolo de este experimento: 2 (Tarea) x 2 (SOA) x 2 (Validez).

DISEÑO	TAREA	SOA	VALIDEZ
	AGARRE: 2 X (4 X 25) ENSAYOS (40 ensayos / condición experimental) 20% ensayos "catch"	100 ms	Ensayos señalados / válidos
	ALCANCE: 1 X (4 X 25) ENSAYOS (20 ensayos / condición experimental) 20% ensayos "catch"	1000 ms	Ensayos no señalados / inválidos

Figura 2.6. Diseño del experimento 1.

Los participantes realizaban de forma contrabalanceada 3 bloques de ensayos experimentales, dos de la tarea de agarre y uno de la tarea de alcance. El hecho de introducir el doble de ensayos en la tarea de agarre respecto a la tarea de alcance fue debido a la naturaleza compleja de la primera tarea respecto a la segunda, con el fin de evitar que los datos estuviesen contaminados por el efecto de aprendizaje, que según los estudios piloto realizados con anterioridad al presente estudio, mostraban ser diferentes en ambas tareas.

Cada bloque experimental estaba compuesto de 4 series de 25 ensayos (total 100 ensayos), por lo que cada uno contenía 20 ensayos de cada condición experimental (validos- SOA 100, válidos-SOA 1000, inválidos-SOA 100 e inválidos-SOA 1000) y 20 ensayos tipo *"catch"*, en los cuales tras la señal no se presentaba el objetivo. Estos ensayos "vacíos" se suelen emplear en este tipo de protocolos para evitar el efecto de anticipación de la respuesta por parte del participante. A lo largo del experimento se intercalaban periodos de 1 minuto de descanso entre series de ensayos dentro de cada bloque, y de 3 minutos entre bloques.

Antes de comenzar a recoger los datos procedentes de los bloques experimentales de cada una de las tareas (alcance y agarre), los participantes realizaban un bloque de práctica, con 20 ensayos con los que se muestreaban todas las condiciones experimentales.

Los experimentos se llevaron a cabo en un sola sesión experimental de aproximadamente 60 minutos de duración.

1.3. Resultados.

En el análisis de los datos fueron descartados aquellos ensayos donde los participantes respondieron con la mano contraria a la indicada por el objetivo (0,45%) y aquellos en los que, aún no existiendo finalización de la acción manual (agarre o alcance de objeto), el movimiento se inició de forma significativa (señal EMG superior en 5 desviaciones típicas el valor promedio de la señal EMG en reposo) con el brazo equivocado (1, 86%). También se eliminaron para el análisis aquellos ensayos donde el valor del TR fue inferior a 100 ms (1,63%), por considerarse respuestas anticipadas, o cuando superó los 900 ms (0, 68%) o no hubo respuesta del participante (1,03%). Un 2,38% de los ensayos fue eliminado por existir errores de transmisión de los datos procedentes de la EMG o el acelerómetro.

Las Tablas 2.1 y 2.2 muestran los valores promedio en cada una de las variables y condiciones experimentales estudiadas en las tareas de agarre y alcance respectivamente.

Tabla 2.1. Promedio y Desviación típica (entre paréntesis) de las diferentes condiciones experimentales en las variables Tiempo de Contacto (TC), Tiempo de Reacción (TR) y Tiempo de Movimiento (TM) en la tarea de agarre de objetos.

	AGARRE											
	TIEMPO DE CONTACTO				TIEMPO DE REACCIÓN				TIEMPO DE MOVIMIENTO			
	SOA 100 ms		SOA 1000 ms		SOA 100 ms		SOA 1000 ms		SOA 100 ms		SOA 1000 ms	
	Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido
Tiempo (ms)	563 (±70)	551 (±65)	562 (±51)	532 (±57)	242 (±35)	230 (±35)	235 (±18)	204 (±31)	320 (±42)	319 (±39)	326 (±42)	327 (±38)
EFECTO DE VALIDEZ	-12 ms** (IR)		-30 ms* (IR)		-12 ms*** (IR)		-31 ms* (IR)		-1 ms (IR)		1 ms	

* p<.001 ** p<.005 *** p<.05

Tabla 2.2. Promedio y Desviación típica (entre paréntesis) de las diferentes condiciones experimentales en las variables Tiempo de Contacto (TC), Tiempo de Reacción (TR) y Tiempo de Movimiento (TM) en la tarea de alcance de objetos.

	ALCANCE											
	TIEMPO DE CONTACTO				TIEMPO DE REACCIÓN				TIEMPO DE MOVIMIENTO			
	SOA 100 ms		SOA 1000 ms		SOA 100 ms		SOA 1000 ms		SOA 100 ms		SOA 1000 ms	
	Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido
Tiempo	501 (±54)	499 (±62)	490 (±37)	467 (±37)	230 (±33)	229 (±43)	223 (±31)	195 (±25)	278 (±36)	268 (±31)	266 (±28)	270 (±36)
EFECTO DE VALIDEZ	-2 ms (IR)		-23 ms*** (IR)		-1 ms (IR)		-28 ms** (IR)		-10 ms (IR)		4 ms	

* p<.001 ** p<.005 *** p<.05

Estos datos fueron tratados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas de 2 x 2 x 2, empleando el test post hoc de Bonferroni para profundizar en el conocimiento de las interacciones entre los diferentes niveles de las variables estudiadas. El ANOVA incluía los factores "tarea" (2 niveles: agarre y alcance), "SOA" (2 niveles: 100 y 1000 ms) y "validez" (2 niveles: válidos e inválidos) como variables independientes intraparticipante.

El objetivo principal del presente experimento era el estudio del efecto de la orientación de la atención visual sobre el rendimiento motor en dos tipos de acciones manuales de diferente nivel de complejidad. En este sentido, y antes de profundizar en el estudio del efecto de los mecanismos perceptivo-atencionales que modulan la eficacia de la acción, hemos de destacar que la manipulación de la tarea fue efectiva, dado que se ha hallado un efecto principal de tarea que es altamente significativo ($F(1, 9)= 40.787$, $MCe=1943.133$, $p<.001$), mostrando menores tiempos de ejecución final (63 ms) en la tarea de alcance respecto a la de agarre del objeto, pudiéndose observar, como se muestra en la Figura 2.7, que esta diferencia no se encuentra en el origen del movimiento (TR), aunque existe una leve tendencia ($p<.14$) (inicio 9 ms más rápido en el alcance que en el agarre), sino durante el desarrollo de éste (TM) ($F(1, 9)= 40.516$, $MCe=1360.583$, $p<.001$), observándose tiempos de movimiento más cortos (52 ms) en el alcance que en el agarre. Este dato será importante para la discusión posterior, dado que permitirá reflexionar acerca de los mecanismos que regulan el control motor en las tareas guiadas visualmente.

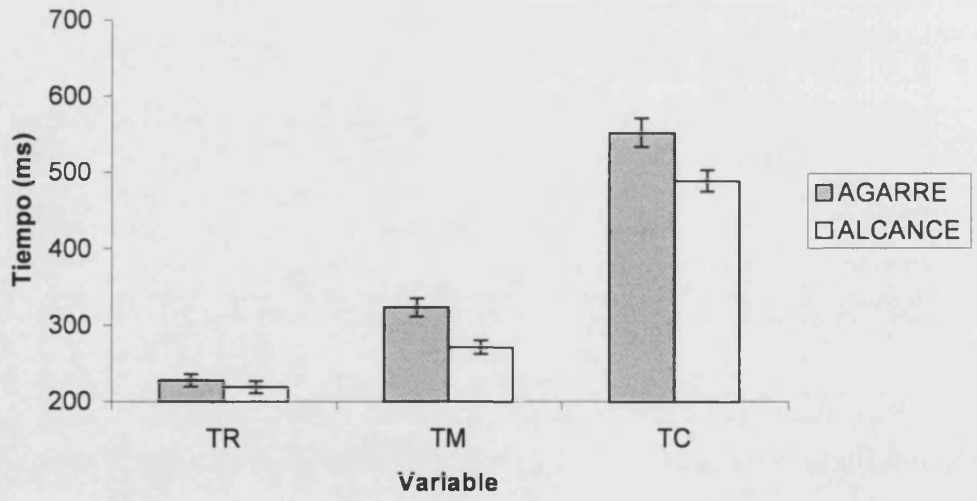

Figura 2.7. Media y error típico de las diferentes variables (TR: Tiempo de reacción; TM: Tiempo de Movimiento y TC: Tiempo de Contacto) en las tareas de agarre y de alcance del objeto diana.

En relación con los aspectos perceptivo atencionales que modulan la respuesta motriz, en primer lugar se ha observado un efecto marginal de SOA en la ejecución final de la acción (TC) en ambas tareas ((F(1, 9)= 3.527, MCe=1353.522, p<.1), que procede del inicio del movimiento (TR), donde sí es estadísticamente significativo ((F(1, 9)= 4.908, MCe=1447.950, p<.05) (véase la Figura 2.8).

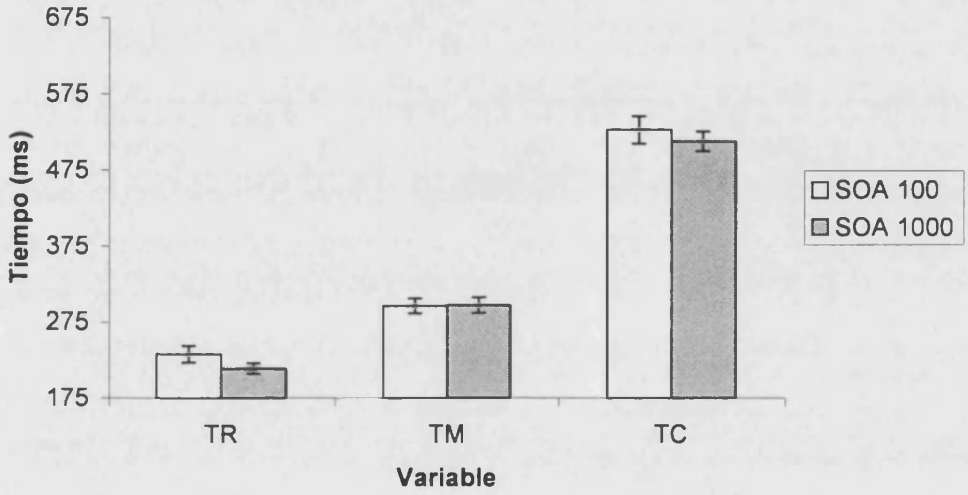

Figura 2.8. Media y error típico de las diferentes variables (TR: Tiempo de reacción; TM: Tiempo de Movimiento y TC: Tiempo de Contacto) en los diferentes SOAs empleados (100 ms y 1000 ms).

Este efecto de SOA se manifiesta como una disminución del TR (19 ms) en los ensayos con SOA de 1000 ms respecto a los ensayos con SOA corto de 100 ms, que se reduce levemente a 15 ms en la manifestación final de la acción (TC). Este efecto puede deberse a un posible efecto de orientación endógena de la atención en el tiempo y la consiguiente expectativa que genera en el participante, tras la aparición de la señal, la inminente aparición del objetivo. Este hecho será discutido con más detalle en el siguiente apartado, aunque cabe resaltar que dicho efecto de esta expectativa temporal sólo se ha hallado en la variable TR, y no en el TM, pues esta variable parece verse afectada únicamente por el efecto de tarea y los mecanismos de control *"on-line"* de la acción.

Como se indicó anteriormente, el objetivo principal del presente experimento era estudiar cómo afectaba la orientación atencional (provocada por la señal exógena) a la ejecución motriz. En este sentido se ha hallado un efecto principal de validez en la variable representativa del rendimiento final de la acción (TC) que es altamente significativo ((F (1, 9)= 54.630, MCe=104.561, p<.001). Como se puede observar en la Figura 2.9, el efecto de validez se manifiesta en ejecuciones más lentas (17 ms) en aquellos ensayos donde el objetivo apareció en localizaciones previamente señaladas (ensayos válidos) respecto a los ensayos no señalados (inválidos). Como se indicó con anterioridad, este mecanismo atencional es conocido en la literatura como Inhibición de Retorno (IR). Como suele ocurrir en este tipo de efectos de carácter perceptivo-atencional, el efecto de validez observado en la variable TC surge en el inicio de la acción (TR) ((F (1, 9)= 55.740, MCe=112.411, p<.001), y es de destacar que tiene la misma magnitud (17 ms) observada a nivel final. Efectivamente, como se puede observar en Figura 2.9, no existe efecto de validez en la variable Tiempo de Movimiento. Por tanto, el efecto parece no verse afectado por los mecanismos de feedback y control sensomotor que acontecen en el desarrollo del movimiento desde su origen hasta su finalización.

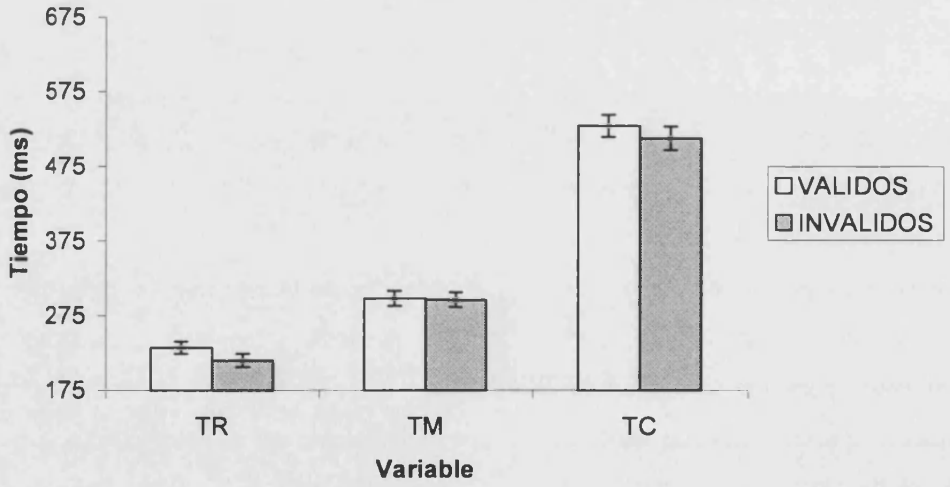

Figura 2.9. Media y error típico de las diferentes variables (TR: Tiempo de reacción; TM: Tiempo de Movimiento y TC: Tiempo de Contacto) en las diferentes condiciones de validez estudiadas (ensayos válidos e inválidos).

Además de los efectos principales estudiados, el ANOVA realizado mostró una interacción significativa entre las variables SOA y Validez en el Tiempo de Contacto final ((F (1, 9)= 8.417, MCe=225.889, p<.05), patrón típico del mecanismo de IR, observándose un mayor efecto de IR en el SOA largo (26 ms) respecto al SOA corto (7 ms). La Figura 2.10 muestra gráficamente dichas diferencias. Este dato fue confirmado por el análisis post hoc realizado, el cual indica que en es el SOA largo (1000 ms) donde el efecto IR es estadísticamente significativo (p<.001), teniendo carácter marginal en el SOA corto (p<.08).

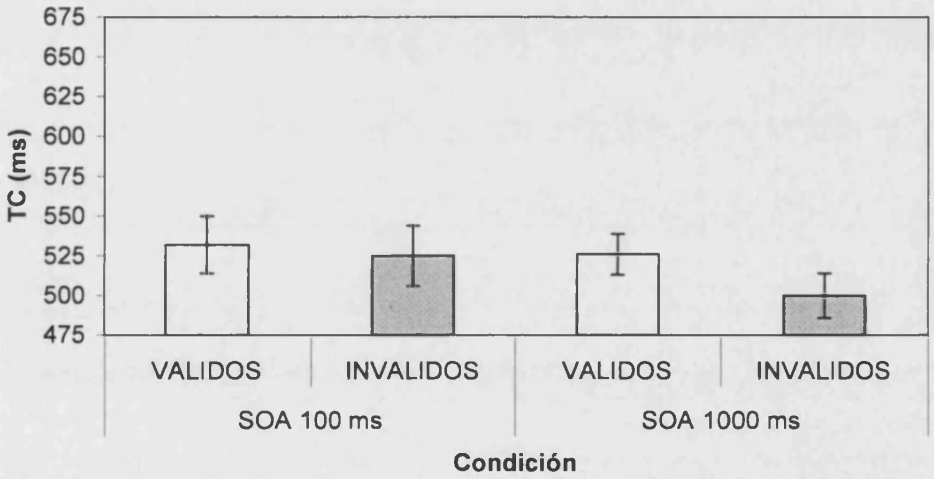

Figura 2.10. Media y error típico del Tiempo de ejecución final (TC) en las condiciones de SOA x Validez. Comparación del efecto de IR en el SOA largo y el SOA corto.

Como ocurría al analizar los efectos principales, la interacción SOA x validez en la variable TC también procede de la componente de activación inicial del movimiento (TR), donde ya es significativa ((F(1, 9)= 11.658, MCe=226.889, p<.01), existiendo aún mayores diferencias entre el efecto de IR observado en el SOA largo (30 ms, p <.001) respecto al que se obtiene en el SOA corto (6 ms, p>.05) (véase Figura 2.11).

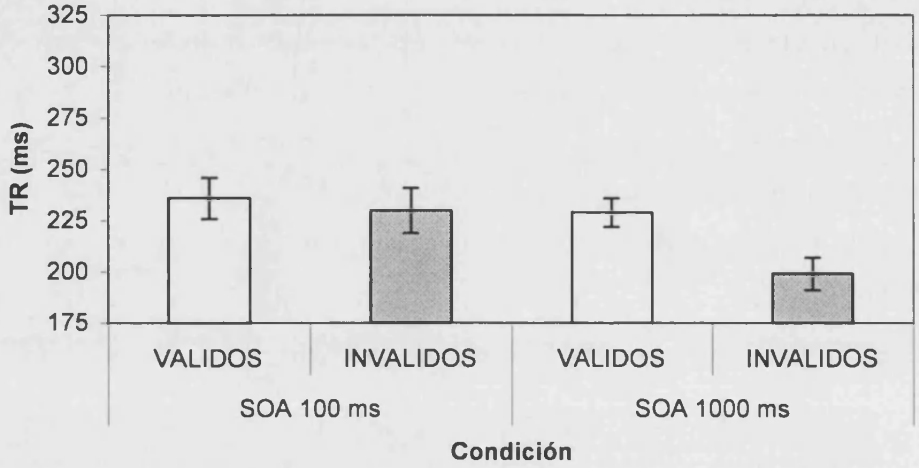

Figura 2.11. Media y error típico del Tiempo de Reacción (TR) en la interacción SOA x Validez. Comparación del efecto IR en el SOA Largo y el SOA corto.

Por último, se estudió la relación entre los mecanismos atencionales y la naturaleza de la tarea a realizar.

Nuestros resultados muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p>.15$) entre la tarea realizada y el efecto de la señal en el rendimiento final de la acción (TC), aunque sí se observa esta interacción a un nivel estadísticamente marginal en el inicio de la acción (TR) (($F(1, 9)= 4.072$, $MCe=67.244$, $p<.08$).

El análisis post hoc de esta interacción en la variable TR muestra que aunque el efecto de IR es significativo en ambas tareas ($p<.001$), es mayor en la tarea más compleja desde el punto de vista coordinativo (Agarre, IR = 21 ms) respecto a la más sencilla (Alcance, IR= 14 ms) (Figura 2.12).

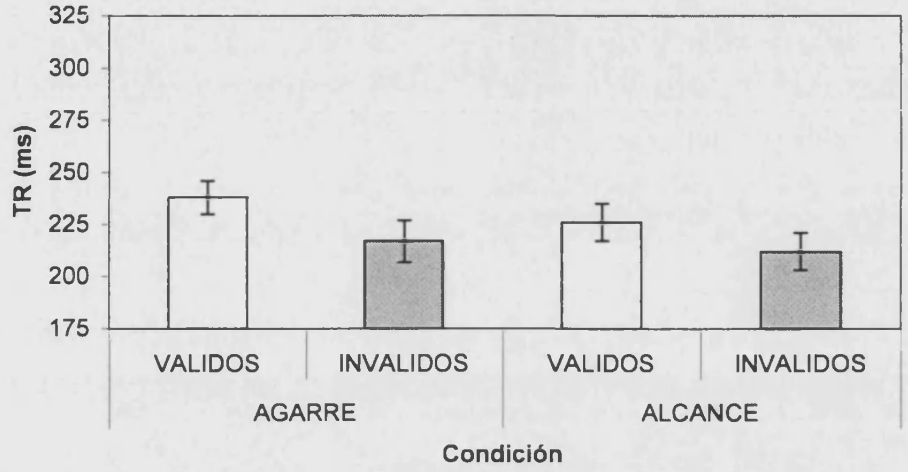

Figura 2.12. Media y error típico del Tiempo de Reacción (TR) en la interacción Tarea x Validez. Comparación del efecto IR en las tareas de agarre y alcance.

El análisis post hoc muestra que esta diferencia se manifiesta en el distinto efecto que tiene la señal en cada una de las tareas, ya que las diferencias significativas entre tareas, aunque de carácter marginal, se dan en los ensayos válidos ($p<.07$) y no en los inválidos ($p>.4$). La Figura 2.13 muestra un enfoque diferente de los datos presentados en la figura anterior, observándose cómo el efecto de IR provocado por la señal es mayor (12 ms) en la tarea de agarre que en la de alcance.

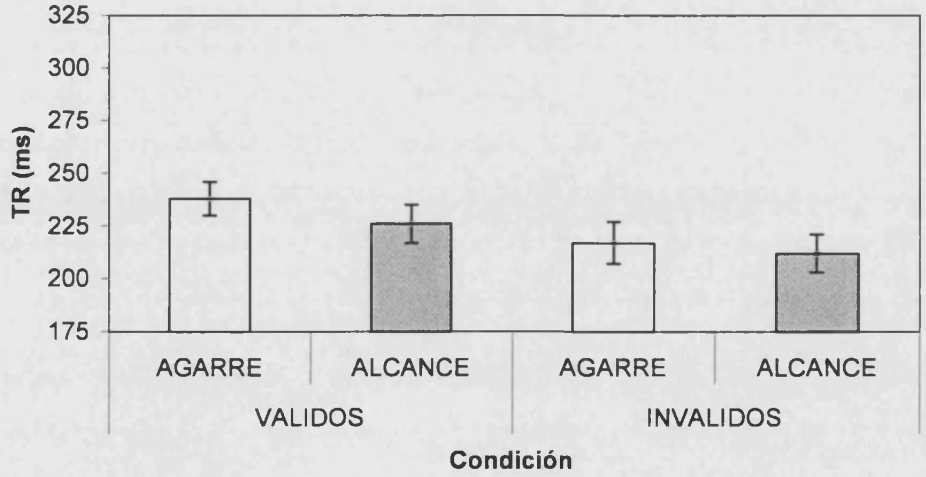

Figura 2.13. Media y error típico del Tiempo de Reacción (TR) en la interacción Tarea x Validez. Comparación del efecto de enganche atencional de la señal en las tareas de agarre y alcance.

No se hallaron diferencias en el efecto de la orientación atencional en el tiempo, según la tarea a realizar (interacción SOA x tarea) en el TR ($p>.5$), siendo el efecto de SOA similar en la tarea de agarre y alcance (17 y 21 ms respectivamente más rápidos los ensayos de SOA largo que en el corto).

El estudio de los efectos principales y las interacciones entre las variables estudiadas que se realizará a continuación puede ser interesante para profundizar en la naturaleza de los mecanismos de orientación atencional y el lugar que ocupan en la secuencia del proceso perceptivo motor que se da en las tareas manuales guiadas visualmente.

1.4. Discusión.

La literatura relativa a este ámbito de conocimiento es amplia en cuanto al número de trabajos que han informado de la importancia del estudio de los procesos perceptivos visuales y atencionales que modulan la organización de la respuesta motriz, informando de la relevancia de los mecanismos perceptivo-cognitivos sobre el rendimiento final de la respuesta motriz (véase revisión de Williams et al., 1999, en el ámbito de las Ciencias de la Actividad física y el Deporte).

En ciertas modalidades deportivas, como las de cancha dividida, deportes de invasión y modalidades de combate, la ejecución motriz está altamente influida por la exploración del contexto de intervención y la selección de aquellos estímulos que puedan resultar más relevantes para optimizar la respuesta motriz (proceso de búsqueda visual), donde juegan un papel fundamental los procesos atencionales.

En el presente estudio se ha profundizado en dos mecanismos de orientación atencional, uno de carácter endógeno, la orientación de la atención en el tiempo, relacionado con las expectativas y predicciones que realizan los participantes para obtener el máximo rendimiento en la acción subsiguiente, y otro de carácter exógeno, la orientación de la atención en el espacio, y el fenómeno de IR.

La manifestación de estos mecanismos atencionales sobre el rendimiento en la acción motriz (ver revisión de Klein, 2000 o Lupiáñez et al., 1999, 2001 para IR y Correa et al., 2004 o Milliken, Lupiáñez, Roberts y Stevanovski, 2003, para un estudio de la interacción sobre estos procesos de carácter exógeno y endógeno) pueden ser interesantes para el estudio y explicación de ciertas conductas perceptivo motrices que se dan en la práctica de actividad físico-deportiva.

La mayoría de los estudios realizados sobre estos mecanismos de orientación atencional en la modalidad sensorial visual, se han llevado a cabo mediante protocolos en los que se medía la manifestación final de la acción, denominada casi siempre como Tiempo de Reacción, y en la que se calculaba el tiempo transcurrido desde la aparición en pantalla de un estímulo objetivo hasta que se pulsaba una tecla (e.g. Danziger, Kingstone y Ward, 2001, o Funes y Lupiáñez, 2003). Por tanto, la literatura es rica en este tipo de estudios donde se estudia el efecto de la orientación atencional con variables de escaso carácter ecológico (TR y porcentaje de errores), que aportan por tanto una información reducida y limitada acerca de cómo se manifiesta finalmente el mecanismo atencional objeto de estudio.

Otros trabajos han profundizado en el estudio de la atención con medidas electrofisiológicas más complejas como diferentes técnicas de neuroimagen (e.g., Martínez, Anllo-Vento, Sereno, Frank, Buxton et al., 1999 o Mangun, Hinrichs, Scholz, Mueller-Gaertner, Herzog, Krause, et al., 2001; Coull y Nobre, 1998) o los potenciales relativos a eventos (*"Event Related Potential"* (ERPs) (e.g., Mangun, Hopfinger, Kussmaul, Fletcher y Heinze, 1997; Coull y Nobre, 1998 o Di Russo, Martínez y Hillyard, 2003) que posibilitan un conocimiento de cómo se desarrollan y modulan estos mecanismos a nivel de la corteza cerebral.

El presente estudio aporta, en primer lugar, una nueva metodología para el estudio de la manifestación de los mecanismos atencionales desde una perspectiva neurofisiológica, pero que en este caso no se sitúa en el ámbito de procesamiento central (cortical o subcortical) ni en el estudio exclusivo de la cinemática y la manifestación final de la acción (TC), sino que además se ha incluido un estadio intermedio, mediante el estudio del registro de la señal muscular.

El registro de la actividad EMG proporciona información sobre el momento en que se inicia la activación del músculo, la intensidad de la activación y la duración de la misma (Panagiotacopulos, Lee y Pope, 1998; Gianikellis, Maynar y Arribas, 1997; Hodges y Bui, 1996) proporcionando información clave para la interpretación de las manifestaciones e interacciones entre los procesos psicológicos y la ejecución motriz (Oña, Serra, Martín, Padial y Gutiérrez, 1990). En nuestro estudio, la electromiografía nos aporta información relativa a un momento intermedio entre el desencadenamiento de la orden de movimiento desde el córtex motor y la finalización de la acción, pues según algunos autores (e.g., Oña et al., 1990 o Hodges y Bui, 1996) el Tiempo de Reacción se define de forma precisa mediante EMG, pues equivaldría al tiempo transcurrido entre que se percibe el estímulo desencadenante de la acción y el inicio de la contracción de la musculatura agonista.

1.4.1. Efecto de Tarea: Feedback y control motor en acciones manuales dirigidas a objetivo.

Nuestros datos evidencian la existencia de un efecto significativo de tarea sobre el rendimiento final de la acción, objetivado en menores tiempos de contacto en la tarea más sencilla (alcance) respecto a la más compleja (agarre). Aunque la diferencia en el rendimiento final es aparentemente pequeña desde el punto de vista cuantitativo de un observador externo (63 ms más rápido el *"reaching"* respecto al *"grasping"*), si nos damos cuenta de que el tiempo de ejecución final de ambas tareas era de aproximadamente 500 ms y 560 ms respectivamente, vemos que esta diferencia es más importante de lo que aparentemente parecía (aprox. un 10% del tiempo total).

El análisis estadístico de los diferentes componentes del movimiento nos permite comprobar que esta diferencia entre los tiempos de ejecución final entre tareas no se debe a factores vinculados al desencadenamiento de la acción o tiempo de reacción, sino a su desarrollo durante el transcurso (tiempo de movimiento) de la acción manual dirigida al objeto.

La literatura es rica en referencias relativas al estudio de la acción manual dirigida visualmente. Desde los estudios iniciales de Woodworth (1899) hasta los más actuales de Crawford, Medendorp y Marotta (2004) se conoce que el control de un movimiento dirigido hacia un objetivo responde a dos procesos fundamentales: un primer impulso inicial que provoca un movimiento en dirección al objetivo, y un segundo proceso de control, a través del feedback predominantemente visual, ajusta el movimiento hacia el objetivo conforme se acerca a éste, rectificando el error derivado del primer proceso de impulso inicial. Por tanto, la mayor o menor precisión del movimiento se debe al segundo proceso de control a través del feedback, siempre que la acción se desarrolle a una amplitud y velocidad que posibilite estos procesos de control y ajustes de trayectorias mediante feedback.

En el presente estudio, la tarea de *"reaching"* o alcance se caracteriza por su mayor rapidez y predominio de la fase inicial o balística, no siendo tan importante el feedback y reprogramación de los ajustes a llevar a cabo como en tareas más complejas (Schmidt, Zelaznik, Hawkins, Frank y Quinn, 1979). Esto es así porque el movimiento de alcance depende fundamentalmente de la situación espacial del objeto con relación al cuerpo, brazo y mano, es decir propiedades extrínsecas al objeto, siempre que éste permanezca estático. Por tanto, los ajustes de control motor necesarios son mínimos debidos a que la exigencia en la precisión también lo es, y por ello también puede explicarse la menor variabilidad de los datos observada en esta tarea. En la tarea de agarre o prensión, por el contrario, la acción está condicionada principalmente por las propiedades intrínsecas del objeto que se pretende asir: la forma, tamaño y peso del objeto (Jeannerod et al., 1995; Paulignan et al., 1991a, 1991b; Soechting y Flandes, 1993; Mamassian, 1997; Prablanc, Desmurget y Grea, 2003).

Trabajos como los de Goodale, Pèlisson y Prablanc (1986) o Pèlisson, Prablanc, Goodale y Jeannerod (1986) describen el funcionamiento de los mecanismos de control y feedback en tareas manuales dirigidas a objetivo, demostrando la escasa importancia de la visión de la mano que actúa en tareas de alcance de objetos, hipotetizando la existencia de un control visomotor que se da de forma inconsciente y que va provocando la corrección de la trayectoria de la mano durante su movimiento hacia el objetivo.

Sin embargo, estudios comparativos de acciones de diferente grado de complejidad (alcance y agarre de objetos) como el de Paulignan et al. (1991a) informan de cierto retraso en la respuesta motora de las acciones de agarre, tanto en su inicio (como muestra la tendencia observada en nuestros datos descriptivos referidos al TR) como en su desarrollo (véanse nuestros datos relativos a TM en ambas tareas), debido a la mayor complejidad de los mecanismos de control segmentario de la disposición final de la mano con el objeto. De todos modos, los autores sugieren que, a pesar de la inconsciencia de este mecanismo de control, el rendimiento de la acción suele mejorar cuando se emplea esta información.

Estas conclusiones sirven para explicar los resultados obtenidos en nuestro estudio, pudiéndose afirmar que el mayor grado de participación de distintos mecanismos de información sensorial que intervienen en la tarea más compleja (agarre) provoca un retraso en el tiempo de ejecución final respecto a tareas más sencillas.

Por tanto, nuestros datos contribuyen a aportar más evidencia científica a favor de las hipótesis de Taylor y McCloskey (1990) en la que establecen que "*la capacidad de reaccionar a un estímulo con un movimiento voluntario implica que el procesamiento sensorial durante el tiempo de reacción no tiene por qué estar completado antes de que se inicie el desencadenamiento de la respuesta motora*" y enfatiza las conclusiones propuestas por Milner y Goodale (1993) en lo relativo a la necesidad de la existencia de un control *"on-line"* que en ciertas situaciones regule el movimiento con el objetivo de adecuarse a los requerimientos del objetivo final.

La explicación de la diferencia de tiempo de movimiento entre las tareas de alcance y agarre se encuentra en el estudio de los tiempos de activación muscular de la musculatura agonista- antagonista en cada tarea, atribuyéndose la mayor duración del movimiento observado en la tarea de agarre se debe a una mayor activación inhibidora o antagonista que pretende dar más tiempo para que se realicen los movimientos de ajuste fino necesarios para realizar una acción coordinativamente más compleja (Cooke y Brown, 1994; Agostino, Hallett y Heal, 1992; Kazutoshi y Tatsuyuki, 1998).

Diferentes estudios indican que la existencia de estos patrones de control de las diferentes contracciones musculares que se dan en este tipo de movimientos son establecidos en el propio sistema motor, implicando probablemente circuitos complejos en la corteza motora primaria, en la corteza premotora, en los ganglios basales y en el cerebelo, regulando un control motor de tipo "*on-line*" o en tiempo real en tareas guiadas visualmente, siendo variable en función del grado de dificultad coordinativa de la acción a realizar (Ghez y Krakauer, 2001; Berardelli, Hallett, Rothwell, Agostino, Manfredi, Thompson y Marsden, 1996). Otros autores como Jeannerod (1981) llegan incluso a defender la existencia de dos vías diferentes en el procesamiento de la información visual, una de ellas especializada en las tareas de alcance y la otra en las tareas de prensión o agarre, relacionado con un diferente nivel de participación de las vías dorsal y ventral de procesamiento de la información visual.

1.4.2. Efecto de SOA: Orientación de la atención en el tiempo.

Nuestros resultados informan de un efecto principal de SOA sobre la variable TR ($p<.05$), que se manifiesta también, aunque de modo marginal ($p<.1$), sobre el tiempo final de la acción. Se observaron menores tiempos de reacción en aquellos ensayos donde el intervalo entre la aparición de la señal y el objetivo fue más largo (1000 ms) respecto a cuando tan sólo transcurrían 100 ms. La explicación a estos resultados puede relacionarse con un efecto de expectativa u orientación temporal de la atención generada por la aparición de la señal. Con la aparición más tardía del objetivo, el individuo dispone de más tiempo para que la preparación inducida por la orientación atencional se pueda llevar a cabo, con lo que el efecto de preparación es mayor en los ensayos de SOA largo respecto a los de SOA corto.

Este efecto puede deberse a un efecto de orientación endógena de la atención en el tiempo y la consiguiente expectativa que genera en el participante, tras la aparición de la señal, la inminente aparición del objetivo. Este mecanismo de orientación atencional ha sido ampliamente estudiado, desde los trabajos pioneros de Karlin (1959), Drazin (1961) o Gordon (1967), hasta los más recientes de McAuliffe y Pratt (2004), Thiel, Zilles y Fink (2004) o Milliken, Lupiáñez, Roberts y Stevanovski (2003).

En la línea de lo observado en trabajos como los citados anteriormente, el hecho de que el TR sea menor en los ensayos de SOA largo nos indica que en el SOA corto el individuo no tiene tiempo suficiente para prepararse. Esta manifestación de la orientación atencional en el tiempo sólo se ha observado de forma significativa en el componente del desencadenamiento inicial del movimiento (TR) y no en el transcurso de éste (TM), lo cual aportaría más evidencia a favor de la hipótesis de que los mecanismos de orientación de la atención en el tiempo surgen en los estadios iniciales del procesamiento de la información visual, y no en fases posteriores vinculadas a los procesos motores. En este sentido se podría afirmar que mecanismos de control *"on-line"* del movimiento no afectarían al sistema de orientación atencional, puesto que se darían en etapas de procesamiento posteriores.

Por tanto, la expectativa temporal posibilitaría una mejora en la preparación ante la llegada de un estímulo basada, en primer lugar, en una orientación de la atención hacia el momento esperado, mejorando así la percepción de los estímulos que se manifestaría, como ocurre en nuestro experimento, en un aumento de la velocidad y/o la precisión con la que percibimos dichos estímulos (TR).

Por otro lado, la expectativa temporal permite ir anticipando nuestra reacción al estímulo objetivo, haciendo que la respuesta se desencadene, en la medida de lo posible, en cuanto éste acontezca. En nuestro protocolo, al no a aparecer el objetivo en los primeros 100 ms, el participante podría ser consciente de este hecho para incrementar su nivel de activación al aumentar la expectativa de que el objetivo aparecerá inminentemente (1000 ms), ya que tan sólo existe la posibilidad de que el estímulo relevante aparezca en ese periodo (1000 ms) o no aparezca (ensayos de *"catch"* o sin objetivo). Esta conducta se basa en el proceso de repreparación, citado originalmente por Karlin (1959). La repreparación - también denominada reorientación-, temporal consiste en la generación de un estado de preparación como consecuencia de la generación de una nueva expectativa temporal, la cual surge a partir de que el participante deshecha una expectativa anterior. Así, la reorientación de la atención en el tiempo elimina el coste atencional que cabría esperar en el intervalo largo cuando los participantes se encuentran ante ensayo de intervalo corto.

Nuestros resultados se encuentran en la línea de los observados por Coull y Nobre (1998), los cuales, siguiendo un paradigma de costes y beneficios, demostraron que las personas tienen la habilidad para asignar y focalizar los recursos atencionales hacia un momento dado en el tiempo. Según estas autoras, existen diferentes hipótesis que tratan de explicar la naturaleza de este tipo de mecanismos de orientación atencional temporal.

Nos centraremos en revisar aquellos trabajos que emplearon tareas de detección para estudiar el efecto, como las empleadas en el protocolo actual. Por un lado, estudios como los de Coull, Frith, Büchel y Nobre, 2000; Coull y Nobre, 1998; Coull, Nobre y Frith, 2001, sólo hallaron efectos de validez con expectativa temprana (SOA corto), lo que podría justificar que el mecanismo de orientación atencional en el tiempo se debería únicamente a factores exógenos o mecanismos de alerta. Por otro lado, trabajos como los de Milliken et al. (2003), Correa et al. (2004) o Miniussi, Wilding, Coull y Nobre (1999) hallaron efectos de validez tanto para la expectativa temprana como la tardía, lo que permite argumentar que el mecanismo de orientación que subyace es de tipo endógeno.

Las características de nuestro protocolo no permiten profundizar en el conocimiento de este mecanismo ya que no se manipuló la variable de validez relativa al tiempo, y tampoco la aparición de un SOA intermedio que mostrase la evolución del efecto en el tiempo. Sin embargo, los comentarios de algunos participantes al finalizar los experimentos nos hace pensar en la segunda hipótesis (naturaleza endógena de la orientación de la atención en el tiempo), ya que informaban de esa sensación de incremento del nivel de preparación para la acción conforme aumentaba el intervalo de tiempo desde la aparición de la señal, pues tomaban conciencia de que sólo existían 3 posibilidades que relacionaban la aparición de la señal y el objetivo: intervalo muy corto, intervalo largo o no aparición. La no aparición del objetivo en un intervalo muy corto les hacía sospechar que la aparición del objetivo era inminente, puesto que el porcentaje de ensayos sin objetivo *("catch")* era sensiblemente inferior (20%) a cuando existía objetivo (80%).

Podría ser interesante para profundizar en el conocimiento de este mecanismo plantear estudios donde se manipulase el porcentaje de ensayos sin objetivo y observar cómo evoluciona el efecto de SOA. En esta línea autores como Correa, Lupiáñez y Tudela (remitido) han hallado cambios en la estrategia de preparación de los participantes cuando se manipula el porcentaje de ensayos vacíos.

Estos recientes estudios muestran un incremento del tiempo de reacción en los ensayos de SOA largo (aumento del efecto de "despreparación") explicado porque los participantes cambiarían sus expectativas temporales en la medida que varía la frecuencia de ensayos sin aparición de objetivo.

La metodología empleada no permite evaluar en el presente estudio los estados de preparación- despreparación- y repreparación atencional a nivel de los niveles de activación muscular (EMG). Nuestro grupo de investigación ha planteado una modificación del protocolo de recogida de datos que posibilitará el estudio de la variación de la activación muscular previa al desencadenamiento de la acción que permitirá estudiar la manifestación motora de este tipo de mecanismos de orientación espacio-temporal. Este consiste en la monitorización y registro de la señal muscular en los 500 ms previos a la aparición del objetivo, posibilitando el estudio del incremento de la actividad muscular (manifestación a nivel motor de los procesos atencionales) en las diferentes condiciones experimentales (véase experimento siguiente de la presente tesis doctoral para profundizar en este tipo de análisis).

1.4.3. Efecto de orientación atencional: Inhibición de retorno en tareas manuales guiadas visualmente de diferente grado de dificultad.

Una de las principales aportaciones del presente estudio ha consistido en aportar nuevas evidencias electrofisiológicas acerca de la manifestación conductual de los mecanismos atencionales estudiados, mediante el análisis de la señal EMG, posibilitando la comparación de este tipo de datos con los resultados obtenidos por trabajos previos que emplearon otras metodologías.

En lo relativo al estudio de los mecanismos de orientación de la atención en el tiempo, nuestros resultados muestran un efecto altamente significativo de la variable validez sobre el tiempo de finalización de la acción (TC) que se concreta en un retraso en los tiempos de contacto cuando el objetivo aparecía en una localización previamente atendida (señalada por una señal de aparición abrupta, que captura la atención) respecto a cuando aparecía en una localización no atendida. Por tanto se ha observado un patrón típico de IR que ya se manifiesta de forma significativa en el inicio de la activación muscular (TR).

Es de destacar que la magnitud del efecto de IR es idéntica en el inicio y en el final de la acción, con lo que no parece verse afectado por los mecanismos de feedback y control sensomotor que acontecen en el desarrollo del movimiento desde su origen hasta su finalización. De hecho, los resultados de TM mostraron una ausencia total de efecto IR.

Nuestros resultados son coherentes con los obtenidos en otros trabajos que emplearon diferentes sistemas de registro para estudiar el efecto de orientación de la atención en el espacio, replicando un efecto altamente significativo de IR en los ensayos válidos en SOAs largos (ver revisiones de Ruz y Lupiáñez, 2002; Lupiáñez et al., 2001; Yantis, 2000 y Klein, 2000 o estudios recientes como los de Doallo, Lorenzo-López, Vizoso, Rodríguez, Amenedo, Bara y Cadaveira, 2004 o Prime y Ward, 2004). Sin embargo, el patrón de resultados observado en la mayoría de estos trabajos muestra un efecto de facilitación atencional en intervalos de SOA corto (normalmente inferiores a 400 ms) y un efecto de IR en los SOAs más largos, tanto en tareas de detección como de discriminación, aunque algunos trabajos concluyen que la IR podría aparecer antes de los 400 ms en las tareas más sencillas (detección), pero no en tareas de mayor complejidad en la que es necesario discriminar alguna propiedad del estímulo como su color, forma, etc. (véase Lupiáñez et al., 1997, 2001). Nuestros datos, sin embargo, muestran un efecto significativo de IR en ambos intervalos señal-objetivo (100 y 1000 ms, aunque es significativamente mayor en el SOA largo, dato muy relacionado con lo observado en el patrón propio de los estudios precedentes).

La obtención de un efecto significativo de IR en ambos SOAs podría explicarse por razones similares a las planteadas por Lupiáñez et al. (2001) para argumentar el distinto curso temporal de la IR en las tareas de discriminación y detección, es decir, la implicación de factores relacionados con el diferente nivel de recursos perceptivos y procesuales requeridos en cada tipo de tarea.

En este sentido los trabajos de Khatoon, Briand y Sereno (2002) mostraron un curso temporal de la atención distinto (aparición de la IR con SOAs más cortos de los habituales) cuando existe una correspondencia directa entre el estímulo objetivo y la respuesta a realizar. Esto es lo que ocurriría en nuestro protocolo, ya que tanto en ambas tareas, la acción de alcance o agarre era realizada con la mano ipsilateral al lugar de aparición del objetivo. Esta correspondencia entre estímulo - respuesta hace que la tarea empleada sea poco demandante de recursos cognitivos, y con ello se observe una aparición temprana del fenómeno de IR (SOA de 100 ms).

La hipótesis anterior sirve para explicar la interacción, que aunque de modo estadísticamente marginal, se ha observado entre las variables tarea x validez. Nuestros resultados muestran un mayor efecto de IR en la tarea de agarre respecto a la de Alcance. Si vinculamos los datos del análisis post hoc realizado para profundizar en el conocimiento de esta interacción con la hipótesis de la aparición temprana de IR de Khatoon et al. (2002), podríamos sugerir que la señal previa de orientación atencional "engancharía" más la atención en la tarea de agarre respecto a la de alcance, dado que la primera es una respuesta más directa, puesto que existe un único objeto susceptible de ser "agarrado" en el espacio personal del participante (el objeto diana), mientras que en la tarea de alcance, la conexión estímulo- respuesta no es tan evidente, ya que de las infinitas localizaciones disponibles para alcanzar manualmente, sólo se ha de dirigir la mano a una de ellas, el objeto diana.

Esta afirmación llevaría por tanto implícita una idea acerca de cuál es la naturaleza del mecanismo de IR (¿en qué nivel de procesamiento se origina?) y vinculado a ello, ¿cuál es el efecto de la señal?

A este respecto autores como Posner y Cohen (1980, 1984) ya sugirieron que la señal previa participaría como activadora de la orientación de la atención viso-espacial amplificando la representación del objetivo. Otros como Danziger, Kingstone y Ward (2001) indicaban que la señal constituiría simplemente un marco de referencia para la creación de unas coordinadas espaciales para el objetivo, mientras que Stoffer y Umiltà (1997) sugirieron que la señal podría provocar un "movimiento" de la atención que haría que el lugar del objetivo se codifique como central en las coordenadas de representación espacial, previniendo así de su codificación derecha-izquierda. Finalmente, autores como Funes y Lupiáñez (2003) o Lupiáñez et al. (1999, 2001) plantean que la señal llevaría a la generación de una representación espacial o fichero de objeto en la que se integraría la información proveniente del objetivo, debido a la inercia integradora del sistema perceptivo visual. Estos procesos de integración de eventos entre señal y objetivo interactuarían con la mencionada orientación de la atención para dar lugar conjuntamente a los efectos observados en los experimentos de señalización espacial como el descrito en este apartado.

El patrón de datos obtenidos en este estudio, junto con otros como los de Ivanoff et al. (2002), nos hace ser de la opinión de aquellos autores que afirman que la IR estaría relacionada con mecanismos perceptivos y de selección de respuesta más que con procesos posteriores de carácter motor como sugieren otros como Klein y Taylor (1994).

Por otro lado, el patrón conjunto de datos obtenidos en el presente experimento (efecto de tarea sobre TC y distinto efecto de IR en alcance respecto al agarre) es congruente con el modelo de percepción-acción planteado por Jeannerod (1981), donde existirían dos canales diferentes para el procesamiento de la información perceptiva visual en función de la realización de una tarea de alcance o de agarre.

Para profundizar aún más en el análisis de la naturaleza de la IR, y como sugerencia de futuras líneas de investigación sugerimos el planteamiento de nuevos protocolos que contemplen la manipulación de la variable "dominancia manual" para estudiar la variación del efecto de IR.

Este tipo de estudios permitirán aportar nuevas evidencias que contribuyesen a reforzar la hipótesis defendida anteriormente, siempre que encontrásemos un mayor efecto de IR cuando la mano de respuesta fuese la dominante respecto a la no dominante, ya que la demanda perceptiva sería menor cuando se ejecuta una tarea con la mano más hábil y la respuesta sería más directa o intuitiva respecto a cuando la ejecuta la mano no dominante, menos familiarizada a ese tipo de acciones de respuesta rápida.

Por otra parte, sería interesante que protocolos futuros combinasen ensayos donde apareciesen estímulos distractores contrabalanceados intrabloque e interparticipante con otros donde no apareciesen, variando por tanto el nivel de complejidad perceptiva y estudiando cómo afecta este hecho a la manifestación de la IR.

Para concluir, cabe resaltar las aportaciones realizadas por el presente experimento en lo relativo a la metodología empleada para estudiar la manifestación neurofisiológica de diferentes procesos atencionales. La electromiografía surge como un instrumento interesante y complementario de las medidas cinemáticas utilizadas tradicionalmente para estudiar la manifestación motora de los procesos atencionales. Sería interesante plantear nuevos trabajos que incluyesen datos relativos al origen de los mecanismos atencionales (registro de la actividad cortical y del cerebro medio mediante neuroimagen y ERP) así como el análisis de su manifestación motriz inicial mediante la el inicio de la activación muscular (EMG) y la manifestación parcial y final del movimiento (cinemática por acelerometría y/o fotogrametría) para tener un conocimiento más profundo de cómo se originan y desarrollan en el tiempo los diferentes procesos atencionales que modulan la respuesta motriz. En este sentido, el estudio de la activación muscular posterior a la aparición de la señal y previa a la aparición del objetivo podría aportar información vital para aclarar el efecto inhibidor-activador de la orientación atencional sobre la respuesta motriz, aspecto que será tratado como mayor profundidad en el siguiente y último experimento de la presente tesis doctoral.

EXPERIMENTO 2

INHIBICIÓN DE RETORNO SIN INHIBICIÓN DE LA ACCIÓN. INTERACCIÓN CON EL EFECTO SIMON EN UNA TAREA DE ALCANCE DE OBJETOS.

2. EXPERIMENTO 2: INHIBICIÓN DE RETORNO SIN INHIBICIÓN DE LA ACCIÓN. INTERACCIÓN CON EL EFECTO SIMON EN UNA TAREA DE ALCANCE DE OBJETOS.

2.1. Introducción.

Los contextos naturales donde se desarrollan la mayoría de conductas guiadas visualmente se caracterizan por la existencia de multitud de estímulos que interactúan, haciendo más complejos los procesos cognitivos que regulan la respuesta motriz. En este sentido, el experimento anterior, en el que únicamente se manipulaba la correspondencia espacial entre el lugar de aparición de la señal y el objetivo en una tarea de detección, representa un contexto sencillo de respuesta dirigida visualmente.

Como se ha indicado en el marco teórico, el proceso de percepción-acción se caracteriza por la interacción de distintos mecanismos perceptivos, atencionales y motores que actúan modulando la eficacia y el rendimiento de la ejecución motriz. Por ello, en el experimento anterior se estudió la manifestación a nivel electromiográfico y cinemático del ya definido mecanismo de IR sobre la respuesta motriz en una tarea de detección, replicándose los efectos característicos de este efecto en un contexto de respuesta motriz más ecológico (agarre y alcance de objetos) que los empleados por estudios anteriores (véase revisiones de Klein, 2000; Lupiáñez et al., 1999 o Ruz y Lupiáñez, 2002).

En esta misma línea de investigación, el protocolo anterior ha posibilitado el estudio de la manifestación del efecto de la orientación de la atención en el tiempo (efecto de SOA) sobre el rendimiento motor en un contexto de percepción- acción distinto a los tradicionales hallados en la literatura (véase revisión de Coull y Nobre, 1998; Niemi y Naätänen, 1981 o trabajos de Correa et al., 2004; Milliken et al., 2003).

Sin embargo, y como se indicó en el apartado introductorio de la presente tesis doctoral, aunque la manifestación de estos fenómenos de orientación atencional ha sido ampliamente tratada por la literatura, existe cierta controversia en lo relativo a la naturaleza de estos mecanismos, sobre todo en lo que se refiere al fenómeno de la Inhibición de Retorno.

En este sentido, la ausencia de manifestación del efecto de IR en algunos protocolos experimentales que emplearon tareas de discriminación o juicios de orden temporal (véase marco teórico) originó que autores como Klein y Taylor (1994) sugiriesen una naturaleza motora de la IR, definiéndola como un mecanismo que operaría manifestándose como un sesgo de respuesta hacia objetivos que aparecen en localizaciones señaladas. Sin embargo, otros trabajos han informado de la observación de IR en este tipo de tareas, aunque con un curso temporal diferente al tradicionalmente obtenido en tareas con un menor componente de procesamiento perceptivo (véase marco teórico). Esta observación ha permitido que autores como Chica y Lupiáñez, 2004; Howard et al., 1999; Lupiáñez et al., 2001; Prime y Ward, 2004) sugieran que la IR es un mecanismo atencional robusto y general que surgiría en estadios más tempranos de procesamiento perceptivo de la información, anteriores al desencadenamiento de los procesos motores sugeridos anteriormente.

Por tanto, uno de los principales objetivos que pretende el presente experimento es aportar nuevas evidencias que permitan aclarar dicha controversia. Una vez revisada la literatura previa, y coincidiendo en la línea argumentada por Lupiáñez et al. (2001), consideramos que si la IR se origina en las etapas iniciales del procesamiento perceptivo de la información, al igual que en el experimento anterior, la manifestación de este mecanismo debe observarse en el inicio de la activación muscular (TR), no manifestándose en la variable de desarrollo de la ejecución (TM). Además, la observación de IR en una tarea de discriminación de color, a la que se añade la presencia de otros elementos perceptivos moduladores de la acción (acción manual dirigida a un objetivo) como la que se plantea en el presente experimento, posibilitará aportar mayor evidencia a favor de la defensa de la hipótesis del carácter perceptivo y general de este mecanismo atencional.

Las características del protocolo experimental planteado (manipulación de la correspondencia lugar de aparición de la señal- lugar de aparición del objetivo y correspondencia entre lugar de aparición del objetivo y mano de respuesta) posibilitarán el estudio de otro mecanismo atencional vinculado a la selección de respuesta conocido en la literatura como efecto Simon (Simon y Rudell, 1967).

Dada la relevancia que puede tener el conocimiento de este efecto para el contexto deportivo (véase marco teórico), el siguiente estudio ha tratado de profundizar en la manifestación de este mecanismo, planteándonos la hipótesis de que si el efecto Simon es un mecanismo de selección de respuesta que optimiza la ejecución de respuestas ipsilaterales al lugar de aparición del objetivo, deberíamos de observar un incremento de la actividad electromiográfica previo al desencadenamiento de la acción, tanto en el brazo de respuesta como en el de no respuesta, no manifestándose sobre la variable tiempo de movimiento. Igualmente, si como indica la literatura (véase revisión de Simon, 1990), el efecto Simon está más relacionado con procesos motores que perceptivos, la magnitud de este efecto será mayor en el SOA corto que en el SOA largo debido a la mayor contigüidad temporal entre señal y objetivo, reduciendo la posibilidad de generación de expectativas temporales (orientación endógena de la atención).

Por otra parte, el diseño de una tarea que implica la manifestación y posible interacción de dos mecanismos atencionales como son el efecto de IR y el efecto Simon, aporta otro nuevo enfoque para el estudio de la naturaleza de ambos efectos. Muchos trabajos han informado de la no interacción entre ambos efectos atencionales (véase apartado 3.6 de la introducción). Tan sólo Ivanoff et al. (2002) informaron de la existencia de una interacción significativa entre ambos efectos, pero planteando un metaanálisis de 6 estudios diferentes. La observación de tal interacción en una misma serie experimental, otro de los principales propósitos de nuestro trabajo, se torna clave para la mejora del conocimiento de la naturaleza de ambos mecanismos, ya que si como sugiere la literatura, el efecto Simon y el efecto de IR operan en una misma fase de procesamiento de la información, que en este caso sería la selección de respuesta, deberíamos hallar una interacción significativa entre ambos efectos.

Para concluir, el siguiente experimento pretende aportar nuevos datos que contribuyan a profundizar en una de las principales incógnitas que se plantean en la actualidad en el ámbito del estudio de la IR, que es si se trata de un mecanismo de carácter activador o inhibidor de procesos motores.

Mientras que autores como Abrams y Dobkin (1994) defienden que la IR desencadena la activación de mecanismos inhibidores de la respuesta del sistema óculo-motor, otros como Dorris et al. (2002) apoyados por trabajos más recientes como los de Mayer et al. (2004) sugieren que la IR, es un mecanismo de carácter activador, al menos a nivel de las estructuras subcorticales (colículos superiores), pudiéndose generar la respuesta inhibidora en estadios posteriores de la elaboración de la respuesta motriz (a nivel cortical).

Los datos obtenidos mediante el registro de la activación muscular en varias fases de la respuesta motriz (antes y durante la ejecución de la acción), nos aproximarán a un mejor conocimiento de la manifestación observable de estos mecanismos atencionales. Si la IR desencadena procesos activadores de la respuesta motriz, la aparición de la señal de orientación exógena provocaría un incremento de la actividad EMG en el brazo de respuesta, que se sumaría al efecto de correspondencia objetivo-respuesta (efecto Simon).

2.2. Método.

2.2.1. Participantes.

Los participantes en este experimento (n= 20; 7 hombres y 13 mujeres; eran estudiantes de la Facultad de Psicología de la Universidad de Granada con una edad comprendida entre los 19 y los 30 años (promedio= 23.3 años).

Previamente a la cita para la sesión experimental, los participantes eran consultados acerca de si tenían alguna deficiencia visual, y en su caso, se les indicaba que asistieran al experimento con lentes correctoras (no lentes de contacto), para evitar las incomodidades propias de los protocolos que requieren fijación visual y no parpadeo durante su desarrollo.

Todos ellos desconocían los objetivos de la investigación y recibían créditos por su colaboración. Una vez finalizada la sesión experimental, los participantes eran instados a que indicasen si habían detectado alguna anomalía durante su desarrollo y se les explicaba los objetivos e hipótesis del estudio. A los participantes que lo solicitasen se les emitía un informe comentado sobre los resultados obtenidos.

2.2.2. *Aparatos y estímulos.*

La Figura 3.1 muestra la organización de la cadena de medición, con la correspondiente distribución de los aparatos e instrumentos utilizados para la recogida de datos en el presente experimento.

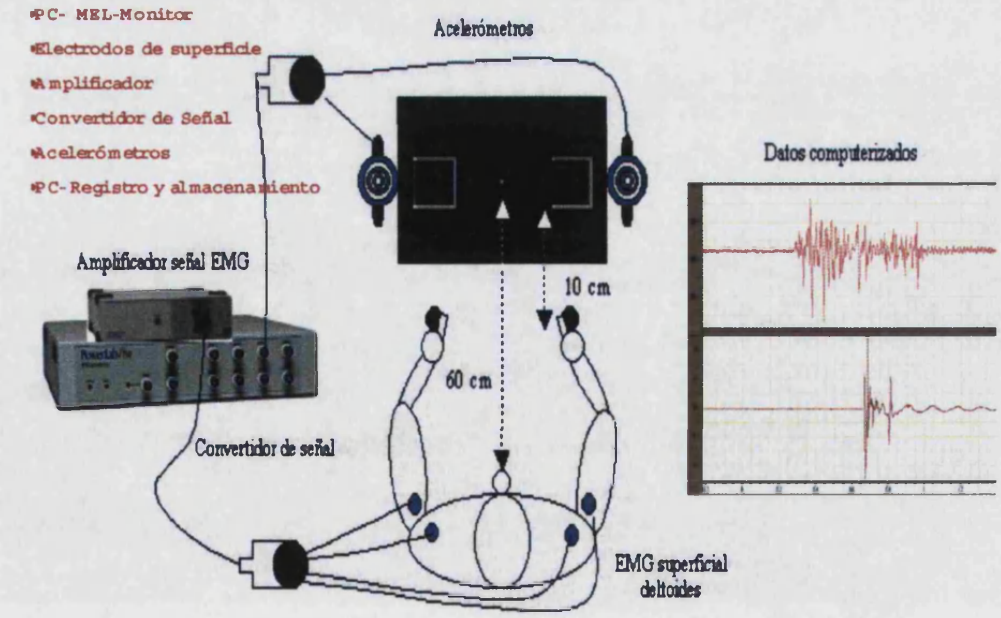

Figura 3.1. Representación gráfica de la disposición de instrumentos y personas en el Experimento 2.

Los estímulos fueron proyectados en un monitor de 14′′, y el control de su presentación y temporización, así como la recogida de datos de las condiciones experimentales, se realizó mediante un ordenador PC con procesador 486/33 y una rutina programada mediante el software MEL (Schneider, 1988).

El protocolo experimental se basó en una modificación de la tarea planteada anteriormente (véase apartado 1.2 del experimento 1). La localización y tamaño del punto de fijación, estímulo donde el participante debía centrar su mirada al inicio de cada ensayo, así como las cajitas o marcadores situados a ambos lados del punto de fijación, fueron idénticos a los empleados en el experimento 1. Del mismo modo, la señal de orientación atencional exógena surgía del incremento súbito y breve (50 ms) de la luminosidad de los bordes de uno de los marcadores. Como en el experimento anterior, en el presente protocolo, esta señal tampoco era predictiva del lugar de aparición del objetivo. La forma, tamaño, localización y tiempo de exposición del estímulo objetivo o *"target"* fueron idénticos a la del protocolo anterior, aunque en este caso el color de éste podía ser amarillo o rojo, y era indicador de la mano que debía ejecutar la acción de alcance. La Figura 3.2 muestra la distribución de estímulos en el monitor.

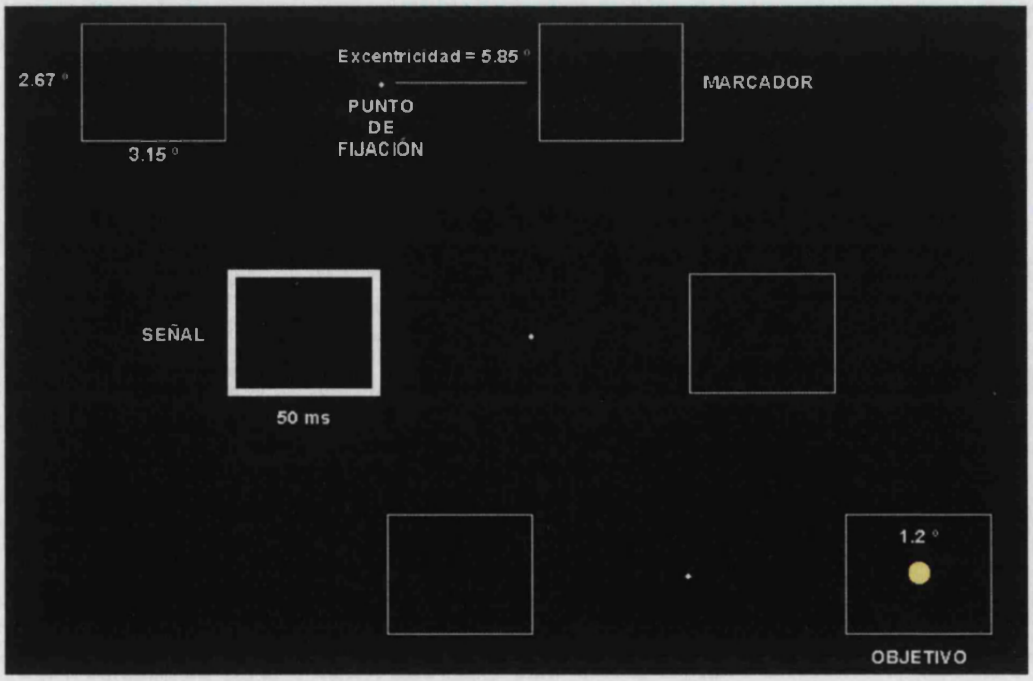

Figura 3.2. Representación gráfica de la disposición de los estímulos en el Experimento 2.

Los participantes debían tocar el "objeto diana" del lado ipsilateral a la mano indicada por el color del estímulo objetivo. El objeto diana consistía en un objeto circular plano de 5 cm de diámetro situado en ambos laterales exteriores del monitor donde se proyectaban los estímulos y centrados horizontalmente con los marcadores y el punto de fijación (véase figura 3.3).

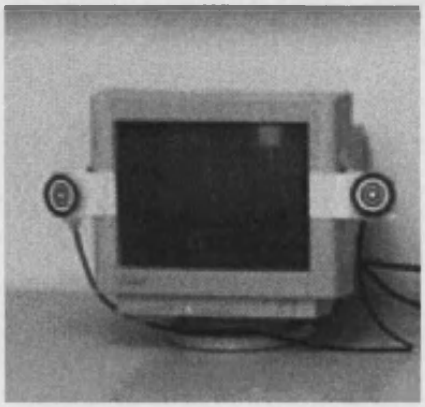

Figura 3.3. Representación gráfica de la ubicación de los objetos diana en la tarea del Experimento 2.

Cada uno de los objetos diana fue instrumentado mediante un acelerómetro resistivo de un eje conectado a un sistema de acondicionamiento de señal y visualización (SignalMaster MS 002, Sportmetrics, S.L.) con un fondo de escala de ±10 G y resolución de 0.02 G y una frecuencia de resonancia superior a 5 Khz. Este dispositivo anejo al objeto diana permitía registrar el instante en el que el participante contactaba con aquel.

El presente estudio, como el anterior, también recurrió al registro de la actividad muscular, no sólo tras la aparición del objetivo como ocurría en el experimento anterior, sino también antes de su aparición en pantalla, posibilitando el análisis del efecto de la señal de orientación atencional sobre la activación muscular previa al movimiento. Para recoger los datos EMG se siguió el mismo procedimiento que en el experimento precedente. La figura 3.4 muestra la colocación de los electrodos de superficie en los participantes, así como la distribución del conjunto de aparatos empleados en el presente protocolo experimental.

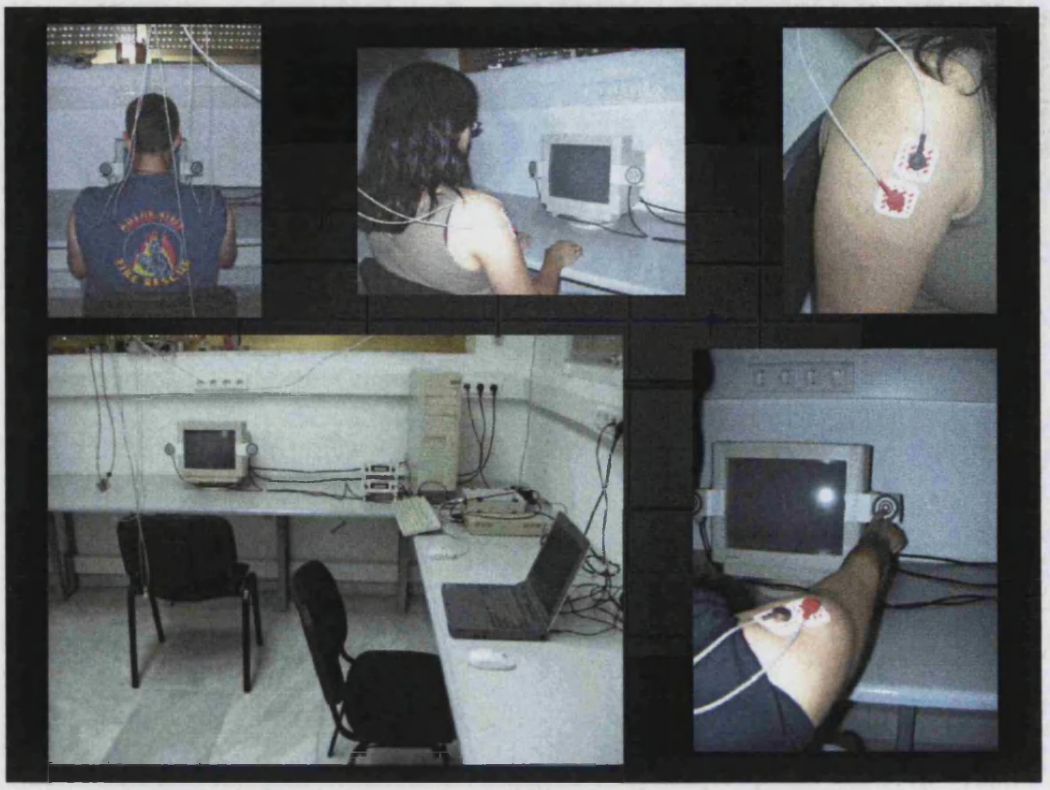

Figura 3.4. Representación gráfica de la disposición de aparatos y colocación de electrodos para EMG.

Los datos EMG y cinemáticos fueron registrados para su análisis posterior siguiendo el protocolo establecido en el experimento 1.

2.2.3. Procedimiento.

Se diseñó un protocolo experimental basado en una tarea de discriminación del color (rojo y amarillo) que determinaba la mano de respuesta (derecha o izquierda) con que se debía responder, siguiendo el paradigma de costes y beneficios (Posner, 1980 y Posner y Cohen, 1984) descrito con anterioridad (véase marco teórico y experimento 1).

La posición inicial de los participantes era similar a la del protocolo anterior. Los participantes se sentaban enfrente del monitor donde se presentaban los estímulos, separados 60 cm de éste, apoyando la cabeza en una mentonera que situaba los ojos a la altura del punto de fijación, evitando movimientos de la cabeza.

Una vez descrita la posición inicial, se explicaba a los participantes en qué consistía el experimento y la secuencia de estímulos que aparecerían en la pantalla, así como la forma como debían responder.

La serie de acontecimientos que componían cada ensayo experimental comenzaba con la aparición en la pantalla de un punto de fijación, donde los participantes debían dirigir su mirada, y los dos marcadores situados a ambos lados. Como en el experimento 1, tras un intervalo de 1000 ms, los bordes de uno de los dos marcadores incrementaban súbitamente su luminosidad durante 50 ms (pasaban de presentarse en gris a presentarse en blanco), dando una sensación de parpadeo, que pretendía generar en el participante una respuesta de orientación atencional exógena (estímulo "señal").

La señal no tenía carácter predictivo sobre el lugar de aparición del objetivo siguiente. Tras la señal, y en un intervalo variable de 50 ms o 950 ms (determinando unos SOAs de 100 o 1000 ms) aparecía centrado en el interior de uno de los 2 marcadores y durante 33 ms el estímulo objetivo (círculo rojo o amarillo), indicador de la mano con que se debía emitir la respuesta. Ésta consistía en tocar *("reach")* de forma rápida el objeto diana ipsilateral a la mano correspondiente al color indicado por el objetivo. Por tanto, el lugar de aparición del objetivo no era un atributo relevante para la respuesta, sino el color del estímulo objetivo.

Finalmente, el punto de fijación y los marcadores permanecían en pantalla hasta la respuesta del participante o hasta un máximo de 2000 ms si no existía respuesta, comenzando el siguiente ensayo en un periodo de 3000 ms. La figura 3.5 muestra la secuencia de eventos que acontecía en cada uno de los ensayos.

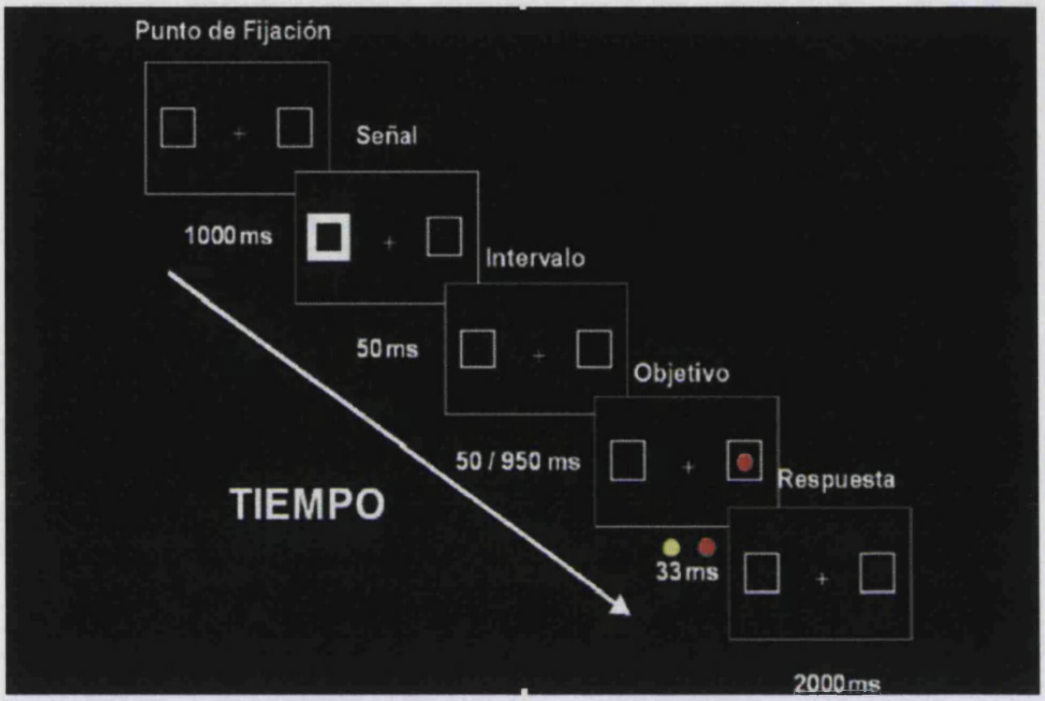

Figura 3.5. Representación gráfica de la secuencia de eventos en cada ensayo del Experimento 2.

El lugar de aparición de la señal y del objetivo, el color de éste y el SOA fueron seleccionados de forma aleatoria en los ensayos de cada bloque experimental, con el condicionante de que en cada bloque se seleccionaban todos los valores posibles el mismo número de veces.

El valor del color que codificaba la mano que debía realizar la acción se contrabalanceó a través de los participantes de manera que no interfiriese en la interpretación de los resultados (efectos de diferenciación cromática, diferenciación de contrastes, fatiga visual, etc.), con lo que la mitad de los participantes respondieron con la mano derecha al color amarillo y la mano izquierda al color rojo y al contrario para la otra mitad de participantes.

2.2.4. Diseño.

Mediante el presente experimento se pretendía estudiar los efectos de orientación atencional espacial (facilitación atencional o IR) sobre el rendimiento motor en una acción manual dirigida a objetivo (alcance de objeto), basada en una tarea de discriminación de color. En este estudio se midieron las siguientes variables dependientes, definidas tal como se describe a continuación:

- Tiempo de Reacción (TR): Tiempo transcurrido entre la aparición del objetivo en pantalla y el 1er valor del registro EMG que superara en 5 desviaciones típicas el valor promedio de la señal EMG en reposo.

- Tiempo de Contacto (TC): Tiempo transcurrido entre la aparición del objetivo en pantalla y el 1er valor de los datos del Acelerómetro que superara en 3 desviaciones típicas el valor promedio de la señal en reposo.

- Tiempo de Movimiento (TM): Tiempo de Contacto – Tiempo de Reacción.

Con el objetivo de estudiar la respuesta neuromuscular previa al desencadenamiento de la acción (variaciones en el tono muscular) provocada por la aparición de la señal y del estímulo objetivo, se definieron 2 nuevas variables dependientes, no consideradas en el experimento 1:

- Promedio de la variación en la Actividad EMG en los 100 ms siguientes a la aparición del estímulo objetivo en el brazo de respuesta (EMG_{BR}).

- Promedio de la variación en la Actividad EMG en los 100 ms siguientes a la aparición del estímulo objetivo en el brazo de no respuesta (EMG_{BNR}).

La Figura 3.6 muestra gráficamente la estimación de dichas variables sobre los registros obtenidos mediante EMG (en el brazo de respuesta y de no respuesta) así como los registros de acelerometría:

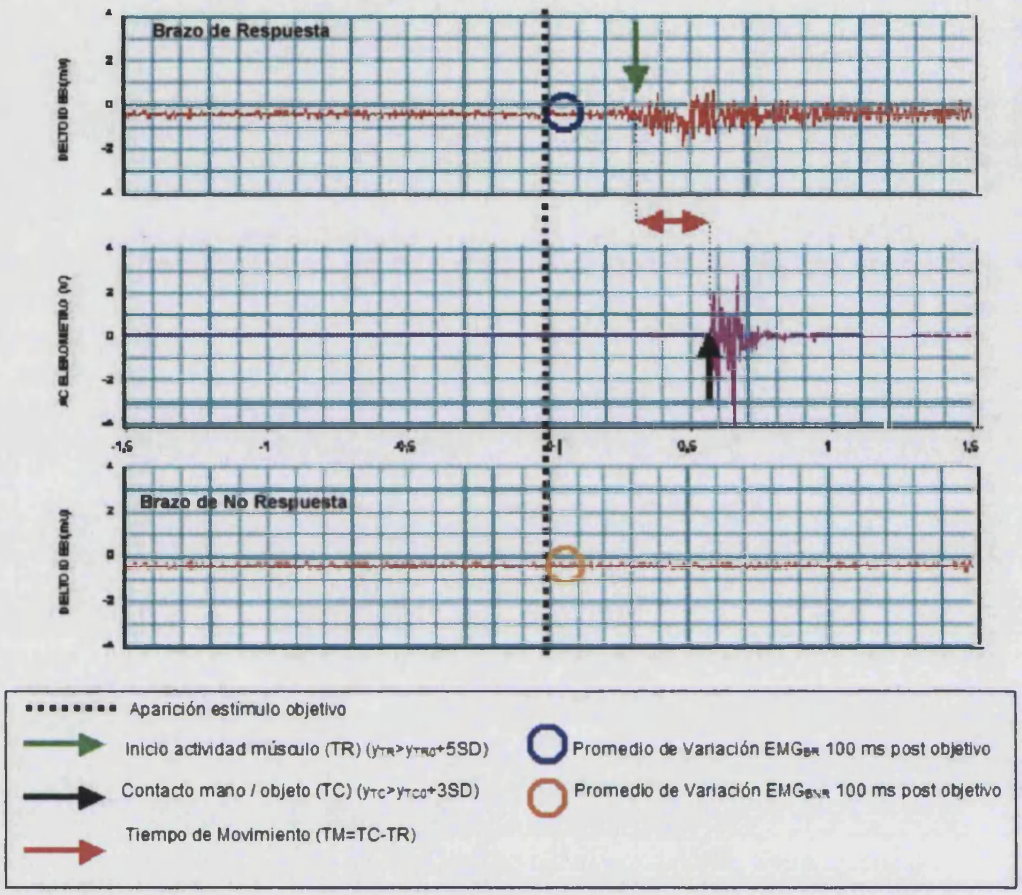

Figura 3.6. Estimación de TR, TC y TM, así como variación EMG en el brazo de respuesta y no respuesta en los 100 ms posteriores a la aparición del objetivo.

Como variables independientes, se manipularon, todas de forma intraparticipante, las variables habituales de los estudios de orientación atencional exógena e IR: 2 Correspondencia Mano-Objetivo) x 2 (SOA) x 2 (Validez-Lugar).

- Correspondencia mano-objetivo: La mano de respuesta podía ser la misma del lugar donde aparecía el objetivo (Ensayo ipsilateral) o la opuesta (Ensayo contralateral).

- SOA: Intervalo temporal entre estímulo señal y objetivo, con 2 niveles: 100 ms y 1000 ms.

- Validez: Con 2 niveles, ya que el objetivo podía aparecer en el marcador señalado por la señal (ensayo válido) o en el no señalado (ensayo inválido).

La tabla 3.1 muestra el total de condiciones experimentales posibles.

Tabla 3.1. Condiciones experimentales posibles procedentes de la combinación de las variables Correspondencia mano-objetivo, SOA y Validez.

IPSILATERAL				CONTRALATERAL			
SOA 100 ms		SOA 1000 ms		SOA 100 ms		SOA 1000 ms	
Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido

Los participantes realizaron 3 bloques de 80 ensayos experimentales, precedidos de 1 bloque de práctica que contenía 20 ensayos, conteniendo cada bloque un muestreo equitativo de todas las condiciones experimentales.

Cada bloque experimental estaba compuesto de 4 series de 20 ensayos (total 80 ensayos), por lo que cada uno contenía 10 ensayos de cada condición experimental (véase tabla 3.1).

El presente protocolo no empleó ensayos vacíos o sin objetivo (*"catch trials"*), puesto que la naturaleza compleja de la tarea (discriminación) reduciría las respuestas anticipatorias, ya que el participante ha de procesar el color para seleccionar la mano que ha de ejecutar la acción de alcance.

En el transcurso del experimento se introdujeron periodos de 1 minuto de descanso entre series de 20 ensayos dentro de cada bloque, y de 3 minutos entre bloques.

Los experimentos se llevaron a cabo en una sola sesión experimental de aproximadamente 45 minutos de duración.

2.3. Resultados.

Para el análisis de los datos se descartaron aquellos ensayos donde los participantes respondieron con la mano contraria a la indicada por el objetivo (0,75%) y aquellos en los que, aún no existiendo finalización de la acción manual (agarre o alcance de objeto), el movimiento se inició de forma significativa (señal EMG superior en 5 desviaciones típicas al valor promedio de la señal EMG en reposo) con el brazo equivocado (1,3 %). También se eliminaron para el análisis aquellos ensayos donde el valor del TR fue inferior a 100 ms (1,53%), por considerarse respuestas anticipadas, o cuando superó los 900 ms (0, 35%) o no hubo respuesta del participante (0,67%). Además, un 5,1 % de los ensayos fue eliminado por existir errores de transmisión de los datos EMG o del acelerómetro.

En la Tabla 3.2 se muestran los valores descriptivos de las variables temporales (TR, TC y TM) en cada una de las condiciones experimentales manipuladas.

Tabla 3.2. Promedio y Desviación típica (entre paréntesis) en las diferentes condiciones experimentales en las variables Tiempo de Contacto (TC), Tiempo de Reacción (TR) y Tiempo de Movimiento (TM). Se resaltan los efectos de orientación espacial de la atención (IR) y de correspondencia mano-objetivo (Simon) y su nivel de significatividad estadística.

		TIEMPO DE CONTACTO				TIEMPO DE REACCIÓN				TIEMPO DE MOVIMIENTO			
		SOA 100 ms		SOA 1000 ms		SOA 100 ms		SOA 1000 ms		SOA 100 ms		SOA 1000 ms	
		Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido	Válido	Inválido
IPSILATERAL Tiempo (ms)		600 (±66)	613 (±74)	602 (±70)	595 (±74)	269 (±36)	276 (±46)	267 (±37)	260 (±42)	331 (±50)	337 (±51)	335 (±53)	335 (±53)
CONTRALATERAL Tiempo (ms)		637 (±71)	650 (±72)	638 (±72)	618 (±79)	304 (±48)	316 (±51)	299 (±41)	280 (±47)	333 (±50)	335 (±49)	339 (±52)	338 (±52)
EFECTO SIMON		37 ms*	37 ms*	36 ms*	23 ms*	35 ms*	40 ms*	32 ms*	20 ms*	2 ms	-2 ms	4 ms	3 ms
EFECTO DE VALIDEZ	IPSILATERAL	13 ms*		-7 ms (IR)		7 ms°		-7 ms (IR)°		6 ms°		0	
	CONTRALATERAL	13 ms***		-20 ms (IR)**		12 ms***		-19 ms (IR)**		2 ms		-1 ms (IR)	

* p<.001 ** p<.005 *** p<.05 °p<.075

Los datos obtenidos fueron tratados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas de 2 x 2 x 2, recurriendo a la prueba post hoc de Bonferroni para concretar el tipo de interacción existente entre los distintos niveles

de las variables analizadas. El ANOVA incluía los factores "correspondencia mano-objetivo" (2 niveles: ipsilateral y contralateral), "SOA" (2 niveles: 100 y 1000 ms) y "validez" (2 niveles: válidos e inválidos) como variables independientes intraparticipante.

Los resultados de este ANOVA sobre la variable TC muestran un efecto principal de correspondencia mano- objetivo ($F(1, 19)= 69.144$, $MCe=644.959$, $p<.001$) y de SOA ($F(1, 19)= 9.940$, $MCe=556.233$, $p<.005$) cuyo origen, y como se mostrará más adelante, parte del desencadenamiento de la acción (TR). La Figura 3.7 muestra los datos descriptivos de este efecto sobre los distintos componentes del movimiento.

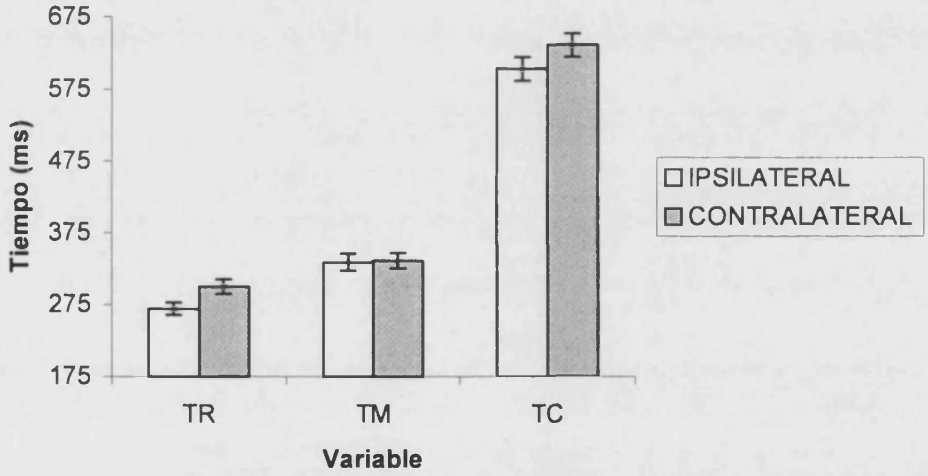

Figura 3.7. Media y error típico de las diferentes variables (TR: Tiempo de reacción; TM: Tiempo de Movimiento y TC: Tiempo de Contacto) en las diferentes condiciones de correspondencia objetivo-mano de respuesta: Ipsilateral y Contralateral.

Como puede observarse, se obtuvo un patrón típico de efecto Simon (véase introducción), consistente en menores TR (31 ms) y TC (33 ms), en los ensayos donde el participante respondió con la mano ipsilateral al lugar de aparición del objetivo respecto a cuando la mano de respuesta era la opuesta. Puede observarse que este efecto se origina en el desencadenamiento de la acción (TR) ($F (1, 19)= 87.839$, $MCe=448.574$, $p<.001$), no existiendo manifestación del efecto Simon sobre la variable TM.

El efecto principal de SOA permite estudiar la manifestación de la orientación temporal de la atención. Como se indicó más arriba, se halló un efecto de SOA altamente significativo ($p<.005$) sobre el rendimiento final de la acción (TC), observándose cómo la acción final de contacto se lleva a cabo de forma más rápida en el SOA largo que en el corto, es decir, cuando hay un mayor tiempo para prepararse (véase Figura 3.8).

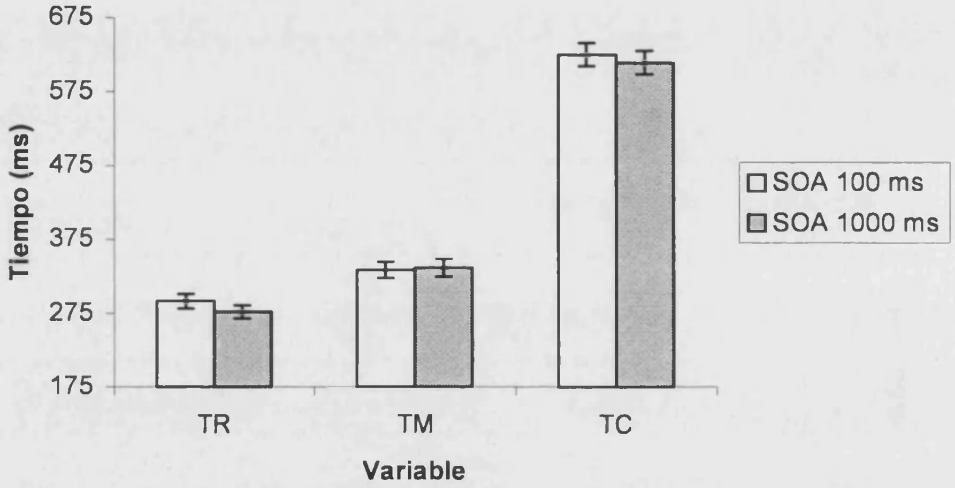

Figura 3.8. Media y error típico de las variables (TR: Tiempo de reacción; TM: Tiempo de Movimiento y TC: Tiempo de Contacto) en los diferentes intervalos señal- objetivo: SOA 100 ms y SOA 1000 ms.

Como en el caso de la orientación espacial, este efecto se origina en el inicio del movimiento (TR) ($F(1, 19)= 18.474$, $MCe=470.163$, $p<.001$), no manifestándose en el TM lo que ratifica su carácter de preparación y no de ejecución del movimiento. En concreto, el efecto se manifiesta en el rendimiento de la acción con menores TR (15 ms) y TC (11 ms) en los ensayos con SOA largo respecto a los ensayos con SOA corto, un efecto que se ha relacionado con la orientación endógena de la atención en el tiempo y la generación de expectativas temporales en el participante (véase discusión).

Tampoco se observó ningún efecto de la variable SOA sobre la actividad EMG previa al desencadenamiento de la acción (EMG_{BR} y EMG_{BNR}).

El ANOVA llevado a cabo no mostró la existencia de más efectos principales, aunque sí se hallaron interacciones significativas entre variables que son altamente interesantes para los objetivos del estudio.

En primer lugar se ha hallado una interacción altamente significativa entre las variables SOA x validez en la variable TC ($F(1, 19)= 24.7110$, $MCe=291.886$, $p<.001$), que, como muestra la figura 3.9, representa de forma muy clara el patrón típico del efecto de orientación atencional espacial: menores tiempos de ejecución final en los ensayos válidos respecto a los inválidos en el SOA corto (efecto facilitador de la señal= 13 ms; $p <.001$), y el patrón contrario, con mayores TC en los ensayos válidos respecto a los inválidos en el SOA de 1000 ms (efecto de IR= 14 ms; $p<.01$).

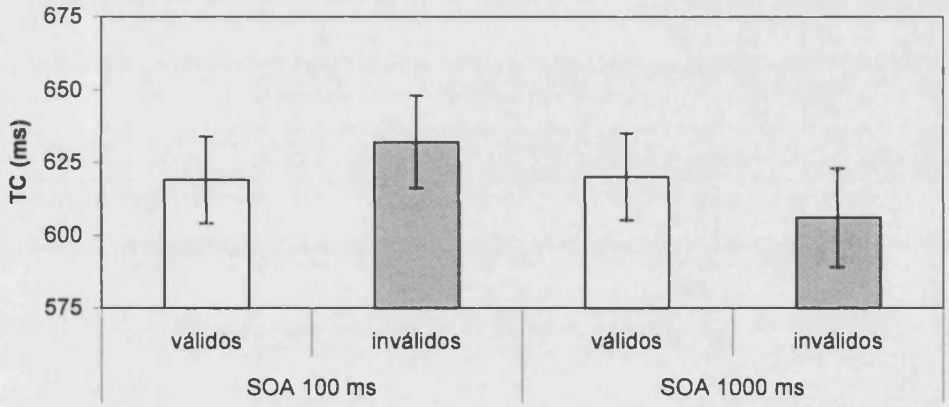

Figura 3.9. Media y error típico del Tiempo de ejecución (TC) en las condiciones de SOA x Validez. Obsérvese inversión del efecto de señal sobre rendimiento: facilitación en SOA corto e IR en SOA largo.

Al analizar los componentes del movimiento, se puede observar que dichos efectos de facilitación e inhibición, aparecen ya, con similar magnitud, en el desencadenamiento de la acción (TR) ($F (1, 19)= 29.342$, $MCe=166.368$, $p<.001$). Obsérvese en la figura 3.10 el efecto facilitador de la señal (10 ms, $p<.005$) en el SOA corto y el efecto de IR (13 ms, $p<.005$) en el SOA largo.

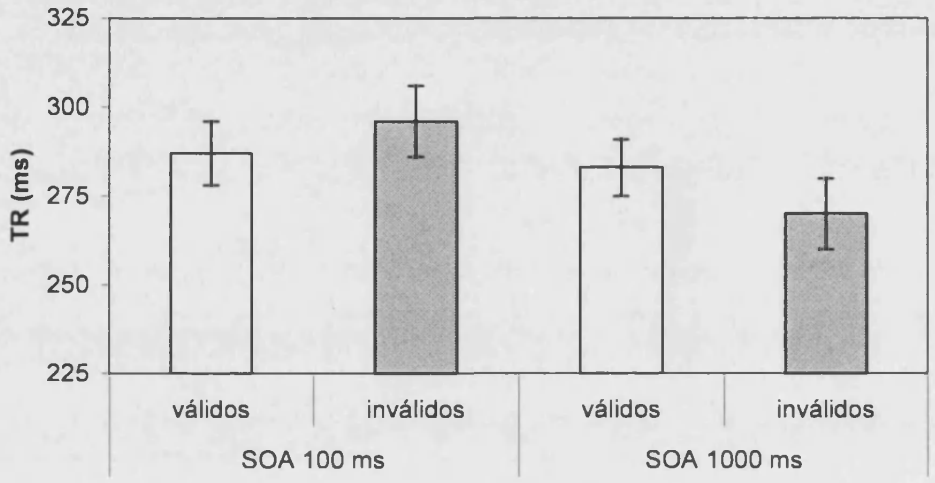

Figura 3.10. Media y error típico del Tiempo de reacción (TR) en las condiciones de SOA x Validez. Obsérvese inversión del efecto de señal sobre rendimiento: facilitación en SOA corto e IR en SOA largo.

Cómo ya ocurrió en el experimento 1, de nuevo en este experimento no se observó ningún efecto significativo de la orientación atencional sobre la duración del desarrollo de la acción (TM).

Además de los efectos principales estudiados, el planteamiento de las hipótesis iniciales hace necesario el estudio de las interacciones entre las diferentes variables manipuladas. El ANOVA practicado mostró como significativas o marginalmente significativas, aparte de la ya citada interacción SOA x validez, otras interacciones de interés para nuestro estudio de las que informamos a continuación.

Se ha encontrado una interacción marginal entre las variables Correspondencia mano- objetivo x SOA en el TC ($p<.15$) que fue significativa en el TR (F (1, 19)= 5.153, MCe=285.147, $p<.05$), observándose que el efecto Simon, aún siendo significativo en ambas condiciones de SOA, es mayor en el SOA corto (efecto Simon de 38 ms) que en el SOA largo (efecto Simon de 25 ms) (véase figura 3.11).

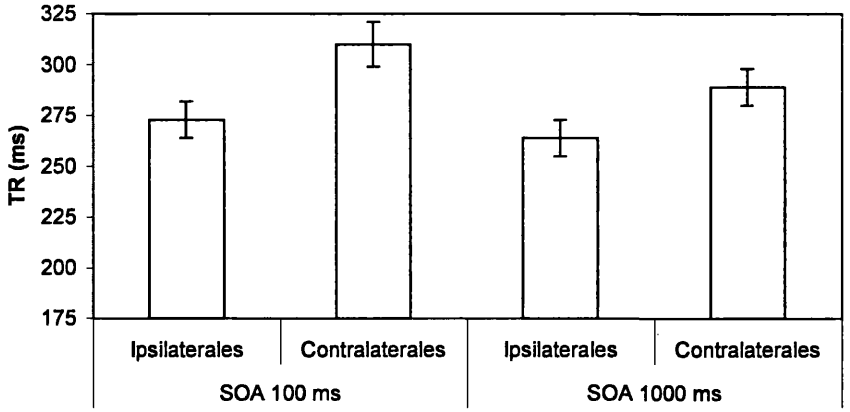

Figura 3.11. Media y error típico del Tiempo de Reacción (TR) en la interacción SOA x Correspondencia mano-objetivo. Interacción del efecto de orientación temporal de la atención y el efecto Simon.

Algo similar ocurre en la interacción entre las variables Correspondencia mano-objetivo x SOA x Validez, que sólo se aproxima a la significatividad ($p<.16$) en la variable TC, pero que es marginalmente significativa en la variable TR (F (1, 19)= 4.261, MCe=123.516, $p<.06$). La observación de esta interacción de segundo orden puede estar relacionada con el hecho de que el efecto de orientación atencional del SOA corto (facilitador) sea independiente del Simon, mientras que el efecto del SOA largo (IR) si esté directamente relacionado con el efecto Simon.

Los resultados anteriores instan a profundizar en el estudio de la interacción entre la orientación atencional (por una lado la facilitación observada en el SOA corto y por otro la IR que se observa en el SOA largo) respecto al efecto Simon. Los resultados del ANOVA realizado entre las variables Validez x Correspondencia mano-objetivo en el SOA de 100 ms muestra, que aunque los efectos principales (validez y correspondencia) son altamente significativos (ambas $ps<.001$), no existe interacción entre las dos variables (F (1, 19)= .369, MCe= 151.745, $p>.5$). Como muestran los datos descriptivos de la figura 3.12, confirmados por el análisis post-hoc de esta interacción, la magnitud del efecto Simon es similar, y altamente significativo ($p<.001$) en ambas condiciones de validez.

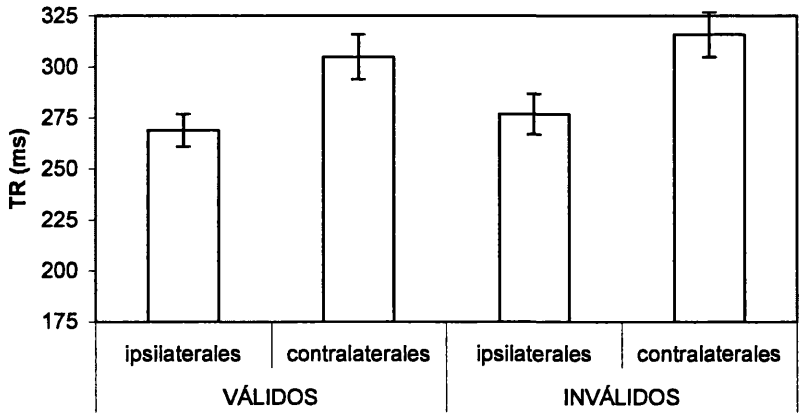

Figura 3.12. Media y error típico del TR en la interacción Correspondencia mano-objetivo x Validez en la Condición de SOA 100 ms (existencia de orientación atencional). El efecto Simon es independiente del efecto de orientación atencional (p>.5).

Sin embargo, al realizar el mismo ANOVA en el SOA de 1000 ms se encontró una interacción significativa entre la Correspondencia mano-objetivo y la validez, (F (1, 19)= 5.391, MCe=115.587, p<.05). Como puede observarse en la figura 3.13, esta interacción se manifiesta como un mayor efecto de IR en los ensayos contralaterales (18 ms, p<.005) respecto a los ensayos ipsilaterales (7 ms, p>.05).

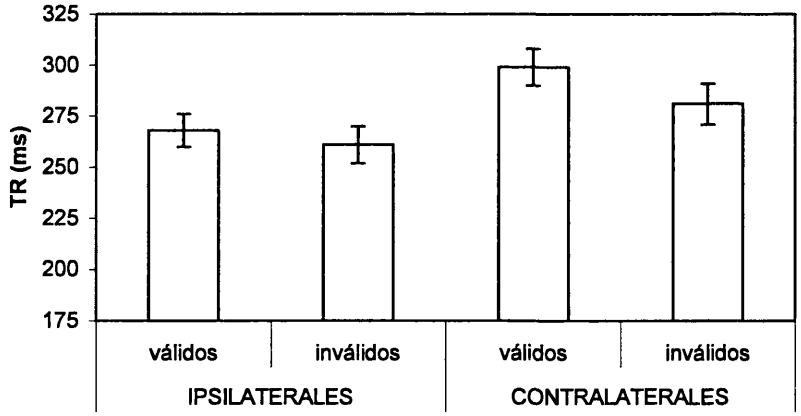

Figura 3.13. Media y error típico del TR en la interacción Correspondencia mano-objetivo x Validez en la Condición de SOA 1000 ms (existencia de IR). La IR se duplica en los ensayos contralaterales (p<.05).

Para comparar los resultados de esta interacción con los mostrados en la Figura 3.12 (SOA corto), también se ha representado la variación del efecto Simon en función de las condiciones de validez en el SOA largo. Como puede observarse en los descriptivos mostrados en la figura 3.14, y tras el respectivo análisis post-hoc, se puede afirmar que, aunque el efecto Simon es significativo en ambas condiciones de validez ($p < .001$ en ambas), el efecto de compatibilidad estímulo-respuesta es significativamente mayor en los ensayos válidos que en los inválidos (diferencia de 10 ms, $p < .05$).

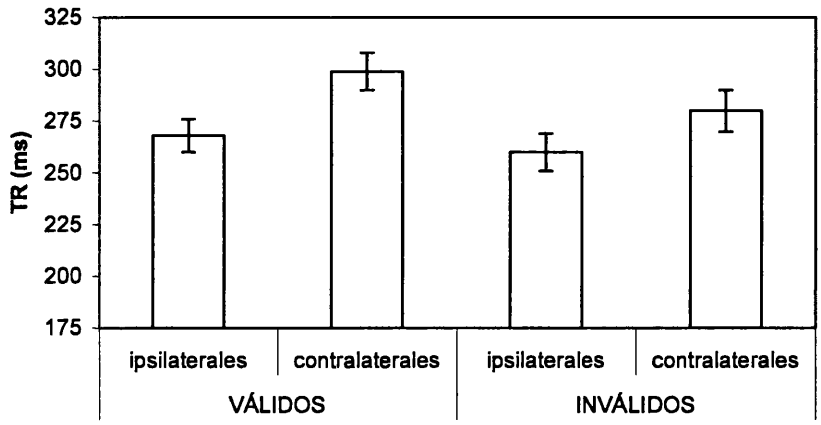

Figura 3.14. Media y error típico del TR en la interacción Correspondencia mano-objetivo x Validez en la condición de SOA 1000 ms (existencia de IR). El efecto Simon es significativamente superior en los ensayos válidos ($p < .05$).

Estos datos podrían sugerir la existencia de un efecto sumativo del efecto de correspondencia del lugar de aparición del objetivo- mano con el efecto de aparición de la señal (orientación atencional) y su correspondencia con la mano.

Con el fin de conocer con mayor profundidad la naturaleza y manifestación de los procesos perceptivo-atencionales moduladores de la acción motriz, y más concretamente la interacción entre el efecto Simon y la IR que parece deducirse de la gráfica anterior, se analizó la variación de la actividad EMG con relación a la actividad basal previa al desencadenamiento de la acción en el brazo de respuesta (EMG_{BR}) y en el brazo de no respuesta (EMG_{BNR}).

Los datos de ambas variables dependientes fueron tratados estadísticamente mediante sendos ANOVAs de medidas repetidas de 2 x 2 x 2, y la prueba post hoc de Bonferroni.

El ANOVA incluía los factores "correspondencia mano-objetivo" (2 niveles: ipsilateral y contralateral), "SOA" (2 niveles: 100 y 1000 ms) y "validez" (2 niveles: válidos e inválidos) como variables independientes intraparticipante.

El análisis de los datos EMG previos al desencadenamiento de la acción (variación del tono muscular basal en los 100 ms siguientes a la aparición del objetivo) muestra la existencia de un efecto principal de correspondencia mano-objetivo tanto en el brazo de respuesta ($F (1, 19)= 20.963$, $MCe=9.932^{-7}$, $p<.001$), como en el brazo de no respuesta ($F (1, 19)=14.678$, $MCe=1.397^{-5}$, $p<.001$). Estos datos estadísticos se constatan mediante la observación de una mayor variación de la actividad EMG en los 100 ms siguientes a la aparición del objetivo en los ensayos ipsilaterales respecto a los contralaterales en el brazo de respuesta, y lo contrario, es decir, mayores niveles de variación de la señal EMG en los ensayos contralaterales respecto a los ipsilaterales en el brazo de no respuesta.

La Figura 3.15 permite observar cómo, en el SOA de 1000 ms, dónde la IR es significativa, el brazo ipsilateral al lugar de aparición del objetivo, independientemente de que la respuesta posterior se realice con el brazo contrario, muestra un incremento significativo de la actividad EMG respecto al brazo contrario ($p<.001$), lo que confirma la manifestación del efecto Simon en las fases previas del desencadenamiento de la acción, en etapas más tempranas a las que se constataron en nuestros experimentos a mediante las variables cinemáticas (TR y TC).

Téngase en cuenta para entender este resultado que para el brazo de no respuesta la condición ipsilateral (al brazo de respuesta) es realmente contralateral (al brazo de no respuesta) y la condición contralateral es realmente ipsilateral.

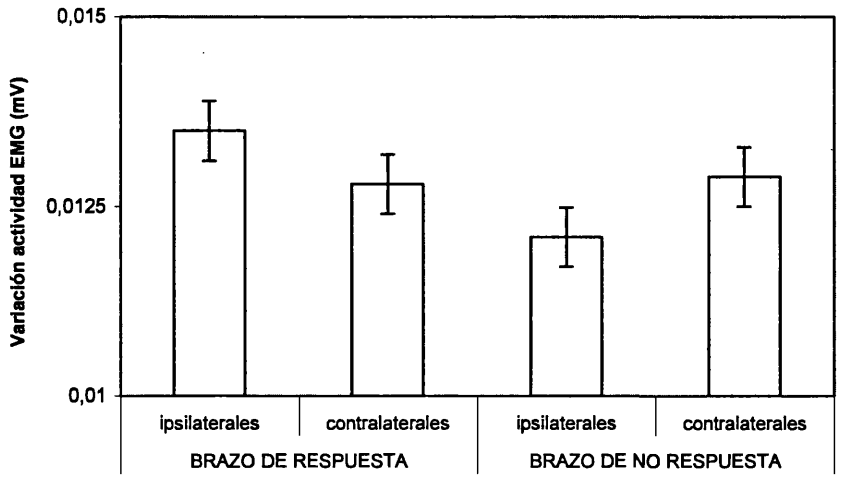

Figura 3.15. Media y error típico de la variación de la actividad EMG según la correspondencia mano-objetivo en cada brazo (respuesta y no respuesta) en los 100 ms siguientes a la aparición del objetivo. El Efecto Simon es significativo ($p<.001$) en ambos brazos. Análisis realizado en base a los datos procedentes del SOA de 1000 ms, intervalo donde la IR es significativa. Obsérvese que en el brazo de no respuesta la condición ipsilateral (al brazo de respuesta) es realmente contralateral (al brazo de no respuesta) y la condición contralateral es realmente ipsilateral.

Para mejorar la interpretación del estudio del efecto de la aparición del objetivo y la señal, así como sus interacciones sobre la respuesta motriz, se procedió a realizar una recodificación de las variables.

Con el objetivo de observar el efecto individual de la aparición de la señal o del objetivo sobre las variables cinemáticas estudiadas (TR y TC) se analizaron únicamente los datos procedentes del brazo de respuesta, convirtiendo la variable validez (válidos-inválidos) en una nueva denominada correspondencia señal-respuesta (ipsilateral-contralateral). Igualmente la variable correspondencia mano-objetivo pasó a denominarse objetivo-respuesta (ipsilateral-contralateral). La variable SOA no fue modificada.

El ANOVA correspondencia señal x correspondencia objetivo x SOA en la variable TR replica el efecto principal de SOA (F (1, 19)= 18.561, MCe=468,94, p<.001) y de Correspondencia objetivo (Simon) (F (1, 19)= 87.731, MCe=448,67, p<.001) descritos anteriormente y representados en las Figura 3.9 y 3.10. No se ha observado un efecto significativo de correspondencia a la señal (p>.3) al analizar los datos de ambos SOAs. También se ha replicado las interacciones observadas anteriormente, incluso incrementando su nivel de significatividad estadística: correspondencia objetivo x SOA (p<.05) que ya se describió en el análisis inicial y se comentará a continuación en el análisis separado de los datos procedentes de cada SOA.

El análisis por separado de la interacción correspondencia objetivo x correspondencia señal en cada SOA muestra un efecto principal de correspondencia objetivo (Simon) tanto en el SOA corto (F (1, 19)= 55,293, MCe=507,17, p<.001) como en el largo (F (1, 19)= 56,310, MCe=227,23, p<.001). Sin embargo, el efecto de correspondencia de señal sólo se observa en el SOA largo (F (1, 19)= 5,338, MCe=115,45, p<.05), donde el TR fue menor en los ensayos ipsilaterales al lugar de aparición de la señal respecto a los contralaterales. La interacción entre ambos efectos de correspondencia (señal y objetivo) es significativa en ambos SOAs (p<.005), aunque, y como muestran las Figuras 3.16 y 3.17, el patrón es opuesto.

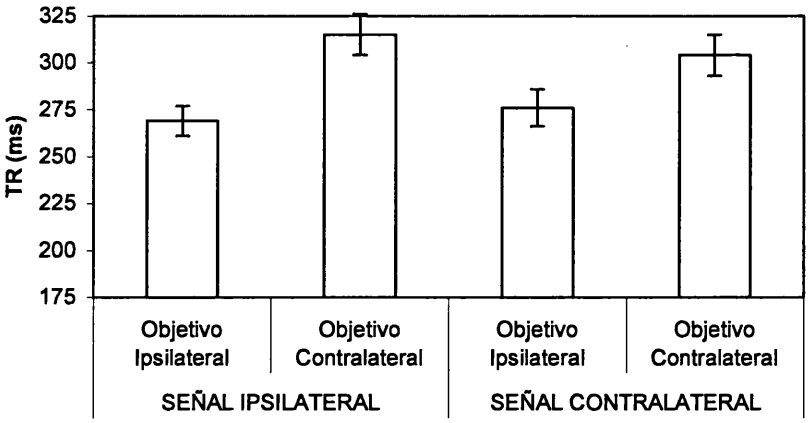

Figura 3.16. Media y error típico del TR en la interacción Correspondencia señal x Correspondencia Objetivo en SOA de 100 ms (existencia de orientación atencional). El efecto Simon es significativamente superior en los ensayos donde la señal se presenta en el lado ipsilateral al de respuesta (p<.005).

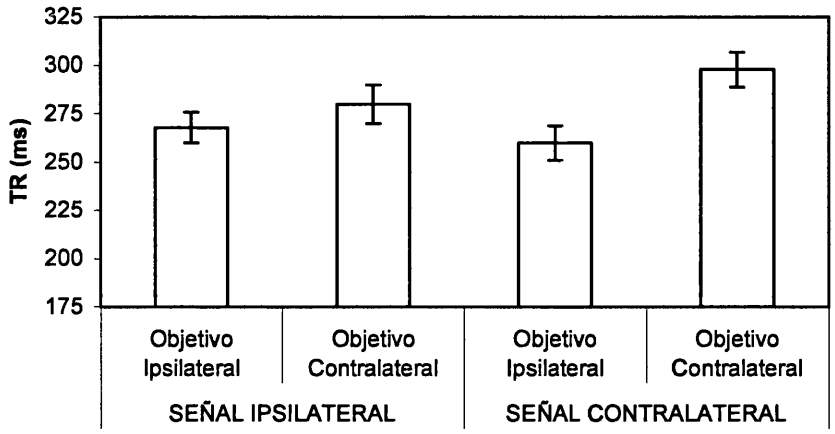

Figura 3.17. Media y error típico del TR en la interacción Correspondencia señal x Correspondencia Objetivo en el SOA de 1000 ms (existencia de IR). El efecto Simon es significativamente superior en los ensayos donde la señal se presenta en el lado contralateral al de respuesta ($p<.005$).

Obsérvese que el efecto de Correspondencia objetivo-respuesta se invierte según las condiciones de correspondencia señal-respuesta en función del SOA empleado, observándose que en el SOA corto (Figura 3.16), donde se da la orientación atencional, la magnitud del efecto Simon es notablemente superior en la condición de ipsilateralidad del lugar de aparición de la señal respecto a la condición contralateral (casi duplicándose). Sin embargo, y como muestra la Figura 3.17, en el SOA largo el efecto Simon triplica su magnitud en la condición contralateral de correspondencia de la señal.

Para comprobar el origen neurofisiológico y la manifestación a nivel muscular (EMG) de estos datos cinemáticos, se planteo una nueva recodificación de variables en el análisis de la señal EMG considerando los 2 brazos (respuesta- no respuesta), por lo que se modificó la interpretación de las condiciones de correspondencia aparición del objetivo- mano (ipsilateral-contralateral), que en el siguiente tratamiento será equivalente para los brazos de respuesta y de no respuesta, apareciendo por tanto una nueva variable: "brazo", con dos subniveles (respuesta y no respuesta). Del mismo modo, se ha recodificado la variable "validez" para generar una nueva variable denominada "correspondencia señal-mano", con dos subniveles (ipsilateral y

contralateral) que nos permitirá estudiar el efecto de la aparición de la señal sobre la actividad EMG tanto en el brazo de respuesta como en el de no respuesta. En esta variable, por tanto, la condición ipsilateral a la señal significa contralateral al objetivo en los ensayos inválidos, y al contrario para la condición contralateral a la señal, que significa ipsilateral al objetivo en los ensayos inválidos.

Tras realizar esta recodificación de variables se ha planteado un ANOVA 2 x 2 x 2 entre las variables Brazo x Correspondencia objetivo- mano x Correspondencia señal-mano, tratando de forma separada los datos de la condición de SOA corto y largo.

Los resultados del ANOVA en la condición SOA corto (100 ms) han evidenciado la existencia de los efectos principales de brazo ($F(1, 19)= 4.999$, $MCe=4{,}155^{-6}$, $p<.05$) y de correspondencia objetivo- mano ($F(1, 19)= 15.260$, $MCe=1.884^{-6}$, $p<.001$), que se replicaron en el SOA largo ($F(1, 19)= 10.709$, $MCe=1{,}348^{-6}$, $p<.005$, para la variable brazo, y $F(1, 19)= 7.194$, $MCe=1.947^{-6}$, $p<.02$, para la variable correspondencia objetivo-respuesta). La figura 3.18 representa gráficamente cómo el efecto de la variable brazo se manifiesta en forma de una mayor variación de la actividad EMG en el brazo de respuesta respecto al de no respuesta.

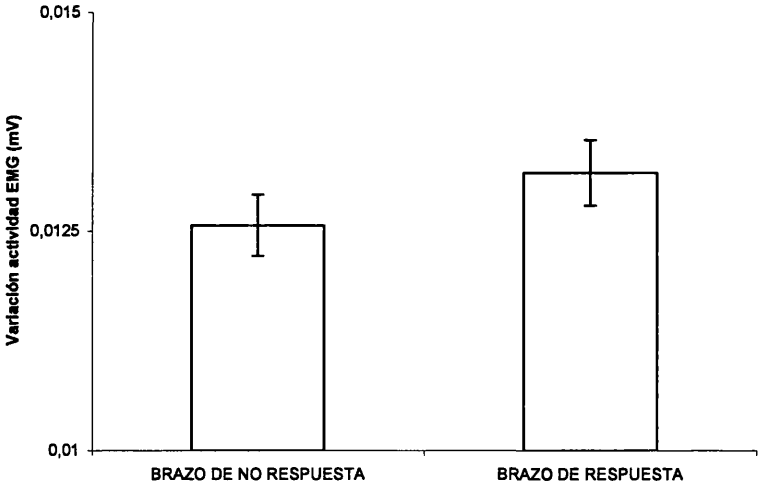

Figura 3.18. Media y error típico de la variación de la actividad EMG según el brazo estudiado (respuesta y no respuesta) en los 100 ms siguientes a la aparición del objetivo (SOA 1000 ms).

Más interesante para la presente investigación es el efecto principal de la variable correspondencia objetivo- mano sobre la activación EMG previa a la acción, que como muestra la figura 3.19 se manifiesta como una mayor variación de la actividad EMG en los 100 ms posteriores a la aparición del objetivo, tanto en el brazo de respuesta como en el de no respuesta, en los ensayos ipsilaterales que en los contralaterales.

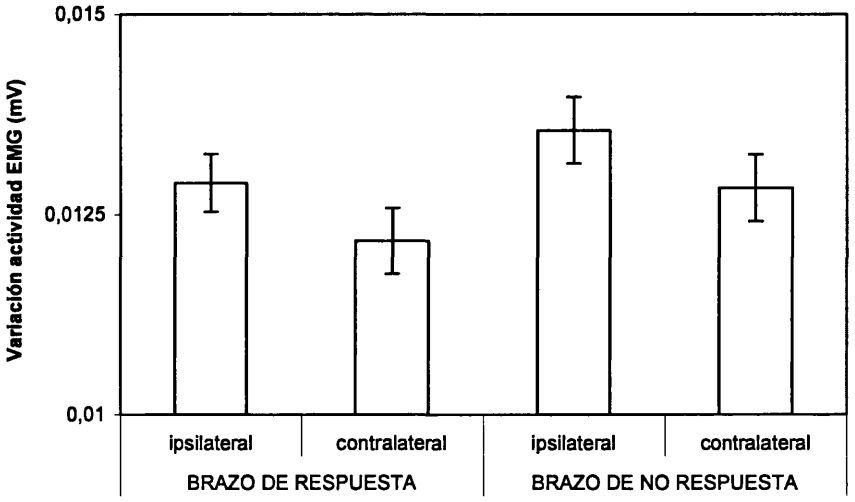

Figura 3.19. Media y error típico de la variación de la actividad EMG según la correspondencia lugar de aparición de objetivo- mano (ipsilateral vs. contralateral) y el brazo (respuesta vs. no respuesta) en los 100 ms siguientes a la aparición del objetivo. La gráfica permite observar cómo la aparición del objetivo desencadena un mayor incremento de la variación de la actividad EMG en el brazo ipsilateral respecto al contralateral.

Este dato es clave para demostrar la independencia de la manifestación del efecto Simon del brazo (F (1, 19)= .705, MCe= $5{,}802^{-7}$, $p>.4$), pudiéndose observar que la simple aparición del objetivo desencadena un incremento de la actividad EMG en el brazo ipsilateral al lugar de aparición del objetivo.

Finalmente, aunque se no se halló una interacción significativa entre las variables SOA y Correspondencia de señal-mano sobre el incremento de la actividad EMG, el análisis separado de ambos SOAs muestra un efecto significativo de la variable correspondencia lugar de aparición de la señal- mano ($F(1, 19)= 5.927$, $MCe=1.189^{-6}$, $p<.03$), en la condición de SOA largo, que se manifiesta como una mayor actividad EMG en el brazo ipsilateral al lugar de aparición de la señal de orientación atencional previa al objetivo que en brazo contralateral (véase figura 3.20). Este efecto de correspondencia de señal no existe en la condición de SOA corto.

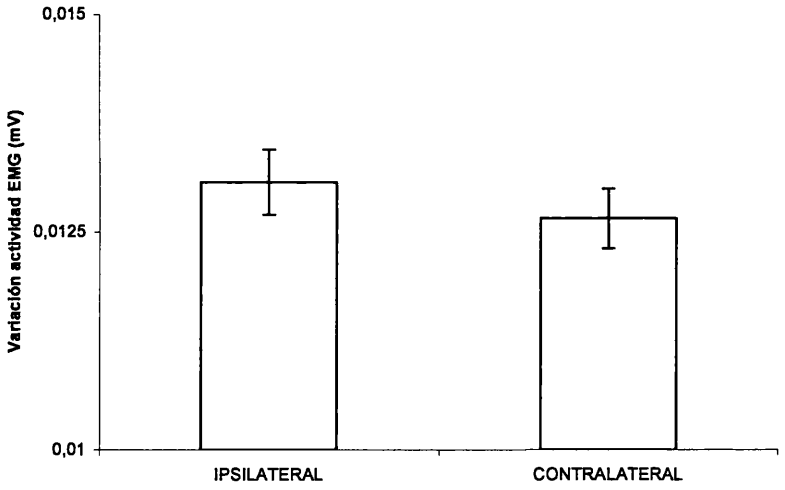

Figura 3.20. Media y error típico de la variación de la actividad EMG según la correspondencia lugar de aparición de la señal- mano (ipsilateral vs. contralateral) en los 100 ms siguientes a la aparición del objetivo (SOA de 1000 ms). La gráfica permite observar cómo la aparición de la señal de orientación atencional previa al objetivo desencadena un mayor incremento de actividad EMG en el brazo ipsilateral respecto al contralateral.

Estos datos son clarificadores de los datos cinemáticos estudiados anteriormente, indicando que tanto la señal como el objetivo producen un mismo efecto de correspondencia estímulo-respuesta, es decir de activación de la respuesta del miembro ipsilateral.

Con el objetivo de analizar la existencia de posibles interacciones que no aparecían en el tratamiento anterior por el efecto diferenciador del brazo de respuesta y no respuesta, un último tratamiento de los datos supuso la realización de un ANOVA 2 x 2 de las variables correspondencia objetivo- mano x correspondencia señal mano, de la actividad EMG, colapsando los datos de ambos brazos. Se realizó un análisis separado en cada SOA. En el SOA de 100 ms tan sólo se ha replicado el efecto de correspondencia objetivo-mano (Simon) ($F(1, 19)= 26.359$, $MCe=1.0912^{-6}$, $p<.001$), mientras que en el SOA de 1000 ms, además de replicarse el efecto de correspondencia objetivo-mano ($F(1, 19)= 9.647$, $MCe=1.449^{-6}$, $p<.005$), se ha confirmado la existencia de un efecto de correspondencia señal- mano ($F(1, 19)= 7.303$, $MCe=9.656^{-7}$, $p<.01$), no observándose interacción significativa entre ambos efectos de correspondencia ($p<.6$).

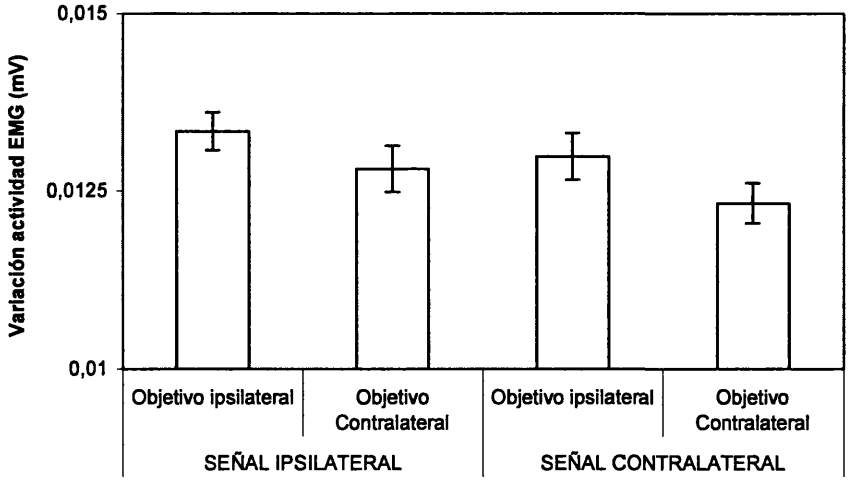

Figura 3.21. Media y error típico de la Variación de la actividad EMG en los 100 ms siguientes a la aparición del objetivo en la interacción Correspondencia señal x Correspondencia Objetivo en el SOA de 1000 ms (intervalo de existencia de IR).

Como muestra la Figura 3.21, se puede constatar a nivel de la señal EMG cómo la congruencia de señal y de objetivo provoca un incremento de actividad EMG, independientemente del brazo que se registre (respuesta y no respuesta).

2.4. Discusión.

Tanto en el marco teórico como en los experimentos precedentes de esta tesis doctoral se han citado multitud de trabajos de investigación que han resaltado la importancia del papel de distintos procesos perceptivos, cognitivos y atencionales sobre la regulación de la respuesta motriz.

Mediante el presente experimento se pretendía ampliar el conocimiento existente sobre la manifestación motriz del mecanismo atencional de IR en una acción de alcance de objetos, empleando para ello una tarea perceptiva de distinta naturaleza como sería la discriminación del color.

La manipulación experimental de la tarea diseñada, además posibilitaba el estudio de otro mecanismo de selección de respuesta conocido como Efecto Simon (véase apartado introductorio), así como su posible interacción con la IR. El estudio de la interacción de ambos mecanismos posibilitaría establecer inferencias interesantes para definir la naturaleza y estadio de procesamiento de la información en la que se originan aquellos.

La tecnología empleada en la presente tesis (combinación de registro cinemático y electromiográfico) para estudiar la manifestación conductual de tales mecanismos aporta un enfoque novedoso, que en nuestra opinión podría ser interesante para la investigación futura en este ámbito de conocimiento.

En el presente experimento, se ha incluido además un tratamiento y análisis de la señal EMG que posibilita el estudio de la actividad eléctrica muscular en los intervalos temporales más próximos a la aparición del objetivo, antes de que se desencadene la respuesta, lo que posibilitaría el análisis de la manifestación de los mecanismos perceptivo-atencionales en un estadio diferente a los empleados tradicionalmente (a nivel de procesamiento central, mediante los estudios de neuroimagen y potenciales evocados, o a nivel de ejecución final a través de los análisis cinemáticos de tiempos de reacción, movimiento o contacto).

2.4.1. Efecto de orientación atencional espacial (facilitación e inhibición de retorno) en una tarea de discriminación de color.

Nuestros resultados relativos al análisis del efecto de orientación de la atención en el espacio son coherentes con el patrón de datos obtenido por autores como Lupiáñez et al. (1997) empleando tareas de discriminación del color, es decir, un efecto facilitador de la señal (menores tiempos de reacción en los ensayos válidos respecto a los inválidos) en las condiciones de SOA corto y un efecto de IR (tiempos de reacción más largos en los ensayos previamente señalados) en las de SOA largo.

En los últimos años se han llevado a cabo un gran número de estudios relacionados con el efecto de IR en diferentes tareas y modalidades sensoriales. La gran mayoría de éstos han encontrado un claro efecto de IR en tareas de detección (ver revisiones de Klein, 2000; Lupiáñez et al., 1999 o Ruz y Lupiáñez, 2002), mientras que durante muchos años la mayoría de trabajos no encontraron IR en tareas que requerían una discriminación de algún atributo del objetivo, como la forma (Egly et al., 1992; Terry et al., 1994), el tamaño, orientación y luminosidad (Tanaka y Shimojo, 1996) o el color (Kingstone y Gazzaniga, 1992 en Klein y Taylor, 1994 o Tanaka y Shimojo, 1996).

Si este efecto de IR sólo se observase en tareas simples de detección y localización y no apareciese en tareas de discriminación, se podría hipotetizar que la naturaleza de este mecanismo sería más de carácter motor y/o de selección de respuesta, que de carácter atencional y de procesamiento perceptivo general (Klein y Taylor, 1994).

Sin embargo, y a partir de los trabajos de Lupiáñez, Tornay y Tudela (1996), multitud de estudios han demostrado la existencia de IR en tareas de discriminación (Cheal, Chastain y Lyon, 1998; Lupiáñez et al., 1997, 2001; Mondor, Breau y Milliken, 1998; Pratt et al., 1997), aunque cabe resaltar que el curso temporal de la IR difiere del observado en las tareas de detección, apareciendo la IR más tardíamente en las tareas de discriminación (con SOAs de 700 y 1000 ms).

La comparación de los resultados obtenidos en los experimentos 1 y 2 son consistentes con las conclusiones obtenidas por la literatura referida anteriormente, observándose un patrón diferencial del efecto de IR en la tarea de detección (efecto significativo o marginal de IR en ambos SOAs de 100 y 1000 ms en experimento 1), respecto a la tarea de discriminación del experimento actual (facilitación en el SOA corto e IR sólo en el SOA largo). Cabe resaltar que la desaparición del efecto de facilitación en el SOA corto en las tareas de detección ya fue observado por autores como Lupiáñez y Tudela (1999) o Tassinari, Aglioti, Chelazzi, Peru y Berlucchi (1994).

La explicación de este fenómeno podría relacionarse con aspectos vinculados a la dificultad de la discriminación espacio temporal de la señal y objetivo (Lupiáñez y Weaver, 1998) y la posible tendencia a la integración perceptiva de ambos estímulos debido a la contigüidad espacio-temporal entre la señal y el objetivo (Lupiáñez y Milliken, 1999) que se da en los ensayos de SOA corto en las tareas de detección. Sin embargo, los resultados del presente experimento son coherentes con otros (véase revisiones de Klein, 2000 o Lupiáñez et al., 1997, 2001) al obtener un efecto facilitador en el SOA corto e IR en SOAs más largos en tareas de discriminación, pudiéndose explicar por la necesidad de un mayor procesamiento de la información perceptiva (condicionante del tipo de respuesta), y que es perjudicial en las tareas de detección, dado que haría más difícil la detección del segundo estímulo (el target) en las ensayos válidos, debido a la gran contigüidad espacio temporal.

Continuando en la línea de comparación de la magnitud de efecto de IR en ambas tareas (detección vs. discriminación), nuestros datos replican los resultados obtenidos por autores como Law, Pratt y Abrams (1995) o Lupiáñez y Tudela (1999), pudiéndose observar que el efecto de IR es de menor magnitud en las tareas de discriminación (14 ms en el presente experimento) que en las de detección (hasta 26 ms en el experimento 1), explicable por el hecho de que en las tareas de discriminación exista una mayor demanda de participación de procesos perceptivos complejos, que se verían facilitados, en lugar de perjudicados, por la señal previa.

Cabe resaltar que la manifestación del efecto de orientación atencional (facilitador e IR) en nuestro estudio, no sólo se ha observado de forma significativa en

las variables cinemáticas estudiadas de forma clásica (tiempo de reacción y tiempo de contacto), sino que además se ha manifestado en las variables electrofisiológicas medidas antes del desencadenamiento de la respuesta motriz. Aunque este hecho se discutirá con mayor profundidad más tarde, nuestros resultados han constatado que la mera aparición de la señal provoca siempre un aumento del tono muscular del brazo ipsilateral, lo que en el SOA corto termina repercutiendo como un beneficio en la ejecución final (TR o TC), mientras que en largo conlleva finalmente un coste para el rendimiento final (IR).

Sin embargo, al contrastar estos datos con el efecto de correspondencia del lugar de aparición de la señal sobre las variables TR y TC, observamos tal efecto sólo es significativo en el SOA largo ($p<.05$), donde se da la IR, observándose que en los ensayos donde la respuesta es ipsilateral al lugar de aparición de la señal se obtienen menores tiempos de reacción que en los contralaterales. Esto implicaría un replanteamiento conceptual acerca del papel que desempeña la señal en la IR, ya que como muestran nuestros datos, la aparición de la señal en el SOA largo desencadena procesos de activación, no de inhibición de la respuesta ipsilateral

Para concluir, podemos afirmar que la IR es un efecto general que se da tanto en tareas de detección como de discriminación. Cabe resaltar la importancia de la correcta manipulación por parte de los investigadores de la variable SOA en función del tipo de tarea utilizada (detección, discriminación, Go-NoGo), siendo ésta la principal razón por la que algunos trabajos han obtenido diferentes patrones de resultados (facilitación o IR) cuando estudiaron las interacciones señal-objetivo.

Futuras investigaciones aplicadas al contexto de la actividad física y deportiva podrían estudiar si la aparición de estímulos distractores en contextos complejos (deportes de invasión, de cancha dividida, de motor, etc.) está relacionada con estos mecanismos atencionales de facilitación o inhibición de la respuesta, así como su verdadera relevancia sobre el rendimiento de la respuesta motriz en dichos contextos. Estos estudios podrían aportar datos claves para la puesta en práctica de protocolos de entrenamiento visual donde se optimizase el proceso de búsqueda visual de la información relevante en cada contexto ecológico que se plantease.

2.4.2. *Efecto de SOA en una tarea de discriminación: Orientación de la atención en el tiempo.*

Los resultados obtenidos en los diferentes análisis realizados muestran un efecto altamente significativo de SOA sobre el tiempo de reacción (TR) que se manifestará finalmente sobre el tiempo de contacto final con el objetivo (TC). Como se observó en el experimento anterior de la presente tesis doctoral, este efecto se concreta en la observación de mejores rendimientos (menor tiempo de reacción y contacto) en los ensayos donde el intervalo entre la señal y el objetivo fue más largo (1000 ms) respecto a cuando fue de 100 ms. Por tanto, los resultados de los experimentos 1 y 2 replican los obtenidos por otros autores (Correa et al., 2004; Kingstone, 1992 o Los y Van der Heuvel, 2001) al obtener efectos de preparación u orientación de la atención en el tiempo tanto en tareas de detección como discriminación.

Este efecto de orientación de la atención en el tiempo explica nuestros resultados argumentando que en la medida que hay un mayor tiempo para prepararse (ensayos de SOA largo), el sujeto puede generar expectativas temporales que van optimizando la orientación perceptiva y el estado de alerta respecto a la aparición del estímulo objetivo, y por tanto beneficiar el rendimiento.

La comparación de la magnitud del efecto de SOA según tareas (detección vs. discriminación) muestra que en la tarea de discriminación estudiada en este experimento, el efecto de expectativa temporal sobre el TR es ligeramente menor (15 ms) que en las tareas de detección (19 ms), lo cual podría deberse, tal y como indican autores como Correa et al. (2004), por la mayor competición y demanda de recursos por parte de la orientación endógena y los procesos centrales necesarios en las tareas de discriminación respecto a las de detección.

Como se anticipó en la discusión del experimento 1, la metodología empleada en el presente estudio (registro EMG del intervalo temporal previo al desencadenamiento de la acción) nos ha permitido estudiar si los procesos de preparación atencional llegaban a manifestarse sobre la activación muscular (EMG).

Aunque los resultados obtenidos en el presente estudio han replicado los datos relativos al efecto de SOA del experimento 1 en las variables TR y TC, no se han observado tal efecto sobre la variación de la actividad EMG previa al desencadenamiento de la acción en ninguno de los brazos (respuesta y no respuesta). Este hallazgo se torna relevante si tenemos en cuenta que los efectos de orientación atencional en el espacio (facilitación e IR) se han manifestaron de forma significativa tanto en las variables cinemáticas (TC) como en las electrofisiológicas (EMG).

La explicación de este hallazgo podría vincularse a aspectos relacionados con la diferente naturaleza de los procesos atencionales estudiados (atención exógena y endógena). Podría hipotetizarse que, si como indica la literatura, los efectos de orientación espacial de la atención estudiados en nuestros experimentos se vinculan a procesos atencionales de carácter exógeno (señal no predictiva del lugar de aparición del objetivo), tales mecanismos podrían desencadenar procesos motores instantáneos e intuitivos (los observados en la variable EMG del presente estudio). Sin embargo, los procesos de orientación de la atención en el tiempo se relacionarían más con procesos atencionales de naturaleza endógena. Obsérvese que la no aparición del objetivo en el intervalo corto predice su aparición en el intervalo largo, lo que llevaría a los participantes a prepararse de forma voluntaria para su aparición en ese intervalo, desencadenando procesos de preparación atencional modulados por factores estratégicos (generación de expectativas), que tendrían una manifestación motora diferencial (manifestación más tardía a nivel EMG). Cabe resaltar en este sentido que el hecho de que el efecto de SOA no se manifieste a nivel del tiempo de movimiento, ratifica el carácter de preparación y no de ejecución de los procesos de orientación temporal de la atención.

Sería interesante plantear nuevos protocolos de investigación donde se manipularan diferentes variables relacionadas con el carácter exógeno vs. endógeno de la preparación en el tiempo. La manipulación de estas variables nos permitiría poner a prueba tal hipótesis, la cual podría tener importantes repercusiones a la hora de entender los mecanismos que participan en tareas donde la respuesta motriz de reacción es clave para el rendimiento (salidas de atletismo, lanzamiento de penalti, sorteo de obstáculos,...).

2.4.3. Efecto de correspondencia objetivo- mano de respuesta (efecto Simon).

Otra de las aportaciones del presente estudio es la observación del efecto Simon en una tarea de alcance manual basada en la discriminación del color, confirmándose una ventaja del rendimiento (menores TR y TC) para aquellas respuestas realizadas con la mano que corresponde espacialmente a la localización del objetivo (ensayos ipsilaterales) respecto a los no correspondientes o contralaterales. Este efecto se obtiene en aquellas tareas donde la localización espacial del objetivo es un atributo irrelevante para la tarea, y se ha observado en diferentes modalidades sensoriales (véase revisión de Lu y Proctor, 1995).

En consonancia con los resultados de estudios como el de Soetens, Notebaert y Melis (2001), no hemos encontrado la manifestación del efecto Simon sobre el tiempo de movimiento, constatando estas observaciones que en el efecto Simon no es el movimiento hacia el objetivo el que se ve facilitado, sino el procesamiento y selección de respuesta previa al desencadenamiento de la acción. Existe bastante unanimidad en la literatura a la hora de argumentar las causas que desencadenan la aparición del efecto Simon (Hommel, 1994b; Kornblum et al., 1999 o Liang y Lauber, 1994), relacionándose con la existencia de un conflicto entre los códigos espaciales del estímulo y la respuesta, el primero generado por el lugar de aparición del objetivo (irrelevante para la tarea), y el segundo, vinculado a las instrucciones de la tarea (en nuestro experimento el color del objetivo) y que es el verdaderamente relevante para la misma.

Aunque el efecto Simon ha sido relacionado con un cambio de la atención hacia la zona visual elicitada por el objetivo, y por tanto con la orientación atencional (véase Nicoletti y Umiltà, 1994; Notebaert, Soetens y Melis, 2001 o Umiltà y Nicoletti, 1992), se considera que tiene lugar en el estadio de selección de respuesta, y por tanto se relaciona más con procesos de carácter motor que propiamente perceptivos (Hommel, 1995; Rizzolatti, Rigio, Dascola y Umiltà, 1987). La justificación de tal naturaleza motora del efecto Simon es consistente con nuestros resultados, ya que se ha informado de la interacción existente entre el efecto Simon y el SOA en el TR ($p<.05$), constatándose una mayor magnitud del efecto Simon en el SOA corto que en largo.

Este dato podría interpretarse en el sentido de que cuanto más directa e inmediata es la acción (contigüidad temporal) más clara es la manifestación de este mecanismo. La participación de procesos atencionales endógenos (generación de expectativas que surgen con el incremento del intervalo señal-objetivo) que implican una mayor participación de procesos perceptivos y cognitivos reducirían la magnitud de la manifestación de un efecto de selección de respuesta como es el efecto Simon.

Por otra parte, los datos relativos a la variación de la actividad EMG en los 100 ms posteriores a la aparición del objetivo muestran cómo el efecto Simon se manifiesta ya en estadios muy tempranos de la ejecución de la respuesta motriz. Nuestros resultados han demostrado que la mera aparición de un estímulo (ya sea la señal, como se indicará más adelante, o el objetivo) desencadena un incremento significativo de la actividad EMG del brazo ipsilateral al lugar de aparición de aquel estímulo, independientemente de que se trate del brazo de respuesta como de no respuesta. Estos datos pueden ser interpretados como una evidencia electrofisiológica más en favor de la hipótesis motora de este mecanismo (De Jong et al., 1994 o Lu y Proctor, 1995), donde el procesamiento automático del lugar de aparición del objetivo domina sobre otro tipo de información (identificación del color). Por tanto, el efecto Simon se manifestaría como una respuesta de carácter automático e instantáneo (exógeno) que no se ha observado en otros mecanismos atencionales más complejos estudiados en la presente tesis, como el efecto de expectativa- orientación de la atención endógena en el tiempo o efecto de SOA.

Finalmente, y dada la robustez y magnitud del efecto Simon (30 ms), la mejora del conocimiento de los mecanismos que regulan este efecto, así como su manifestación en tareas más ecológicas y propias de contextos deportivos (fintas y engaños) surge como una línea de investigación interesante en nuestro contexto. Los posibles efectos de modulación de la respuesta motriz basada en este tipo de respuesta a través de la experiencia y el entrenamiento pueden resultar altamente interesantes para plantear posibles intervenciones dirigidas a mejorar el rendimiento en algunas conductas motrices donde la selección de información sea crítica para la toma de decisiones acertadas (entrenamiento del portero, tiradores de precisión, conductores, etc.).

2.4.4. Interacción entre la Inhibición de Retorno y el efecto Simon.

Como se indicó en la introducción del presente experimento, el estudio de la interacción entre el efecto Simon y la IR, se considera de alto interés para aclarar la naturaleza (atencional o motora) de este último mecanismo de orientación de la atención en el espacio.

Muchos estudios han fracasado en el intento de demostrar tal interacción (Lupiáñez et al., 1997; Lupiáñez y Milliken, 1999; Lupiáñez y Solano, 1998; Pratt et al., 1997), con lo que se había llegado a especular con la aceptación de la hipótesis de que el efecto Simon y la IR se sumaban como consecuencia de que operaban en diferentes fases de procesamiento de la información (selección de respuesta y orientación atencional respectivamente). Sin embargo, el análisis más profundo de los resultados de algunos de estos estudios y la obtención de interacciones significativas o marginales entre el efecto Simon y la IR en ciertas condiciones experimentales (Lupiáñez et al., 1997 o Pratt et al., 1997) podrían sugerir que se haya cometido un error Tipo II en el análisis de esos datos (baja potencia estadística debida a un tamaño insuficiente de la muestra). Con el propósito de profundizar en el estudio de la interacción de ambos efectos, Ivanoff et al. (2002) plantearon un metaanálisis de 6 estudios que habían estudiado dichos mecanismos sin hallar interacción estadísticamente significativa entre ellos. Los resultados de este trabajo rechazan las hipótesis anteriores al obtener una interacción significativa entre el efecto Simon y la IR.

En nuestro tratamiento inicial de los datos, el ANOVA validez x SOA x correspondencia descartó la existencia de tal interacción entre el efecto de validez y correspondencia en la variable TC ($p<.2$) y TR ($p<.06$). Sin embargo, estos niveles de significatividad de la interacción en el TR y la existencia de una interacción significativa entre el SOA y el efecto de correspondencia objetivo-respuesta en esta misma variable (véase apartado anterior de esta discusión), nos incitaron a profundizar en el estudio de la interacción entre las variables validez x correspondencia, ya que la obtención de esta interacción de segundo orden podría ser debida a que la relación entre el efecto de validez y el efecto Simon variase según el SOA empleado.

El análisis por separado de tal interacción en cada uno de los SOAs estudiados ha permitido comprobar tal hipótesis, observándose un patrón diferente de interacción entre el efecto de validez (orientación atencional en SOA corto e IR en el SOA largo) y el efecto de correspondencia objetivo-respuesta (Simon) según el SOA empleado. Mientras que en el SOA de 100 ms se ha replicado el efecto principal de ambas variables (orientación atencional y Simon) obtenido al realizar el análisis conjunto de los datos, las variables correspondencia señal-objetivo y validez no interactúan entre sí.

Sin embargo, en el ANOVA desarrollado en el SOA de 1000 ms, además de observarse los efectos principales de ambas variables (Simon y un efecto de validez opuesto al anterior, y propio del SOA largo: IR), la interacción validez x correspondencia fue significativa ($p<.05$), casi triplicándose el efecto de IR en los ensayos contralaterales (18 ms) con respecto a los ipsilaterales (7 ms). Esta misma interacción, interpretada desde el análisis de la variación del efecto de correspondencia según las condiciones de validez muestra un mayor efecto Simon en los ensayos señalados (31 ms) que en los no señalados (20 ms).

Nuestros datos confirman la hipótesis planteada anteriormente, ya que se puede observar como el efecto de orientación atencional del SOA corto es independiente del Simon, mientras que el efecto del IR propio de SOAs largos depende del efecto Simon.

Interpretado desde el punto de vista más lógico, y considerando que los procesos de orientación atencional (efecto de validez) preceden en el tiempo al efecto de correspondencia objetivo- respuesta, ya que el estímulo objetivo aparece tras la señal de orientación atencional, habría que resaltar que el efecto Simon apenas se ve afectado por la orientación atencional que se da en el SOA corto (apenas 3 ms de diferencia entre las dos condiciones de validez), mientras que en el SOA largo, el efecto Simon es significativamente mayor (11 ms) en los ensayos válidos o señalados.

Estos datos fueron replicados en los distintos tratamientos de las variables estudiadas en nuestro trabajo, quedando totalmente aclarado que, aunque el efecto de correspondencia objetivo- mano de respuesta es significativo en todas las condiciones estudiadas a nivel de su manifestación cinemática (TR y TC, excepto TM), el efecto de

correspondencia señal-mano de respuesta sólo es significativo sobre el TR y el TC en el SOA largo, observándose que el TR era menor en los ensayos donde la señal aparecía en el lugar ipsilateral a la mano de respuesta.

Además en este tratamiento de los datos (véanse figuras 3.16 y 3.17) se ha observado una interacción significativa en ambos SOAs de las variables correspondencia señal- mano de respuesta x correspondencia objetivo- mano de respuesta. Esta interacción muestra cómo los efectos de correspondencia del lugar de aparición de la señal y del objetivo se suman en la condición de SOA corto (donde se da la orientación atencional) y el efecto Simon casi se duplica en las condiciones donde la señal es ipsilateral a la mano de respuesta, respecto a cuando es contralateral. Sin embargo, en el SOA largo, donde se da la IR, los efectos de correspondencia del lugar de aparición de la señal y del objetivo se restan, observándose que el efecto Simon prácticamente se triplica en la condición contralateral al lugar de aparición de la señal.

Estos datos fueron contrastados al realizar el análisis del efecto de la aparición de la señal y el objetivo sobre la de la variación de la actividad EMG en los 100 ms siguientes a la aparición del objetivo, analizando de forma separada los datos de las condiciones de SOA corto y largo. La recodificación de los datos implicaba que las condiciones de correspondencia aparición del objetivo- mano (ipsilateral-contralateral) que permitió estudiar el efecto Simon en los tratamientos anteriores, fuera equivalente para los brazos de respuesta y de no respuesta, apareciendo por tanto una nueva variable: "brazo", con dos subniveles (respuesta y no respuesta).

Del mismo modo, la variable inicial "validez" que fue empleada para estudiar inicialmente el efecto de orientación atencional, fue recodificada para generar una nueva denominada "correspondencia señal-mano", con dos subniveles (ipsilateral y contralateral), lo que nos permitirá estudiar el efecto de la aparición de la señal sobre la actividad EMG tanto en el brazo de respuesta como en el de no respuesta. En esta variable, por tanto, la condición ipsilateral a la señal significaría contralateral al objetivo en los ensayos inválidos, y al contrario para la condición contralateral a la señal, que significaría ipsilateral al objetivo en los ensayos inválidos.

Los resultados de este ANOVA en los ensayos de SOA de 100 ms vuelven a replicar el ya observado efecto principal de correspondencia objetivo-brazo, típico del efecto Simon, es decir, que la simple aparición del objetivo conllevaba una mayor variación de la actividad muscular del brazo ipsilateral respecto al contralateral. Sin embargo, y al contrario que se observó en el SOA largo, no se halló efecto de correspondencia señal-mano. En el SOA de 1000 ms, se confirmó la robustez del efecto Simon descrito anteriormente, que se manifestaba como una mayor activación EMG en el brazo ipsilateral al lugar de aparición del objetivo respecto al contralateral, fuese o no el de respuesta. Este dato aporta nuevas evidencias electrofisiológicas acerca de la manifestación de este efecto en una etapa del proceso perceptivo motor poco estudiada en este contexto (véase revisión de Lu y Proctor, 1995) como es la preparación inmediata previa al desencadenamiento de la acción.

Por otra parte, se ha descrito la obtención de un efecto principal de correspondencia señal-mano, que demuestra que, y como ya se observó a nivel cinemático en la variable TR, la simple aparición de la señal de orientación atencional previa al objetivo, también conlleva un incremento de la actividad EMG del brazo ipsilateral respecto al contralateral. Este dato se torna de especial relevancia a la hora de interpretar el papel activador o inhibidor de la señal en los procesos de orientación atencional, que se discutirá en el siguiente apartado.

Nuestros datos nos permiten sugerir la idea de que la aparición de la señal de orientación atencional (de carácter exógeno), como en el caso del procesamiento del lugar del objetivo en el efecto Simon, activa un código de respuesta que favorece la respuesta ipsilateral.

Finalmente, no se ha podido replicar la interacción entre los efectos de correspondencia de señal y correspondencia de objetivo a nivel de la actividad EMG en ninguna de las condiciones de SOA. Con estos datos podemos afirmar que la interacción entre los efectos de Simon e IR sólo se ha observado en la manifestación cinemática (TR y TC) y no electrofisiológica (EMG), de la respuesta motriz. Por el contrario, los datos descriptivos muestran cómo la correspondencia del lugar de aparición de la señal y el lugar de aparición del objetivo incrementa la activación EMG.

Aunque inicialmente la interacción observada a nivel cinemático entre la IR y el efecto Simon es difícil de interpretar, dado que observamos que la IR, que retrasa el tiempo de reacción, y por tanto "perjudica" la ejecución, aumenta la magnitud del efecto Simon, el cual es facilitador de la respuesta. Sin embargo, una reflexión en profundidad sobre los resultados obtenidos permite comprender el sentido de esta interacción. Como muestran nuestros resultados, tanto la presentación de la señal como del objetivo desencadenan un incremento de la actividad EMG del brazo ipsilateral, cuya manifestación sobre el rendimiento final de la acción (TR y TC) varía en función de las condiciones de validez: En los ensayos válidos la activación de la señal se sumaría con la activación del objetivo, ya que ambos estímulos aparecen en el mismo lugar, y por tanto el efecto Simon aumenta su magnitud. Sin embargo, en los ensayos inválidos, ambas activaciones se restan, ya que la señal y el objetivo aparecen en localizaciones diferentes, y con ello, la magnitud del efecto Simon sería menor en estas condiciones.

Habría entonces que explicar por qué aún sumándose las activaciones automáticas ipsilaterales de la señal y el objetivo en los ensayos válidos el TR final es mayor que en los ensayos inválidos. Cabe postular que en etapas posteriores, pero previas a la ejecución motora, esa activación automática inicial se ve frenada antes de producirse la acción.

Para concluir, nuestros resultados han replicado los obtenidos por Ivanoff et al. (2002), confirmando la significatividad de la interacción entre los efectos de IR y Simon, aunque en nuestro caso, empleando una única serie experimental. El estudio de Ivanoff et al. (2002) informa de una mayor magnitud de la diferencia del efecto Simon en las condiciones señaladas que en las no señaladas (duplicándose en el primer caso), que el descrito en nuestro trabajo, posiblemente debido al carácter menos ecológico de las tareas empleadas por los estudios sobre los que se hizo el metaanálisis (pulsación de teclas), donde la respuesta es más directa y la manifestación del efecto Simon es más robusta. Fuentes et al. (2002) también informaron de tal interacción, aunque en su estudio la localización de las señales y la presentación del estímulo objetivo en una de ellas no estaba lateralizada a ambos lados del punto de fijación, sino que estos estímulos estaban situados encima y debajo del punto de fijación, implicando una respuesta menos directa que la empleada en nuestro trabajo.

La interpretación de nuestros resultados instan a sugerir la posible existencia de un efecto sumativo, no tanto de ambos mecanismos atencionales (Simon y orientación atencional) sino de dos efectos de correspondencia estímulo-mano que se dan de forma sucesiva en el tiempo en nuestro protocolo experimental: por una lado la correspondencia lugar de aparición de la señal- mano, y por otro la correspondencia del lugar de aparición del objetivo- mano.

En cualquier caso, y en base a la observación de la relación existente entre la IR y el efecto Simon, nuestros resultados apoyan la hipótesis planteada por Fuentes et al. (2001) o Ivanoff et al. (2002) relativa a que ambos mecanismos compartirían una misma fase de procesamiento de la información (selección de respuesta). Pero además de comprender la fase de procesamiento en la que se originan tales procesos, nuestro estudio pretendía ayudar a comprender el carácter activador- inhibidor de la señal, y su relación con la IR. Este apartado se tratará más adelante en el último apartado de la presente discusión.

2.4.5. Inhibición de Retorno sin inhibición de respuesta.

Como se indicó anteriormente, la obtención de IR tanto en tareas de detección como de discriminación permite afirmar que estamos tratando con un mecanismo perceptivo atencional que afecta al procesamiento de los estímulos, con carácter general, y no un simple mecanismo de selección de respuesta, lo que permitiría descartar la hipótesis motora de la IR (Klein y Taylor, 1994).

Sin embargo, y como se indicó anteriormente, no está clara la naturaleza activadora o inhibidora del mecanismo de IR sobre los procesos que desencadenan la respuesta motriz. Muchos autores (Clohessy, Posner, Rothbart y Vecera, 1991; Harman, Posner, Rothbart y Thomas-Thrapp, 1994 o Posner y Cohen, 1984) han sugerido que la IR es un mecanismo inhibitorio que actúa sobre los movimientos sacádicos de los ojos (a nivel de los colículos superiores) inhibiendo la respuesta a localizaciones previamente atendidas para optimizar la búsqueda visual en localizaciones novedosas.

Esta explicación es coherente con la hipótesis de Posner y Cohen (1984), puesto que, como indican Abrams y Dobkin (1994), la IR haría más eficiente la búsqueda visual, reduciendo el tiempo consumido por las sacadas (50 ms) así como el periodo refractario subsiguiente hasta que se pueda dar otra nueva sacada (200 ms). En esta línea otros autores como Rafal, Egly y Rhodes (1994) han relacionado este retraso en la respuesta sacádica con algún tipo de inhibición relacionada con la programación de los movimientos oculares.

Por el contrario otros trabajos defienden que la IR es más producto de una inhibición que no se daría a nivel oculomotor (colículos superiores), sino que se originaría tras la activación del movimiento ocular, provocando un retraso en el inicio de los movimientos oculares hacia zonas previamente atendidas, y con ello se perjudicaría el rendimiento en la tarea en esas condiciones (Rafal et al., 1989; Tassinari, Biscaldi, Marzi y Berlucci, 1989).

Por tanto, aunque la literatura existente muestra la naturaleza inhibidora del mecanismo de IR sobre la respuesta, existen controversias a la hora de localizar las estructuras anatómica en las que se produce tal inhibición, así como la etapa del proceso perceptivo motriz en la que comienza a manifestarse.

Como se ha constatado en el presente experimento, es interesante destacar el hecho de que la activación desencadenada por el target instantáneamente en el brazo ipsilateral a su lugar de aparición conlleva un beneficio en la respuesta (menor TR en los ensayos ipsilaterales al objetivo). Sin embargo, la activación desencadenada por la señal, y que se mantiene a los 1000 ms, provoca el efecto contrario (mayor TR en los ensayos válidos, ipsilaterales al lugar de aparición de la señal).

El entendimiento de cómo esta activación extra de partida en los ensayos válidos termina a la postre en un coste en la respuesta (mayor TR en estos ensayos) será a nuestro entender crucial para entender la interacción entre los efecto de IR y Simon, y el efecto mismo de IR.

Los resultados obtenidos en el presente experimento, y más concretamente los relativos a la observación de la interacción entre el efecto de IR y el efecto Simon a nivel de la respuesta EMG, demuestran la existencia de un efecto sumativo de ambos mecanismos atencionales, cuya manifestación a nivel funcional, depende de las condiciones de correspondencia entre el lugar de aparición de la señal y el objetivo. Así puede observarse cómo en el brazo de respuesta, aún existiendo una mayor activación muscular en los ensayos ipsilaterales que en los contralaterales, dicha variación es mayor cuando previamente apareció la señal en el mismo lado que el objetivo (ensayos válidos).

Cabe resaltar que la observación indicada en los párrafos anteriores es congruente con la manifestación del efecto de IR descrito por Dorris et al. (2002), quienes informaron, a través del registro unicelular en monos, de la existencia de una pequeña activación por encima de línea base en los colículos superiores en el momento en que se presentaba el target (activación proveniente de la señal). Sin embargo, esta pequeña activación, lejos de producir una mayor rapidez de las respuestas en los ensayos válidos (en los que el target se presentaba en el mismo lugar), conllevaba un enlentecimiento (IR).

Algo similar ocurre en el trabajo de Watson et al. (1999), quienes observaron en una tarea de *"reaching"* IR en un SOA de 200 ms. Además, en este SOA la trayectoria de la mano, lejos de desviarse de la posición señalada por la señal (lo que sería un índice de inhibición), se aproximaba significativamente a ésta cuando se debía alcanzar una posición diferente, lo que se entiende en este contexto como una activación del vector de programación motora del movimiento al lugar de la señal.

Finalmente, trabajos más actuales como el de Mayer et al. (2004) sugieren que la IR, al menos a nivel de las estructuras subcorticales (colículos superiores) tiene un carácter activador, y no de carácter inhibidor como se había concebido hasta hace poco tiempo, pudiéndose generar la respuesta inhibidora en estadios posteriores de la elaboración de la respuesta motriz, como sugieren algunos autores a nivel del córtex parietal posterior (Mc Donald, Ward y Kiehl, 1999).

Nuestros resultados son coherentes con los de otros citados anteriormente, y por tanto, nos permiten defender la hipótesis de que la IR no sea, al menos en los primeros estadios de procesamiento motor, inhibidora de la respuesta, sino todo lo contrario, ya que provocaría una activación que perjudica para el rendimiento final. En este sentido, y si se comprueba la relación existente entre la actividad de los miembros superiores y la actividad de los colículos superiores, como sugieren los resultados del estudio planteado por Stuphorn, Hoffmann y Miller (1999), podríamos sugerir que el mismo patrón de activación de las células de los colículos superiores podría relacionarse con los niveles de activación EMG observados en las condiciones de IR de nuestro estudio.

Por otra parte, el hecho de que no hayamos obtenido ningún efecto o interacción significativa de las variables de carácter atencional (espacial-señal o temporal-SOA) sobre la variable Tiempo de Movimiento (TM) podría ser un indicativo de que la aparición de la señal no modula los procesos de carácter motor requeridos en la ejecución de tareas guiadas visualmente.

En la línea de lo afirmado por Howard et al. (1999), el empleo de metodologías alternativas a las tradicionales como las empleadas en el presente estudio posibilitan el análisis de la naturaleza real del mecanismo de IR. Si interpretamos el mecanismo de IR como un proceso que "inhibe" la respuesta motora, la interpretación de los resultados basados en tiempos de reacción y contacto que ofrece la literatura son coherentes con la hipótesis que relaciona este mecanismo con procesos motores (IR como TR más largos en ensayos válidos), pudiendo conducir este hecho a interpretar que el efecto de la señal es de carácter inhibidor sobre el procesamiento y la ejecución de las respuesta siguiente.

Los datos obtenidos en el presente estudio muestran como el efecto de la señal, independientemente de su lugar de aparición, es siempre activador de códigos de respuesta en el sistema motor. En las condiciones de SOA corto esta activación provocada por la señal exógena supondría un beneficio para la respuesta subsiguiente, cuando el objetivo aparezca en localizaciones próximas a la de la señal. Sin embargo, en las condiciones en que el intervalo de tiempo entre la señal y el objetivo aumenta (SOAs largos), el efecto activador de la señal sobre la actividad muscular supone un perjuicio para la respuesta subsiguiente.

Basándonos en nuestra revisión de la literatura sugerimos que esta disminución del rendimiento a nivel final se debe a la participación de procesos perceptivo motores de naturaleza inhibidora que se originarían a nivel cortical, y que provocarían en las condiciones en las que se da la IR, que la activación previa elicitada por la señal decaiga rápidamente, perjudicando la ejecución inmediata y haciendo necesario un mayor nivel de activación de los códigos de respuesta (coste) para superar el umbral de activación que desencadene la respuesta final al objetivo. Así pues, nuestros datos nos permiten sugerir la idea de que la aparición de la señal de orientación atencional (de carácter exógeno) en el mecanismo de IR, al igual que el procesamiento del lugar de aparición del objetivo en el efecto Simon, desencadena la generación de un código de respuesta que, al menos en los estadios iniciales de procesamiento motor, es de carácter activador, aunque su manifestación a nivel del rendimiento conductual sea inhibidor.

Por tanto, nuestros datos nos permiten confirmar que la aparición de la señal en la IR no desencadena procesos inhibidores de la respuesta y con ello un peor rendimiento en los ensayos válidos que en los inválidos, sino que el perjuicio del rendimiento podría relacionarse con mecanismos perceptivos y de procesamiento de la información más que con procesos de carácter motor.

Por tanto, la IR podría desencadenar mecanismos activadores de procesos motores de escasa magnitud, que nosotros hemos observado como un incremento en la actividad EMG en los 100 ms siguientes a la aparición del objetivo, cuando éste es ipsilateral a la señal, y que Dorris et al. (2002) observaron como un pequeño incremento por encima de la línea base en la tasa de disparo de las neuronas de los colículos superiores que responden al lugar de la señal. Esta pequeña activación, que resultaría insuficiente para acelerar la respuesta, podría ser no obstante suficiente para enmascarar los efectos facilitadores automáticos que supondría la aparición del objetivo en una posición nueva (captura atencional). Esto supondría por tanto un coste para la ejecución subsiguiente que se manifiesta en un incremento en los tiempos de reacción y una menor exactitud en la respuesta (IR). El coste, desde nuestra perspectiva, podría ser indirecto y deberse a la pérdida de un beneficio que tendría el objetivo por efecto de aparecer éste en una posición nueva (no señalada), más que a la existencia de una inhibición directa sobre la posición señalada.

Para concluir, por tanto, nuestros resultados sugieren un cambio de enfoque a la hora de entender el mecanismo de IR, ya que más que concebirse como un mecanismo inhibidor de los procesos motores, deberíamos entenderlo como un mecanismo de optimización de los procesos de búsqueda visual, en el que el efecto de inhibición no se debe a la simple aparición de la señal, sino a la codificación perceptiva por parte del sistema atencional de su localización espacial y relación temporal respecto a la aparición de un objetivo.

En este sentido, cabe resaltar, y es evidente en multitud de conductas motrices, que no siempre un incremento de actividad EMG previa a la ejecución de una acción favorece el rendimiento en esa acción, sino que la puede perjudicar (excesiva rigidez en un golpeo de precisión, excesiva tensión en el manejo del volante, tiro con arco,...).

IV
Conclusiones

CONCLUSIONES.

Tras la revisión de la literatura científica relativa al estudio de los procesos atencionales que modulan la respuesta motriz y las aportaciones surgidas del análisis y discusión de los estudios experimentales llevados a cabo en la presente tesis doctoral, a continuación, y en base a las hipótesis planteadas, se enuncian las conclusiones derivadas de esta investigación:

- ***Importancia de las demandas perceptivas de la tarea sobre el control motor de la acción dirigida visualmente.***

1. Los recursos perceptivos que demandan las acciones manuales dirigidas a objetivo (e.g., tipo de acción a realizar con el objetivo) modulan en gran medida el tiempo de movimiento, y no tanto el tiempo de reacción, que estará más condicionado por procesos atencionales.

- ***Efecto de las expectativas temporales y la orientación endógena de la atención en el tiempo sobre la respuesta motriz.***

2. Las expectativas temporales generadas por la aparición de eventos visuales que se separan en el tiempo en intervalos predecibles genera una orientación endógena de la atención en el tiempo que favorece la preparación y acción del individuo.

- ***Efecto de correspondencia espacial de estímulo-respuesta (Simon) en acciones manuales dirigidas a objetivo.***

3. El efecto de correspondencia estímulo-respuesta (Simon) es un mecanismo de selección de respuesta que se manifiesta en las etapas iniciales de la respuesta motriz (Tiempo de Reacción), no observándose sobre la variable tiempo de movimiento en acciones manuales dirigidas a un objetivo situado en una posición fija.

4. El efecto Simon está relacionado con procesos motores de selección de respuesta, con lo que a mayor contigüidad temporal entre la señal y el objetivo (SOAs más cortos), que supone menor tiempo de procesamiento perceptivo y la existencia de una respuesta más directa, la magnitud del efecto Simon es mayor.

3. Orientación de la atención en el espacio.

5. La Inhibición de Retorno debe originarse en una etapa perceptiva inicial del proceso visión-acción, ya que se ha constatado su manifestación electrofisiológica sobre la variable Tiempo de Reacción y no en el Tiempo de Movimiento.

6. La observación de los patrones de orientación atencional e Inhibición de Retorno tanto en tareas de detección como de discriminación avala la robustez de este mecanismo y su naturaleza de proceso atencional general.

7. La magnitud y curso temporal de los procesos de orientación exógena de la atención en el espacio (orientación atencional e Inhibición de Retorno) y su influencia sobre la respuesta motriz, están condicionadas por la demanda de recursos perceptivos-cognitivos que demanda la tarea.

8. La existencia de una interacción significativa entre los efectos de Inhibición de Retorno y Simon en las variables Tiempo de Reacción y Tiempo de Contacto en la condición de SOA largo, aporta evidencias en favor de que ambos mecanismos operan en una misma fase de procesamiento de la información (selección de respuesta).

9. La observación de un incremento del tono muscular en estadios tempranos de la preparación para la ejecución motriz en el brazo ipsilateral al lugar de aparición de la señal en los ensayos inválidos (IR) contribuye a defender la hipótesis de la naturaleza activadora, y no inhibidora, de este mecanismo atencional, al menos en los estadios iniciales de su manifestación.

V

Referencias Bibliográficas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abernethy, B. (1987). Anticipation in Sport: a review. *Physical Education, 10,* 5-16.

Abernethy, B. (1999). Visual characteristics of clay target shooters. *Journal of science and medicine in sport* 2, 1-19

Abernethy, B. y Neal, R.J. (1999). Visual characteristics of clay target shooters. *Journal of Science and Medicine in Sport, 2,* 1-19.

Abernethy, B. y Russell, D.G. (1984). Advanced in cue utilisation in skilled cricket batsmen. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport, 16,* 2-10.

Abernethy, B., Gill, D.P., Parks, S.L. y Packer, S.T. (2001) Expertise and the perception of kinematic and situational probability information. *Perception, 30,* 233-252.

Abrams, R.A. y Dobkin, R.S. (1994). Inhibition of return: Effects of attentional cueing on eye movement latencies. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 20,* 467-477.

Adam, J.A. (1971). A closed loop theory of motor behaviour. *Journal of Motor Behaviour, 3,* 111 -149.

Agostino, R., Hallett, M. y Heal, J. (1992) The muscle inhibition of antagonistic before the human doll's quick voluntary movements. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology, 85,* 190- 196.

Allport, D.A. (1987). Selection for action: Some behavioural and neurophysiological consideration of attention and action. En H. Heuer & A.F. Sanders (Eds.). *Perspectives on perception and action* (pp. 395- 419). Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Ando, S., Kida, N. y Oda, S. (2001). Central and peripheral visual reaction time of soccer players and nonathletes. *Perceptual & Motor Skills, 92,* 786-794.

Anson, J. G., Hylannd, B. I. y Koetter, R. (2000). *Parameter precuing and motor preparation.* Champaign: Motor Control.

Antón, J. L. (2002). *Balonmano, táctica grupal defensiva.* Granada: Grupo Editorial Universitario.

Antúnez, A. (2003). La interceptación en la portera de balonmano: efectos de un programa perceptivo-motriz. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.

Araki, K. y Huddleston, S. (2002). The effect of color on a target accuracy task. *International Sports Journal, 6,* 86-92.

Arteaga, M. y Delgado, M. (2002). The Influence of anaerobic physical exertion on dynamic visual acuity and ocular motility. *Journal of human movement studies, 42,* 109-126

Bakker, F., Whiting, H. y Van der Brugg, H (1992). *Prise de décisions dans les situacions sportives. Psychology et Practiques Sportives. Concepts et Applications.* Paris: Editions Vigot.

Bardy, B.G. y Warren, W.H. Jr. (1997). Visual control of braking in goal-directed action and sport. *Journal of Sports Sciences, 15,* 607-620.

Barnes, J. (1984). *Complete works of Aristotle.* Princeton: Bollingen.

Bashore, T. R. (1981). Vocal and manual reaction time estimates of interhemispheric transmission time. *Psychological Bulletin, 89,* 352-368.

Bennett, S. y Davids, K. (1999). Manipulating peripheral visual information in manual aiming: exploring the notion of specificity of learning. *Human Movement Science, 17,* 261-287

Berardelli, A., Hallett, M., Rothwell, J.C., Agostino, R., Manfredi, M., Thompson, P.D. y Marsden, C.D. (1996). Single-joint rapid arm movements in normal subjects and in patients with motor disorders. *Brain, 119,* 661-674.

Bosbach, S., Prinz, W. y Kerzel, D. (2005). Is direction position? Position- and direction-based compatibility effects in tasks with moving stimuli. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. Human Psychology, 58,* 467-506.

Boutcher, S.H. (1992). Attention and athletic performance: an integrate approach, en T.S. Horn (ed.) *Advances in Sport Psychology*. Champaign: Human Kinetics.

Broadbent, D. E. (1958). *Perception and Comunication.* London: Pergamon Press.

Brooks V. B (1986). *The neural basis of motor control.* New York: Oxford University Press.

Bueno, C., Jarris, M., Batista, P. y Andersen, R. (2002) Direct visuomotor transformations for reaching. *Nature, 416,* 632-636.

Bullock, D., Grossberg, S. y Guenther, F. (1993) A self-organizing neural model of motor equivalence reaching and tool use by multijoint arm. *Journal of Cognitive Neuroscience, 5,* 408-435.

Bulthoff, I., Bulthoff, H. y Sinha P. (1998). Top-down influences on stereoscopic depth-perception. *Nature Neurosciences, 1,* 254-257.

Burnod, Y., Grandguillaume, P., Otto, I., Ferraina, S., Johnson, P. & Carminiti, R. (1992) Visuomotor transformations underlying arm movements toward visual targets: a neural network model of cerebral cortical operations. *Journal of Neuroscience, 12,* 1435 - 1453.

Calvo, R., Ureña, A. y Casado, G. (1999). Iniciación deportiva, parámetros visuales a tener en cuenta. En P. Sáenz López, J. Tierra y M. Díaz (Eds.), *Actas del XVII Congreso Nacional de Educación Física Vol. I,* (pp. 688- 693). Huelva: Universidad de Huelva.

Carey, D.P. (2000). Eye-hand coordination: eye to hand or hand to eye? *Current Biology, 10,* 416-419.

Carminiti, R. y Johnson, P. (1992). Internal representations of movement in the cerebral cortex as revealed by an analysis of reaching. *Cerebral Cortex, 2,* 269-276.

Cavanagh, P. (1997). Attention: Exporting vision to the mind, en C. Taddei-Ferretti (Ed.), *Neuronal basis and psychological aspects of consciousness*. Singapore: World Scientific.

Cheal, M.L., Chastain, G. y Lyon, D.R. (1998). Inhibition of return in visual identification tasks. *Visual Cognition, 5*, 365-388.

Chica, A.B. y Lupiáñez, J. (2004). Inhibición de Retorno sin retorno de la atención. *Psicothema, 16*, 248-256.

Clohessy, A., Posner, M.I., Rothbart, M.K. y Vecera, S.P. (1991). The development of inhibition of return in early infancy. *Journal of cognitive Neuroscience, 3*, 346-357.

Conde, J. L. (1996). *Valoración de los efectos de un programa de entrenamiento perceptivo-motriz para la mejora de las habilidades motrices y visuales en niños.* Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

Connor, C.E., Gallant, J.L., Preddie, D.C. y Van Essen, D.C. (1996). Responses in area V4 depend on the spatial relationship between stimulus and attention. *Journal of Neurophysiology, 75*, 1306-1308.

Cooke, J.D. y Brown, S.H. (1994). Movement-related phasic muscle activation III. The duration of phasic agonist activity initiating movement. *Experimental Brain Research, 99*, 473-482.

Coquoz, R. (1998). Football: occupying space, peripheral vision. *Education physique et sport, 48*, 77-79.

Corbetta, M. y Shulman, G.L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews in Neuroscience, 3*, 201-215.

Corbetta, M., Kincade, J.M. y Shulman, G.L. (2002). Neural systems for visual orienting and their relationships to spatial working memory. *Journal of Cognitive Neuroscience, 14*, 508-523.

Correa, A., Lupiáñez, J., Tudela, P. y Milliken, B. (2004). Endogenous temporal orienting of attention in detection and discrimination tasks. *Perception & Psychophysics, 66*, 264-278.

Correa, A., Lupiáñez, J. y Tudela, P. (remitido). Occurrence uncertaintly induced by catch trials influences both endogenous temporal orienting and automatic sequential effects. Artículo en revisión para *Experimental Brain Research.*

Coull, J.T. (2004) fMRI studies of temporal attention: allocating attention within, or towards, time. *Brain Research. Cognitive Brain Research, 2*, 216-226.

Coull, J.T., Frith, C.D., Büchel, C. y Nobre, A.C. (2000). Orienting attention in time: Behavioural and neuroanatomical distinction between exogenous and endogenous shifts. *Neuropsychologia, 38*, 808-819.

Coull, J.T. y Nobre, A.C. (1998). Where and when to pay attention: The neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals as revealed by both PET and fMRI. *Journal of Neuroscience, 18*, 7426-7435.

Coull, J.T., Nobre, A.C. y Frith, C.D. (2001). The noradrenergic alpha2 agonist clonidine modulates behavioural and neuroanatomical correlates of human attentional orienting and alerting. *Cerebral-Cortex*, 11, 73-84.

Craft, J. L. y Simon J. R. (1970). Processing symbolic information from a visual display: Interference from an irrelevant directional cue. *Journal of Experimental Psychology, 83,* 415 -432.

Cram, J.R., Kasman, G.S. y Holtz, J.(1998). *Introduction to Surface Electromyography.* Gaithersburg, Maryland. Aspen Publication.

Crawford J.D., Medendorp, W.P. y Marotta, J.J. (2004). Spatial transformations for eye-hand coordination. *Journal of Neurophysiology, 92,* 10-19.

Czigler, I., Balazs, L. y Lenart, A. (1998). Attention to features of separate objects: an ERP study of target-shooters and control participants. *International Journal of Psychophysiology, 31,*77- 87.

Danziger, S., Kingstone, A. y Snyder, J.J. (1998). Inhibition of return to successively stimulated locations in a sequential visual search paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 24,*1467 -1475.

De Jong, R., Liang, C. C. y Lauber, E. (1994). Conditional and unconditional automaticity: A dual-process model of effects of spatial stimulus–response correspondence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance, 20,* 731-750.

De Jong, R., Wierda, M., Mulder, G. y Mulder, L. J. M. (1988). Use of partial information in response processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 14,* 682 -692.

Devore, S. y Devore, G. (1981). *Sybervision.* Chicago: Review Press.

Di Russo, F., Martínez, A. y Hillyard, S.A. (2003). Source analysis of Event-related cortical activity during viso-spatial attention. *Cerebral Cortex, 13,* 46-499.

Ditchburn, R.W. (1973). *Eye movements and visual perception.* Oxford: Clarendon Press.

Doallo, S., Lorenzo-López, L., Vizoso, C., Rodríguez Holguin, S., Amenedo, E., Bara, S. y Cadaveira, F. (2004). The time course of the effects of central and peripheral cues on visual processing: an event-related potentials study. *Clinical Neurophysiology, 115,* 199-210.

Dorris, M.C., Klein, R.M., Everling, S. y Munoz, D.P. (2002). Contribution of the primate superior colliculus to inhibition of return. *Journal of Cognitive Neurosciences, 14,* 1256-1263.

Drazin, D.H. (1961). Effects of foreperiod, foreperiod variability, and probability of stimulus occurrence on simple reaction time. *Journal of Experimental Psychology, 62,* 43-50

Driver, J., Davis, G., Ricciardelli, P., Kidd, P., Maxwell, E. y Baron-Cohen, S. (1999). Gaze perception triggers reflexive visuospatial orienting. *Visual Cognition, 6,* 509-540.

Dyer, F. N. (1971). The duration of word meaning responses: Stroop interference for different preexposures of the word. *Psychonomic Science, 25,* 229-231.

Dyer, F.N. (1973). The Stroop phenomenon and its use in the study of perceptual, cognitive, and response processes. *Memory & Cognition, 1,* 106-120.

Egeth, H. E. y Yantis, S. (1997). Visual attention: Control, representation, and time course. *Annual Review of Psychology, 48,* 269-297.

Egly, R., Rafal, R.D. y Henik, A. (1992, Noviembre). *Reflexive and voluntary orienting in detection and discrimination tasks.* Trabajo presentado en el Encuentro Annual de la Psychonomic Society, St. Louis.

Ehrenstein, W. H. (1994). The Simon effect and visual motion. *Psychological Research, 56,* 163 -169.

Eimer, M. (1995). Stimulus–response compatibility and automatic response activation: Evidence from psychophysiological studies. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance, 21,* 837-854.

Fernández-Duque, D. y Johnson, M. L. (1999). Attention Metaphors: How metaphors guide the cognitive psychology of attention. *Cognitive Science, 23,* 83-116.

Fitts, P. M. y Seeger, C. M. (1953). S-R compatibility: Spatial characteristics of stimulus and response codes. *Journal of Experimental Psychology, 46,* 199–210.

Fradua, L., Raya, A. y Pino. J. (1994). Improving the goalkeeper's performance in penalty situations. *Science & Football, 8,* 25-27.

Fuentes, L.J., Vivas, A.B. y Humphreys, G.W. (1999). Inhibitory tagging of stimulus properties in inhibition of return: Effects on Semantic Priming and Flanker Interference. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 52,* 149-164.

Fuentes, L.J., Vivas, A.B., de Labra, C., Valle-Inclán, F. y Alonso, D. (2002, abril). *Visuospatial attention and stimulus-response compatibility.* Ponencia presentada en el Congreso de la SEPEX, Oviedo, España.

Funes, M.J. y Lupiáñez, J. (2003). La teoría atencional de Posner: Una tarea para medir las funciones atencionales de orientación, alerta y control cognitivo y la interacción entre ellas. *Psicothema, 15,* 260-266.

Georgopoulos, A. (1991). Higher Order Motor Control. *Annual Reviews in Neuroscience, 14,* 361-377.

Georgopoulos, A. (1995) Current issues in directional motor control. *Trends in Neuroscience, 18,*506-510.

Ghez, C. y Krakauer, J. (2001) Organización del movimiento. En Kandel, Schwartz y Jessell (Eds). *Principios de Neurociencia.* (pp. 653 -673). McGraw-Hill/Interamericana.

Gianikellis, K., Maynar, M. y Arribas, F. (1997) La electromiografía (EMG) como método para determinar la intervención muscular en los deportes de precisión. *Serie ICD, 13,* 107 – 123. MEC. Consejo Superior de Deportes.

Gitelman, D.R., Parrish, T.B., Friston, K.J. y Mesulam, M.M. (2002). Functional anatomy of visual search: regional segregations within the frontal eye fields and effective connectivity of the superior colliculus. *Neuroimage, 15,* 970-982.

Goodale, M.A. y Humphrey, G.K. (1998). The objects of action and perception. *Cognition, 67,* 181-207.

Goodale, M.A., Pèlisson, D. y Prablanc, C. (1986). Large adjustments in visually guided reaching not depend on vision of the hand or perception of target displacement. *Nature, 320, 6064,* 748-750.

Goodman, D. y Kelso, J. A. (1980). Are movements prepared in parts? Not under compatible (naturalized) conditions. *Journal of Experimental Psychology, 109,* 249-251.

Gordon, I.E. (1967). Stimulus probability and simple reaction time. *Nature, 215,* 895-896.

Gordon, J., Ghilardi, M. y Ghez, M. (1994). Accuracy of planar reaching movements. Independence of direction and extent variability. *Experimental Brain Research, 99,* 97-111.

Gould, D. y Krane, V. (1992) The arousal-athletic performance relationship: Current status and future directions. En T.S. Horn (Ed.) *Advances in sport psychology.* Champaign: Human Kinetics.

Goulet, C., Bard, C. y Fleury, M. (1989). Expertise differences in preparing to return a tennis serve: a visual information processing approach. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 11,* 382-398.

Gratton, G., Coles, M.G.H., Sirevaag, E.J., Eriksen, C.W. y Donchin, E. (1988). Pre- and post-stimulus activation of response channels: A psychophysiological analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 14,* 331 -344.

Gregg, J. (1987). *Vision and sport.* Boston: Butterworths Publishers.

Gribble P.L. y Ostry D.J. (1998). Independent coactivation of shoulder and elbow muscles. *Experimental Brain Research, 123,* 355-360.

Gribble P.L. y Ostry D.J. (1999). Compensation for interaction torques during single and multijoint limb movements. *Journal of Neurophysiology, 82,* 2310-2326.

Grossberg, M. (1968). The latency of response in relation to Bloch's law at threshold. *Perception & Psychophysics, 4,* 229 -232.

Guzmán, J.F. y García, A. (2002). La anticipación defensiva en los deportes de equipo: Un estudio de la importancia otorgada a sus variables. *Apunts, Educación Física y Deportes, 69,* 37-42.

Hallett, M., Shahani, B.T. y Young, R.R. (1975) EMG analysis of stereotyped voluntary movements in man. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, 38,* 1154-1162.

Handford, C., Davids, K., Bennett, S y Button, C. (1997). Skill acquisition in sport: some applications of an evolving practice ecology. *Journal of Sport Sciences, 15,* 621- 640.

Handy, T. C., Kingstone, A. y Mangun, G. R. (1996). Spatial distribution of visual attention: Perceptual sensitivity and response latency. *Perception & Psychophysics, 58,* 613 -627.

Harman, C., Posner, M.I. y Rothbart, M.K. (1992). Spatial attention in 3-months old: Inhibition of return at 10 and 30 degree eccentricities. *Infant Behaviour and Development, 15,* 449.

Harman, C., Posner, M.I., Rothbart, M.K. y Thomas-Thrapp, L. (1994). Development of orienting to locations and objects in human infants. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 48,* 301-318.

Harman, C., Rothbart, M.K. y Posner, M.I. (1997). Distress and attention interactions in early infancy. *Motivation & Emotion, 21,* 27-43.

Hasbroucq, T., Guiard, Y. y Kornblum, S. (1989). The additivity of stimulus-response compatibility with the effects of sensory and motor factors in a tactile choice reaction time task. *Acta Psychologica, 72,* 19-144.

Hatfield, G. (1998). Attention in early scientific psychology, En R.D. Wright (Eds.). *Visual attention* (pp.3-25). New York: Oxford University Press.

Henry, F. (1960) Influence of motor and sensory season reaction latency and speed of discrete movements. *Research Quaterly, 31,* 458-468.

Henry, F. M. y Rogers, D. E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction. *The Research Quarterly, 3,* 448 -458.

Hernández, J. (1994). *Análisis de las estructuras del juego deportivo.* Barcelona: Inde.

Hick, W. (1952). On the rate of gain information. *Quaterly Journal of Experimental Psychology, 4,* 11-26.

Hietanen, J.K. y Ramä, P. (1995). Facilitation and interference occur at different stages of processing in Simon paradigm. *European Journal of Cognitive Psychology, 7,* 183-199.

Hodges, P. W. y Bui, B.H. (1996) A comparison of computer-based methods for the determination of onset of muscle contraction using electromyography. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology, 101,* 511-519.

Hoffman, L.G., Polan, G. y Powell, J. (1984). The relationship of contrast sensitivity functions to sports vision. *Journal of the American Optometric Association, 55,* 747-752.

Hommel, B. (1993). Inverting the Simon effect by intention: Determinants of direction and extent of effects of irrelevant spatial information. *Psychological Research, 55,* 270-279.

Hommel, B. (1993). The role of attention for the Simon effect. *Psychological Research, 55,* 208-222.

Hommel, B. (1994a). Effects of irrelevant spatial S-R compatibility depend on stimulus complexity. *Psychological Research, 56,* 179–184.

Hommel, B. (1994b). Spontaneous decay of response code activation. *Psychological Research, 56,* 261-268.

Hommel, B. (1995). Stimulus-response compatibility and the Simon effect: Toward an empirical clarification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 21,* 764-775.

Hommel, B. (1996a). S- R compatibility effects without response uncertainty. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49,* 546-571.

Hommel, B. (1996b). No prevalence of right-left over above-below spatial codes. *Perception & Psychophysics, 58,* 102-110.

Hommel, B. (1996c). The limits of intentional action coding. Manuscrito no publicado, citado por J. Memelink & B. Hommel (eds.). Attention, instruction, and response representation. 2004.

Hommel, B. (1997). Toward an action-concept model of stimulus–response compatibility. En B. Hommel & W. Prinz (Eds.), *Theoretical issues in stimulus–response compatibility.* Amsterdam: Elsevier.

Hommel, B. (2002). Responding to object files: Automatic integration of spatial information revealed by stimulus–response compatibility effects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 55,* 567–580.

Howard, L.A., Lupiáñez, J. y Tipper, S.P. (1999) Inhibition of return in a selective reaching task: an investigation of reference frames. *Journal of General Psychology, 126,* 421-442.

Hubel, D.H. (1988). *Eye, brain & vision.* New York: W.H. Freeman.

Huertas, F. Castellote, J.M. y Sanegre, M.T. (2002). Visión Periférica y actividad física. Fundamentos y Propuestas de Evaluación. En J.M. Castellote (ed.) *Actividad física adaptada en alteraciones de aprendizaje: Fundamentos y su aplicación educativa y terapéutica* (pp. 65-74). Valencia: Universidad de Valencia.

Huertas, F., Castellote, J.M. y Sanegre, M.T. (2001). *Neural processing of peripheral visual information. An experimental approach for assessment and sport training.* Póster presentado en la Autumn School in Cognitive Neuroscience. Oxford, Septiembre de 2001.

Hull, C.L. (1943). *Principles of behaviour.* New York: Appleton-Century.

Huys, R. y Beek, P.J. (2002). The coupling between point-of-gaze and ball movements in three-ball cascade juggling: the effects of expertise, pattern and tempo. *Journal of Sports Sciences, 20,* 171-186.

Iglesias, D., Moreno, L.A., Ramos, L.A., Fuentes, J.P., Julian, J.A. y Del Villar, F. (2002). Un modelo para el análisis de los procesos cognitivos implicados en la toma de decisiones en deportes colectivos. *Revista de Entrenamiento Deportivo, 16,* 9-14.

Imai, T., Moore, S.T., Raphan, T., Cohen, B. (2001). Interaction of the body, head, and eyes during walking and turning. *Experimental Brain Research, 136,* 1-18.

Ishigaki, H., Edagawa, H. y Miyao, M. (1995). On the focal distance of the eye during sighting in pistol shooting. *Perceptual & Motor Skills, 81,* 191-194.

Ivanoff, J. (2003). On spatial response code activation in a Simon task. *Acta Psychologica, 112,* 157-179.

Ivanoff, J. y Klein, R. (2001). The presence of a nonresponding effector increases inhibition of return. *Psychonomic Bulletin & Review, 8,* 307–314.

Ivanoff, J., Klein, R.M. y Lupiáñez, J. (2002). Inhibition of return interacts with the Simon effect: An omnibus analysis and its implications. *Perception & Psychophysics, 64* (2), 318-327.

James, W. (1890). The Principles of Psychology, en R.H. Wozniak, *Classics in Psychology, 1855-1914: Historical Essays*. Bristol: Thoemmes Press.

Janelle, C.M. (2002). Anxiety, arousal and visual attention: a mechanistic account of performance variability. *Journal of Sports Sciences, 20,* 237-251.

Jeannerod, M (1981). Specialized channels for cognitive responses. *Cognition, 10, 135-*137.

Jeannerod, M. (1994). The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences, 17,* 187-245.

Jeannerod, M., Arbib, G. Rizzolatti, M.A. y Sakata, H. (1995) Grasping objects: the cortical mechanisms of visuomotor transformation. *Trends in Neuroscience, 8,* 314-320.

Johansson, R.S. y Cole, K.J. (1992). Sensory-motor coordination during grasping and manipulative actions. *Current Opinion in Neurobiology, 2,* 815-823.

Johnston, W.A. y Dark, V.J. (1987).Selective attention. *Annual Review of Psychology, 37,* 43-75.

Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Kahneman, D. y Treisman, A. (1984). Changing views of attention and automaticity, en R. Parasuraman y D. R. Davies (Eds.), *Varieties of Attention,* (pp. 29-61). New York: Academic Press.

Karlin, L. (1959). Reaction time as a function of foreperiod duration and variability. *Journal of Experimental Psychology, 58,* 185-191.

Kato, T. y Fukuda, T. (2002). Visual search strategies of baseball batters: eye movements during the preparatory phase of batting. *Perception & Motor Skills, 94,* 380-386.

Kazutoshi, K. y Tatsuyuki, O. (1998) Functional modification of agonist-antagonist electromyographic activity for rapid movement inhibition. *Experimental Brain Research, 122,* 23- 30.

Keele, S.W. (1968) Movement control in skilled motor performance. *Psychological Bulletin, 70,* 387 -403.

Kerr, R. (1982). *Psycomotor Learning*. Philadelphia: CBS Collage Publishing.

Khatoon, S., Briand, K.A. y Sereno, A.B. (2002). The role of response in spatial attention: direct versus indirect stimulus–response mappings. *Vision Research, 42,* 2693–2708.

Kingstone, A. (1992). Combining expectancies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 44A*, 69-104.

Kinchla, R. A. (1992). Attention. *Annual Review of Psychology, 43,* 711-742.

Kirby, N. H. (1976). Sequential effects in two-choice reaction time: Automatic facilitation or subjective expectancy? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 2,* 567 -577.

Klapp, S. T. y Erwin, C. I. (1976). Relation between programming time and duration of the response being programmed. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 2,* 591 -598.

Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends in Cognitive Sciences, 4,* 138-147.

Klein, R.M. y Taylor, T.L. (1994).Categories of cognitive inhibition with reference to attention. En D. Dagenbach & T.H. Carr (Eds.), *Inhibitory processes in attention, memory, and language.* San Diego: Academic Press.

Kornblum, S., Stevens, G.T., Whipple, A. y Requin, J. (1999). The effects of irrelevant stimuli: 1. The time course of stimulus-stimulus and stimulus-response consistency effects with Stroop-like and Simon-like tasks, and their factorial combinations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 25,* 688-714.

LaBerge, D. (1995). *Attentional processing: The brain's art of mindfulness.* Cambridge: Harvard University Press.

Lacquanitit, F. (1997) Frames of reference in sensorimotor coordination. En F. Boller y J. Grafman (eds.), *Handbook of Neuropsychology, Vol. 11.* (pp: 27-64) Amsterdam: Elsevier.

Lacquanti, F. y Caminiti, R. (1998) Viso-motor transformations for arm reaching. *European Journal of Neuroscience, 10,* 195-203.

Land, M.F y McLeod, P. (2000). From eye movements to actions: how batsmen hit the ball. *Nature Neuroscience, 3,* 1340-1345.

Land, M.F., Furneaux, S.M. y Gilchrist, I.D. (2002).The organization of visually mediated actions in a subject without eye movements. *Neurocase, 8,* 80-87.

Law, M.B., Pratt, J. y Abrams, R.A. (1995). Color-based inhibition of return. *Perception & Psychophysics, 57,* 455-464.

Lenoir, M., Musch, E. y La Grange, N. (1999). Ecological relevance of stereopsis in one-handed ball-catching. *Perceptual & Motor Skills, 89,* 495-508.

Li, C.S. y Lin, S.C. (2002). A perceptual level mechanism of the inhibition of return in oculomotor planning. *Brain Research & Cognitive Brain Research, 14,* 269-276.

Li, Y. y Lima, R.P. (2002). Rehearsal of task variations and contextual interference effect in a field setting. *Perception & Motor Skills, 94,* 750-752.

Lloyd, D.M., Bolanowski, S.J. Jr., Howard, L. y McGlone, F. (1999). Mechanisms of attention in touch. *Somatosensory & Motor Research, 16,* 3-10.

Lomber, S.G., Payne, B.R. y Cornwell, P. (2001). Role of the superior colliculus in analyses of space: superficial and intermediate layer contributions to visual

orienting, auditory orienting, and visuospatial discriminations during unilateral and bilateral deactivations. *Journal of Comparative Neurology, 441*, 44-57.

Long, G.M. y Zavod, M.J. (2002). Contrast sensitivity in a dynamic environment: effects of target conditions and visual impairment. *Human factors, 44*, 120-132

Los, S.A. y Van der Heuvel, C.E. (2001). Intentional and unintentional contributions to nonspecific preparation during reaction time foreperiods. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 27*, 370-386.

Lu, C.H. y Proctor, R.W. (1995). The influence of irrelevant location information on performance: A review of the Simon and spatial Stroop effects. *Psychonomic Bulletin & Review, 2,* 174-207.

Luck, S.J., Woodman, G.F. y Vogel, E.K. (2000). Event-related potential studies of attention. *Trends in Cognitive Sciences, 4,* 423-440.

Lum, J., Enns, J.T y Pratt, J. (2002). Visual orienting in college athletes: explorations of athlete type and gender. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 73,* 156-167.

Lupiáñez, J. (1996). Control inhibitorio sobre la orientación atencional: Inhibición de Retorno con detección y discriminación. Tesis Doctoral sin publicar. Universidad de Granada.

Lupiáñez, J., Milán, E., Tornay, F.J., Madrid, E. y Tudela, P. (1997). Does IOR occur in Discrimination Tasks?: Yes, it does, but later. *Perception & Psychophysics, 59,* 1241-1254.

Lupiáñez, J., Milliken, B., Solano, C., Weaver, B., y Tipper, S.P. (2001). On the endogenous control over the time course of Inhibition of Return. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 54,* 753-773.

Lupiáñez, J. y Milliken, B. (1999). Inhibition of return and the attentional set for integrating versus differentiating information. *Journal of General Psychology, 126,* 392- 418.

Lupiáñez, J. y Solano, C. (1998). Inhibición de Retorno en una tarea de discriminación de color: No interacción con el efecto Simon. *Cognitiva, 9*, 195-205.

Lupiáñez, J., Tornay, F., y Tudela, P. (1996). Location-Based IOR: A different Time Course for Detection and Discrimination task. Paper presented at the IX congress of the European Society for Cognitive Psychology (ESCOP), en Würzburg, Germany.

Lupiáñez, J. y Tudela, P. (1999). Inhibición de Retorno al lugar y al color en detección y discriminación. *Cognitiva, 11*, 151-174.

Lupiáñez, J., Tudela, P. y Rueda, Ch. (1999). Inhibitory control over orienting of attention: A review of inhibition of return. *Cognitiva, 11,* 23–44.

Lupiáñez, J. y Weaver, B. (1998). On the Time Course of exogenous cueing effects: A commentary on Tassinari et al. (1994). *Vision Research, 38,* 1619-1621.

Mack, A. y Rock, I. (1998). *Inattentional Blindness.* Cambridge, MA: MIT Press. MacLeod, B. (1991). Effect of Eyerobics visual skills training on selected performance measures of female varsity soccer players. *Perceptual and Motor Skills, 72,* 863-866.

Magill, R. A. (1989). *Motor learning: Concepts and applications.* Dubuque, Iowa: Brown.

Mamassian, P. (1997) Prehension of objects oriented in three-dimensional space. *Experimental Brain Research, 114,* 235–245.

Mangun, G.R. y Hillyard, S.A. (1991). Modulations of sensory-evoked brain potentials indicate changes in perceptual processing during visual-spatial priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 17,* 1057-1074.

Mangun, G.R., Hinrichs, H., Scholz, M., Mueller-Gaertner, H.W., Herzog, H., Krause, B.J., Tellman, L., Kemna, L. y Heinze, H.J. (2001). Integrating electrophysiology and neuroimaging of spatial selective attention to simple isolated visual stimuli. *Vision Research, 41,* 1423-1435.

Mangun, G.R., Hopfinger, J., Kussmaul, C., Fletcher, E. y Heinze, H.J. (1997). Covariations in PET and ERP measures of spatial selective attention in human extrastriate visual cortex. *Human Brain Mapping, 5,* 273-279.

Marteniuk, R. (1976). *Information Processing in Motor Skills.* Nueva York: Holt, Rinehart & Winston.

Martín- Acero, R. (1995). Hacia una nueva visión del entrenamiento de la velocidad en los deportes de equipo. *Novedades en Entrenamiento deportivo.* La Laguna: Escuela Canaria del Deporte.

Martínez, A., Anllo-Vento, L., Sereno, M.I., Frank, L.R., Buxton, R.B., Dubowitz, D.J.,Wong, E.C., Hinrichs, H., Heinze, H.J., y Hillyard, S.A. (1999). Involvement of striate and extrastriate visual cortical areas in spatial attention. *Nature Neuroscience, 2,* 364- 369.Marzi, C.A., Bisiacchi, P. y Nicoletti, R. (1991). Is interhemispheric transfer of visuomotor information asymmetric? Evidence from a meta-analysis. *Neuropsychologia, 29,* 1163-1177.

Mayer, A.R., Dorflinger, J.M., Rao, S.M. y Seidenberg, M. (2004). Neural networks underlying endogenous and exogenous visual spatial orienting. *Neuroimage, 23,* 534- 541.

Mayer, A.R., Seidenberg, M., Dorflinger, J.M. y Rao, S.M. (2004). An event-related fMRI study of exogenous orienting: supporting evidence for the cortical basis of inhibition of return. *Journal of Cognitive Neuroscience, 16,* 1262- 1271.

Maylor, E.A. (1985). Facilitatory and inhibitory components of orienting in visual space. En M.I. Posner y O. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI* (pp. 189-207). Hillsdale: Erlbaum.

McAuliffe, J. y Pratt, J. (2004). The role of temporal and spatial factors in the covert orienting of visual attention tasks. *Psychological Research, Jul 3* [Epub ahead of print]-

McDonald, J. J., Ward, L. M. y Kiehl, K. A. (1999). An event-related brain potential study of inhibition of return. *Perception and Psychophysics, 61,* 1411 –1423.

McIntyre, J., Stratta, F. y Lacquaniti, F. (1997) Viewer-centered frame of reference for reaching to memorized targets in three-dimensional space. *Journal of Neurophysiology, 78,* 1601-1618.

McMorris, T. y Colenso, S. (1996). Anticipation of professional soccer goalkeepers when facing right- and left footed penalty kicks. *Perceptual & Motor Skills, 82,* 931-934.

Mel, B. (1991) A connectionist model may shed light on neural mechanisms for visually guided reaching. *Journal of Cognitive Neuroscience, 3,* 273-292.

Memelink, J. y Hommel, B. (en prensa). Attention, instruction, and response representation. *European Journal of Cognitive Psychology.*

Michaels, C. F. (1988). S–R compatibility between response position and destination of apparent motion: Evidence for the detection of affordances. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 14,* 231–240.

Middlebrooke, A.R., Stephenson, G. y Unnithan, V.B. (1999). An explorative study into the relationship between increasing exercise intensity and visual function in prepubertal male soccer players. *Pediatric Exercise Science, 11,* 69-78.

Milliken, B., Lupiáñez, J., Roberts, M. y Stevanovski, B. (2003). Temporal expectation and spatial orienting: Joint contributions to exogenous spatial cueing effects. *Psychonomic Bulletin and Review, 10,* 877-883.

Millslagle, D.G. (2000). Dynamic visual acuity and coincidence-anticipation timing by experienced and inexperienced women players of fast pitch softball. *Perceptual and motor skills, 90,* 498-504.

Milner, D.A. y Goodale, M.A. (1992). Separate visual pathways for perception and action. Trends in *Neuroscience, 15,* 20-25

Milner, D.A. y Goodale M.A. (1995). *The Visual Brain in Action.* Oxford: Oxford University Press.

Miniussi, C., Wilding, E.L., Coull, J.T. y Nobre, A.C. (1999). Orienting attention in time: Modulation of brain potentials. *Brain, 122, 1507-1518.*

Molia, L.M., Rubin, S.E. y Kohn, N. (1998). Assessment of stereopsis in college baseball pitchers and batters. *Journal of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus, 2,* 86- 90.

Mondor, T.A., Breau, L.M. y Milliken, B. (1998). Inhibitory processes in auditory selective attention: Evidence of location-based and frequency-based inhibition of return. *Perception and Psychophysics, 60,* 296-302.

Mondor, T.A. y Lacey, T.E. (2001). Facilitative and inhibitory effects of cuing sound duration, intensity, and timbre. *Perception & Psychophysics, 63,* 726-736.

Moran, J. y Desimone, R. (1985). Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science, 229,* 782-784.

Moreno, F. J., García, J. A., Ávila, F., Aniz, I. y Reina, R. (2000). La atención visual como mecanismo de selección de información para la acción en el portero balonmano: El rol de la visión periférica. En J. P. Fuentes y M. Macías (Eds.), *I Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte* (pp. 257-265). Cáceres.

Motter, B. C. (1998). Neurophysiology of visual attention. En R. Parasuraman (Ed.). *The Attentive Brain.* Cambridge: MIT Press.

Motter, B.C. (1993). Focal attention produces spatially selective processing in visual cortical areas V1, V2, and V4 in the presence of competing stimuli. *Journal of Neurophysiology, 70,* 909-919.

Munoz, D. P., Dorris, M. C., Pare, M. y Everling, S. (2000). On your mark, get set: Brainstem circuitry underlying saccadic initiation. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, 78,* 934 –944.

Neisser, U. (1967). *Cognitive Psychology.* New York: Appleton, Century, Crofts.

Neumann, O., Van der Heijden, A.H.C. y Allport, A.D. (1986). Visual selective attention: Introductory remarks. *Psychological Research, 48,* 185-188.

Nicoletti, R., Anzola, G. P., Luppino, G., Rizzolatti, G. y Umiltà, C. (1982). Spatial compatibility effects on the same side of the body midline. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 8,* 664 -673.

Nicoletti, R. y Umiltà, C. (1994). Attentional shifts produce spatial stimulus codes. *Psychological Research, 56,* 144-150.

Niemi, P. y Naätänen, R. (1981). Foreperiod and simple reaction time. *Psychological Bulletin, 89,* 133-162.

Nobre, A.C. (2001) Orienting attention to instants in time. *Neuropsychologia, 39,* 1317-1328.

Nobre, A.C., Sebestyen, G.N. y Miniussi, C. (2000). The dynamics of shifting visuospatial attention revealed by event-related potentials. *Neuropsychologia, 38,* 964-974

Norcia, A.M. (1996). Abnormal motion processing and binocularity: infantile esotropia as a model system for effects of early interruptions of binocularity. *Eye, 10,* 259-265.

Notebaert, W. (2003). *No congruency effects when irrelevant information is repeated.* Comunicación presentada en la 13th Conference of the European Society of Cognitive Psychology (ESCOP), Granada, España.

Notebaert, W., Soetens, E. y Melis, A. (2001). Sequential analysis of a Simon task: Evidence for an attention shift account. *Psychological Research, 65,* 170-184.

Nougier, V., Stein, J.F. y Bonnel, A.M. (1991). Information processing in sport and orienting of attention. *International Journal of Sport Psychology, 22,* 307-327.

O'Connor, D. y Crowe, M. (2002). Visual reaction time and peripheral vision in professional rugby league players. En, T. Reilly (ed.) et al., *Science and Football IV,* London: Routledge, pp.313-319.

Oña, A. (1990). Effect of different attentional strategies and its practice on motor efficiency. *Perceptual and Motor Skills, 71,* 35-43.

Oña, A. (1994). *Comportamiento Motor. Bases Psicológicas del movimiento humano.* Granada: Servicio de publicaciones de la Universidad de Granada.

Oña, A., Martínez, M., Moreno, F. y Ruiz, L.M. (1999). *Control y Aprendizaje Motor.* Madrid: Síntesis.

Oña, A., Serra, E., Martín, N., Padial, P. y Gutiérrez, M. (1990). El control de la información en la respuesta motora de reacción. *Archivos de Medicina del Deporte, 7,* 345- 351.

Osaka, N. (1976). Visual reaction time as a function of target size and retinal eccentricity in the peripheral visual field. *Japanese Psychological Research, 18,* 183–190.

Oyama, T. y Tanabe, N. (1982). Expectancy and choice reaction time as a function of stimulus presentation probability and serial dependency. *Psychologia, 25,* 131–143.

Panagiotacopulos, N., Lee, J. y Pope, M. (1998) Evaluation of EMG from rehabilitated patients with lower back pain using wavelets. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 8,* 269-278.

Parasuraman, R. (1984). Sustained attention in detection and discrimination, in R. Parasuraman y R.D. Davies (eds.), *Varieties of attention.* New York: Academic Press

Parasuraman, R. (1986). Vigilance, monitoring, and search, en K. R. Boff, L. Kaufmann y J. P. Thomas (Eds.), *Handbook of Human Perception and Performance,* (1ed., Vol. 2, pp. 43.1-43.39). New York: John Wiley and Sons.

Parasuraman, R. y Davies, D.R. (1984). Preface, en R. Parasuraman y D.R. Davies (Eds.). *Varieties of attention.* Orlando: Academic Press.

Pashler, H. (1997). *The Psychology of Attention.* Cambridge, MA: MIT Press.

Patla, A.E. y Vickers, J.N. (1997). Where and when do we look as we approach and step over an obstacle in the travel path? *Neuroreport, 18,* 3661-3665.

Paulignan, Y., Jeannerod, M., McKenzie, C. y Marteniuk, R. (1991a) Selective perturbation of visual input during prehension movements. II. The effects of changing object size. *Experimental Brain Research, 87,* 407–420.

Paulignan, Y., Jeannerod, M., McKenzie, C. y Marteniuk, R. (1991b). Selective perturbation of visual input during prehension movements. I. The effects of changing object position. *Experimental Brain Research, 83,* 502–512.

Pèlisson, D., Prablanc, C., Goodale, M.A. y Jeannerod, M. (1986). Visual control of reaching movements without vision of the limb. II. Evidence of fast unconscious processing correcting the trajectory of the hand to the final position of a double-step stimulus. *Experimental Brain Research, 62,* 303-311.

Philbeck, J.W. (2000). Visually directed walking to briefly glimpsed targets is not biased toward fixation location. *Perception, 29,* 259-272.

Poliakoff, E., Spence, C., O'Boyle, D.J., McGlone, F.P. y Cody, F.W. (2002). Tactile inhibition of return: non-ocular response inhibition and mode of response. *Experimental Brain Research, 146,* 54-59.

Portal, J.M. y Romano, P.E. (1998). Major review: ocular sighting dominance: a review and a study of athletic proficiency and eye-hand dominance in a collegiate baseball team. *Binocular Vision and Strabismus Quarterly, 13,* 125-132.

Posner, M. I. y Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neuroscience, 17,* 75-79.

Posner, M.I. y Rothbart, M. K. (1992). Les mécanismes de l'attention et l'expérience consciente. *Revue de Neuropsychologie, 1,* 85–115.

Posner, M.I., Inhoff, A. W., Friedrich, F. J. y Cohen, A. (1987). Isolating attentional systems: A cognitive-anatomical analysis. *Psychobiology, 15,* 107-121.

Posner, M.I., Rafal, R.D., Choate, L.S. y Vaughan, J. (1985). Inhibition of return: Neural basis and function. *Cognitive Neuropsychology, 2,* 211-228.

Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 32,* 3-25.

Posner, M.I. y Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. En H. Bouma & D. Bowhuis (Eds.) *Attention and performance X.* (pp. 531-556). Hillsdale: Erlbaum.

Posner, M.I. y Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience, 13,* 25-42.

Posner, M.I. y Raichle, M. E. (1994). Images of mind. New York: Scientific American Library.

Posner, M.I. y Rothbart, M.K. (1991). Attentional mechanisms and conscious experience, en A.D. Milner y M.D. Rugg (Eds.), *The europsychology of consciousness,* (pp. 91-112). London: Academic Press.

Posner, M.I., Nissen, M. y Odgen, W. (1978). Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. En H.L. Pick y E. Saltzman (Eds), *Modes of perceiving and processing information,* (pp. 128-181). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Posner, M.I., Rafal, R.D., Choate, L.S. y Vaughan, J. (1985). Inhibition of return: Neural basis and function. *Cognitive Neuropsychology, 2,* 211–228.

Prablanc, C., Desmurget, M. y Grea, H. (2003). Neural control of on-line guidance of hand reaching movements. *Progress in Brain Research, 142,* 155-170.

Pratt, J. y Abrams, R.A. (1999). Inhibition of return in discrimination tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 25,* 229–242.

Pratt, J. y Rafal, R.D. (2000). Inhibition of return in saccadic eye movements. *Experimental Brain Research, 130,* 264-268.

Pratt, J., Kingstone, A. y Khoe, W. (1997). Inhibition of return in location and identity based choice decision tasks. *Perception & Psychophysics, 59,* 964–971.

Prime, D.J. y Ward, L.M. (2002). Auditory frequency-based inhibition differs from spatial IOR. *Perception & Psychophysics, 64,* 771-784.

Prime, D.J. y Ward, L.M. (2004). Inhibition of Return From Stimulus to Response. *Psychological Science, 15,* 272-276.

Proctor, R.W., Lu, C.H. y Van Zandt, T. (1992). Enhancement of the Simon effect by response precuing. *Acta Psychologica, 81,* 53-74.

Quinn, J. T., Schmidt, R. A., Zelaznik, H. N., Hawkins, B. y McFarquhar, R. (1980). Target-size influences on reaction time with movement time controlled. *Journal of Motor Behaviour, 12,* 239 -261.

Radlo, S.J., Janelle, C.M., Barba, D.A. y Frehlich, S.G. (2001). Perceptual decision making for baseball pitch recognition: using P300 latency and amplitude to index attentional processing. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 72,*22-31.

Rafal, R.D., Calabresi, P.A., Brenan, C.W. y Sciolto, T.K. (1989). Saccade preparation inhibits reorienting to recently attended locations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 15,* 673-685.

Rafal, R.D., Egly, R. y Rhodes, D. (1994). Effects of inhibition of return on voluntary and visually guided saccades. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 48,* 284-300.

Regan, D. (1997). Visual factors in hitting and catching. *Journal of Sports Sciences, 15,* 533-558.

Regan, D. y Gray, R. (2001). Hitting what one wants to hit and missing what one wants to miss. *Vision Research, 41,* 3321-3329.

Rensink, R., O'Regan, J. K. y Clark, J. J. (1996). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological Science, 8,* 368-373.

Reulen, J.P.H. (1984). Latency of visually evoked saccadic eye movements I: Saccadic latency and the facilitation model. *Biological Cybernetics, 50,* 251-263.

Reuter-Lorentz, P.A., Jha, A.P. y Rosenquist, J.N. (1996). GAT is inhibited in inhibition of return? *Journal of experimental psychology: Human perception and performance, 22,* 367-378.

Revien, L. y Gabor, M (1981). *Sport Vision.* New York: Workman.

Rigal, R., Paoletti, R. y Portmann, M. (1987). *Motricidad. Aproximación psicofisiológica*. Madrid: Pila Teleña.

Rizzolatti, G. (1983). Mechanisms of selective attention in mammals, en J.P. Ewart, R.R. Capranica & D.J. Ingle (Eds.), *Advances in Vertebrate Neuroethology*. (pp. 261-297).New York: Plenum.

Rizzolatti, G., Rigio, L., Dascola, I. y Umiltà, C. (1987). Reorienting attention across de horizontal and vertical meridians: evidence in favour of a premotor theory of attention. *Neuropsychologia, 25,* 31-40.

Roder, B., Spence, C. y Rosler, F. (2002). Assessing the effect of posture change on tactile inhibition-of-return. *Experimental Brain Research, 143,* 453-462.

Roswarski, T. E. y Proctor, R. W. (1996). Multiple spatial codes and temporal overlap in choice-reaction tasks. *Psychological Research, 59,* 196–211.

Roswarski, T. E. y Proctor, R. W. (2003). The role of instructions, practice, and stimulus-hand correspondence on the Simon effect. *Psychological Research, 67,* 43-55.

Rothwell, J. C., Traub, M. M., Day, B. L., Obeso, J. A., Thomas, P.K. y Marsden, C. D. (1982). Manual motor performance in a deafferented man. *Brain, 105,* 515 -542.

Rowe, P.J. y Evans, P. (1994). Ball color, eye color, and a reactive motor skill. *Perceptual and motor skills, 79*, 671-674.

Rubichi, S., Nicoletti, R., Umiltà, C. y Zorzi, M. (2000). Response strategies and the Simon effect. *Psychological Research, 63,* 129- 136.

Ruz, M. y Lupiáñez, J. (2002). A review of attentional capture: On its automaticity and sensitivity to endogenous control. *Psicológica, 23,* 283-369.

Sanegre, M.T. (2004). Implicación de las estructuras subcorticales en la ejecución de movimiento. Tesis Doctoral sin publicar. Universidad de Valencia.

Sapir, A., Rafal, R. y Henik, A. (2002). Attending to the thalamus: inhibition of return and nasal-temporal asymmetry in the pulvinar. *Neuroreport, 16,* 693-697.

Sapir, A., Soroker, N., Berger, A. y Henik, A. (1999). Inhibition of return in spatial attention: Direct evidence for collicular generation. *Nature Neuroscience, 12,* 1053-1054.

Savelsbergh, G.J., Williams, A.M., Van der Kamp, J. y Ward, P. (2002). Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers. *Journal of Sports Sciences, 20,* 279-287.

Schall, J. D. (1995). Neural basis of saccade target selection. *Reviews in the Neurosciences, 6,* 63-85.

Schmidt, R.A. (1982). *Motor control and learning: A behavioural emphasis.* Champaign, IL: Human Kinetics.

Schmidt, R.A. (1988). *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis.* 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics.

Schmidt, R.A., Zelaznick, H.N., Hawkins, B., Frank, J.S. y Quinn, J.Y. (1979) Motor output variability of rapid motor acts. *Psychological Review, 86,* 415 – 451.

Schneider, W. (1998). Micro-experimental laboratory: An integrated system for IBM PC compatibles. *Behaviour Research Methods, Instruments and Computers, 20,* 206-217.

Schneider, W., Dumais, S.T. y Shiffrin, R.M. (1984). Automatic and control processing and attention. En R. Parasuraman y D.R. Davies (Eds.). *Varieties of attention.* Orlando: Academic Press.

Schneider, H.G., Harvey, G., Kluka, D.A. y Love, P.A. (1992). Contrast sensitivity in selected professional and collegiate football players. *Journal of Optometric Vision Development, 23,* 23-26.

Scully, D.M. y Newell, K.M. (1985). Observational learning and the acquisition of motor skills: toward a visual perception perspective. *Journal of Human Movement Studies, 11,* 169- 186.

Shapiro, K., Driver, J., Ward, R. y Sorenson, R.E. (1997). Priming from the attentional blink. *Psychological Science, 8,* 95-100.

Shiffrin, R. M. (1988). Attention, en R. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey, y R. D. Luce (Eds.), *Steven's Handbook of Experimental Psychology.*, (2nd ed., Vol. 2, pp. 739-812). New York: John Wiley & Sons.

Shulman, G. L., Wilson, J. y Sheehy, J. B. (1985). Spatial determinants of the distribution of attention. *Perception & Psychophysics, 37,* 59–65.

Simion, F., Valenza, E., Umiltà, C.y Dalla Barba, B. (1995). Inhibition of return in newborns is temporo-nasal asymmetrical. *Infant Behavior and Development, 18,* 189-194.

Simon, J. R. (1990). The effects of an irrelevant directional cue on human information processing. En R.W. Proctor & T. G. Reeve (Eds.) *Stimulus- response compatibility: An integrated perspective* (pp. 31–86) Amsterdam: New Holland.

Simon, J. R. y Rudell, A. P. (1967). Auditory S–R compatibility: The effect of an irrelevant cue on information processing. *Journal of Applied Psychology, 51,* 300–304.

Simon, J. R., Small, A. M., Ziglar, R. A. y Craft, J. L. (1970). Response interference in information processing versus perceptual factors. *Journal of Experimental Psychology, 85,* 311–321.

Simon, J.R. (1969). Reactions toward the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology, 81,* 174-176.

Singer, R. N. (1986). *El aprendizaje de las acciones motrices en el deporte.* Barcelona: Hispano Europea.

Snyder, J.J. y Kingstone, A (2001). Inhibition of return at multiple locations in visual search: When you see it and when you don't. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 4,* 1221- 1237.

Soechting, J. y Flandres, M. (1989). Sensorimotor representations for pointing to targets in three-dimensional space. *Journal of Neurophysiology, 62,* 582-594.

Soechting, J. y Flanders, M. (1993). Parallel, interdependent channels for location and orientation in sensorimotor transformations for reaching and grasping. *Journal of Neurophysiology, 70,* 1137-1150.

Soetens, E., Nobaert, W. y Melis, A. (2001, septiembre). Evidence for independent Simon Effects in reaction time and movement time. Póster presentado en XII Congreso de la European Society for Cognitive Psychology (ESCOP). Edimburgo, 5-8 de Septiembre de 2001

Spence, C., Lloyd, D., McGlone, F., Nicholls. M.E. y Driver, J. (2000). Inhibition of return is supramodal: a demonstration between all possible pairings of vision, touch, and audition. *Experimental Brain Research, 134,* 42-48.

Spence, C., Nicholls, M.E.R., Gillespie, N. y Driver, J. (1998). Cross-modal links in exogenous covert spatial orienting between touch, audition and vision. *Perception and Psychophysics, 60,* 544-557.

Spijkers, W.A.C. (1990). Response selection and motor programming: Effect of compatibility and average velocity. En R.W. Proctor & T.G. Reeves (Eds.), *Stimulus-response compatibility* (pp. 297-309). Amsterdam.

Starkes, J., Helsen, W. y Elliott, D. (2002) A menage a trois: the eye, the hand and on-line processing. *Journal of Sports Sciences, 20,* 217-224.

Stelmach, L. B., Campsall, J. M. y Herdman, C. M. (1997). Attentional and Occular Movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 23,* 823-844.

Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: Extension of Donders' method. En W.G. Koster (Ed.), *Attention and Performance II: Proceedings of the Donders centenary symposium on reaction time.* Amsterdam: North-Holland.

Stoffer, T.H. y Umiltà, C. (1997). Spatial stimulus coding and the focus of attention in S-R compatibility and the Simon effect. In B. Hommel y W. Prinz (Eds.) *Theoretical issues in S-R compatibility* (pp. 181-28). Amsterdam: North-Holland.

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology, 18,* 643-662.

Stuphorn, V., Hoffmann, K.P. y Miller, L.E. (1999). Correlation of primate superior colliculus and reticular formation discharge with proximal limb muscle activity. *Journal of Neurophysiology, 81,* 1978-1982.

Stürmer, B., Leuthold, H., Soetens, E., Schröter, H. y Sommer, W. (2002). Control over location-based priming in the Simon task: behavioural and electrophysiological evidence. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception & Performance, 28,* 1345–1363.

Tanaka, Y. y Shimojo, S. (1996). Location vs. feature: reaction time reveals dissociation between two visual functions. *Visual Research, 36,* 2125-2140.

Tassinari, G., Aglioti, S., Chelazzi, L., Peru, A., y Berlucchi, G. (1994). Do peripheral non-informative cues induce early facilitation of target detection? *Vision Research, 34,* 179-189.

Tassinari, G., Biscaldi, M., Marzi, C.A. y Berlucchi, G. (1989). Ipsilateral inhibition of return and contralateral facilitation of simple reaction time to non foveal visual targets from non- informative visual cues. *Acta Psychologica, 70,* 267-291.

Tassinari, G., Campara, D., Benedetti, C. y Berlucchi, G. (2002). The contribution of general and specific motor inhibitory sets to the so-called auditory inhibition of return. *Experimental Brain Research, 146,* 523-530.

Taylor, D. (1979). Stages analysis of reaction time. *Psychological Bulletin, 83,* 161-169.

Taylor, T.L. y Klein, R.M. (1998). On the causes and effects of inhibition of return. *Psychonomic Bulletin and Review, 5,* 625 -643.

Taylor, T.L. y Klein, R.M. (2000). Visual and motor effects in inhibition of return. *Journal of Experimental Psychology and Human Perception Performance, 26,* 1639-56.

Taylor, T.L. y McCloskey, D. (1990). Triggering of preprogrammed movements as reactions to masked stimuli. *Journal of Neurophysiology, 63,* 439-446.

Teixeira, LA. (1998). Development of visuomotor integration in learning to grasp a moving ball. *Perception & Motor Skills, 87,* 931-936.

Terry, K.M., Valdes, L.A. y Neill, W.T. (1994). Does "inhibition of return" occur in discrimination tasks? *Perception & Psychophysics, 55,* 323-339.

Thiel, C.M., Zilles, K. y Fink, G.R. (2004). Cerebral correlates of alerting, orienting and reorienting of visuospatial attention: an event-related fMRI study. *Neuroimage, 21*(1), 318-328

Tipper, S. P. y Weaver, B. (1998). The medium of attention: Location-based, object-based, or scene-based? en R.D. Wright (Ed.), *Visual Attention* (pp. 77-107). Oxford: Oxford University Press.

Tipper, S.P., Driver, J. y Weaver, B. (1991).Object-centered inhibition of return of visual attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 43,* 289-298.

Tipper, S.P., Weaver, B. y Watson, F. (1996). Inhibition of return to successively cued spatial locations: commentary on Pratt & Abrams (1995). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance, 22,* 1289–1293.

Treisman, A. (1998). Feature binding, attention and object perception. *Philosophical Transactions of The Royal Society of London, 353,* 1295-1306.

Tudela, P. (1992). Atención. En J.F.L. Trespalacios P. Tudela (Eds.), *Atención y Percepción* (Cap. 4). Madrid: Alhambra.

Tyldesley, C. y Whiting, H.T.A. (1975). Operational timing. *Journal of Human Movement Studies. 1,* 172-177.

Umiltà, C. y Nicoletti, R. (1990). Spatial stimulus–response compatibility. En R. W. Proctor & T. G. Reeve (Eds.), *Stimulus–response compatibility: An integrated perspective. Advances in psychology* (Vol. 65, pp. 89–116). Amsterdam.

Umiltà, C. y Nicoletti, R. (1992). An integrated model of the Simon effect. En J. Alegría & D. Holender (Eds.), *Analytic approaches to human cognition* (pp. 331–350). Amsterdam: North-Holland.

Valenza, E., Simion, F. y Umiltà, C. (1994). Inhibition of return in newborn infants. Infant Behavior and Development, 17: 293-302

Valle-Inclán, F. y Redondo, M. (1998). On the automaticity of ipsilateral response activation in the Simon effect. *Psychophysiology, 35,* 366 -371.

Valle-Inclán, F., Hackley, S. y de Labra, C. (2002). Attention and response activation in the Simon task En W. Prinz & B. Hommel (eds.) *Attention & Performance XIX* (pp 474 –493). Oxford University Press.

Van der Heijden, A. H. (1992). *Selective Attention in Vision.* New York: Routlegde.

Vanni, S. y Utelà, K. (2000). Foveal attention modulates responses to peripheral stimuli. *Journal of Neurophysiology, 83,* 2443- 2452

Vickers, J.N. (1996a). Control of visual attention during the basketball free throw. *American Journal of Sport Medicine, 24,* 93-97

Vickers, J.N. (1996b). Visual control when aiming at a far target. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 22,* 1- 13

Wallace, R. J. (1971). S-R compatibility and the idea of a response code. *Journal of Experimental Psychology, 88,* 354 -360.

Weiss, A. (1965). The locus of reaction time with set, motivation, and age. *Journal of Gerontology, 20,* 60-64.

Welford, A. T. (1968). *Fundamentals of skill.* London: Methuen

Williams, A.M. y Burwitz, K. (1993). Advance cue utilization in soccer, en T. Reilly, J. Clarys y A. Stibe (eds.), *Science and Football, vol. II,* London: E & FN Spon.

Williams, A.M. y Davids, K. (1995). Declarative knowledge in sport: a product of experience or a characteristic of expertise. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 17,* 259-275.

Williams, A.M. y Davids, K. (1998). Visual search strategy, selective attention, and expertise in soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 69,* 111-128.

Williams, A.M. y Grant, A. (1999). Training perceptual skill in sport. *International Journal of Sport Psychology, 30,* 194-220.

Williams, A.M., Davids, K. y Williams, J.G. (1999). *Visual Perception and action in sport.* London: E & FN Spon.

Williams, A.M., Davids, K., Burwitz, L. y Williams, J.G. (1994). Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 65,* 127-135.

Williams, A.M., Ward, P., Knowles, J.M. y Smeeton, N.J. (2002). Anticipation in a Real-World Task: Measurement, Training, and transfer in tennis. *Journal of experimental Psychology: Applied, 8,* 259-270.

Wilson, P.H. y Maruff, P. (1999). Deficits in the endogenous control of covert visuospatial attention in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science, 18,* 421-442.

Wolfe, J. (2000). Visual attention, en K.K. De Valois (ed.), *Seeing.* (pp. 335-386). San Diego: Academic Press.

Wolfe, J.M., Klempen, N. y Dahlen, K. (2000) Post-attentive Vision. *The Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance, 26,* 693-716

Woodworth, R. S. (1899). The accuracy of voluntary movement. *Psychological Monographs, 3,* 1–119

Woodworth, R. S. (1938). *Experimental psychology.* New York: Henry Holt.

Wright, R.D. y Richard, C.M. (1996). Inhibition of return at multiple locations in visual space. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 50,* 324- 327

Wright, R.D. y Richard, C.M. (1998). Inhibition of return is not reflexive. En R.D. Wright (Ed.) *Visual Attention.* Oxford: University Press.

Wundt, W.M. (1874). *Principles of physiological psychology.* Traducido por Edward B. Titchener, de la 5ª edición en alemán: Grundzuege der physiologischen Psychologie. Leipzig: Wilhelm Engelmann.

Yantis, S. (2000). Goal directed and stimulus driven determinants of attentional control. En S. Monsell, y J. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII* (pp. 73-103). Cambridge, MA: MIT Press

Zachay, A. (1991). Discrete and continuous models of information processing accounting for stimulus- response incompatibilities: Evidence for a response conflict in the Simon-effect. Tesis de Máster no publicada. Tübingen, Alemania.

Zelaznick, H. y Hahn, R. (1985). Reaction time methods in the study of motor programming: The precuing of hand, digit, and duration. *Journal of Motor Behaviour, 17,* 190-218.

Zhang, H., Zhang, J. y Kornblum, S. (1999). A parallel distributed processing model of stimulus–stimulus and stimulus–response compatibility. *Cognitive Psychology, 38,* 386 -432.

Zhang, J.X. y Marcia, K.J. (2004). A memory-based, Simon-like, spatial congruence effect: Evidence for persisting spatial codes. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 57,* 419 -436

VI
Índice de Tablas y Figuras

ÍNDICE DE TABLAS.

ÍNDICE DE FIGURAS.